

Notitie

Aan
Rijkswaterstaat
t.a.v. de heer Samer Botani

Van
Arno Eisses, Eef Brouns

Onderwerp
Onderzoek naar de effectiviteit van geluidschermen knooppunt Watergraafsmeer
in Diemen-Noord

Gebouwde Omgeving
Oude Waalsdorperweg 63
2597 AK Den Haag
Postbus 96864
2509 JG Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 10 00
F +31 70 328 09 61

Datum
8 augustus 2018

Onze referentie
DHW-2018-01003161132

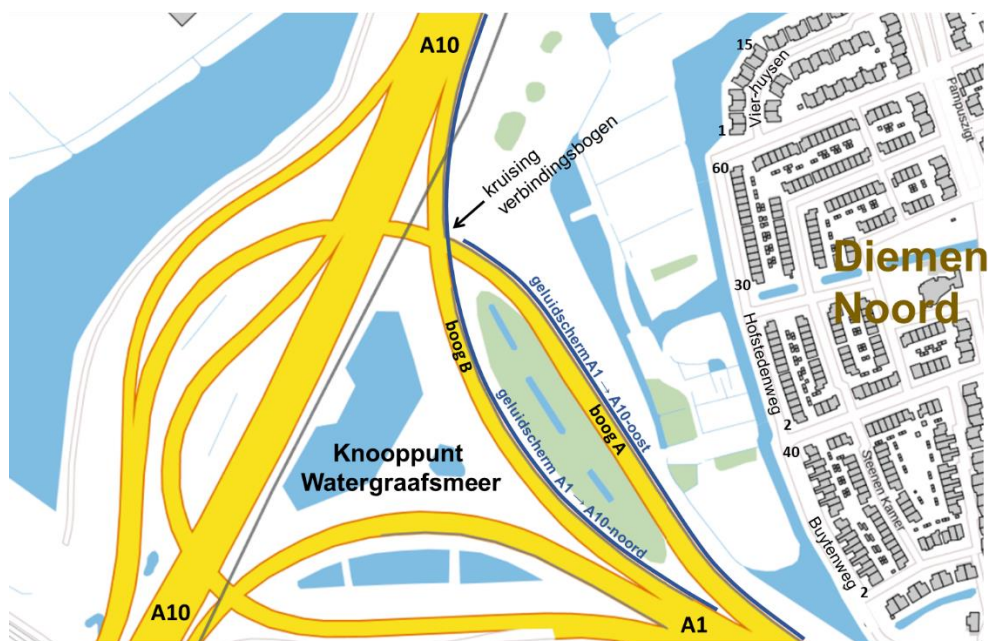
E-mail
arno.eisses@tno.nl

Doorkiesnummer
+31 88 866 80 42

Projectnummer
060.30574

1 Inleiding

De afgelopen jaren zijn de rijkswegen A1 en A10 bij knooppunt Watergraafsmeer verbreed, waarbij nieuwe geluidschermen zijn geplaatst. Sommige bewoners van Diemen-Noord hebben te kennen gegeven hinder te ondervinden van het verkeersgeluid en hebben de indruk dat er nog (te) veel geluid komt vanaf het knooppunt Watergraafsmeer. Bij een bezoek aan de locatie heeft de gemeente Diemen geconstateerd dat er vooral bij de woningen aan de Hofstedenweg en aan Vierhuysen verkeersgeluid is waar te nemen vanuit het punt waar de verbindingsboog A1→A10-oost (hoog A) onder de verbindingsboog A1→A10-noord (hoog B) door gaat. De plattegrond van de situatie is weer-gegeven in figuur 1. Figuur 2 toont een foto van de kruising tussen de verbindingsbogen van het knooppunt.



Figuur 1: Knooppunt Watergraafsmeer met Diemen-Noord aan de noordoostzijde.

Datum

8 augustus 2018

Onze referentie

DHW-2018-01003161132

Blad

2/11



Figuur 2: Kruising van de verbindingbogen A1→A10-oost (onderlangs) en A1→A10-noord (bovenlangs) van knooppunt Watergraafsmeer, gezien vanaf de noordoostzijde.

Daarnaast is gebleken dat er in de aansluitingen tussen de schermdelen van het geluidscherm langs de verbindingdboog A horizontale doorlopende kieren zitten van één tot enkele centimeters, zoals zichtbaar is in de foto van figuur 3. De kieren zitten in alle aansluitingen tussen glazen schermpanelen. Op welke hoogte de kier zichtbaar is, hangt af van de hoek waaronder de waarnemer naar het scherm kijkt.

In opdracht van Rijkswaterstaat heeft TNO onderzocht of de constateringën oorzaken kunnen zijn voor een hogere geluidbelasting in de gerealiseerde situatie, ten opzichte van de prognose die is berekend voor het Tracébesluit.

De invloed van beide constateringën is onafhankelijk van elkaar onderzocht.



Figuur 3: Scherm langs verbindingdboog A1→A10-zuid met zichtbare kier tussen het tweede en derde glazen paneel.

2 Invloed van spleten tussen de schermen

Datum

8 augustus 2018

Onze referentie

DHW-2018-01003161132

Blad

3/11

In het akoestisch onderzoek dat voor het Tracébesluit is uitgevoerd, zijn de geluidschermen gedimensioneerd met een rekenmodel dat gebruik maakt van de wettelijk voorgeschreven rekenmethode¹. In die methode wordt ervan uitgegaan dat de constructie van een geluidsschermbaan geen geluid doorlaat, dus dat het geluid van een afgeschermd bron alleen bij een waarneempunt kan komen via het geluidpad over het scherm heen en niet door het scherm heen. In de praktijk, bij de realisatie van het scherm, moet er aan dit uitgangspunt worden voldaan, door ervoor te zorgen dat de geluidisolatie van de schermconstructie zodanig hoog is, dat de bijdrage van het geluidpad door het scherm heen verwaarloosbaar is ten opzichte van het geluidpad over het scherm².

Langs de aansluitboog A1→A10-oost (boog A) staat een scherm van 9 meter hoog. Als dit scherm voldoende geluidisolatie zou hebben, zorgt het ervoor dat het geluid afkomstig van de aansluitboog A ter plaatse van de woningen aan de Hofstedenweg ongeveer 20 dB lager is dan het zonder scherm zou zijn. De spleten tussen de schermpanelen verlagen de geluidisolatie, waardoor de effectiviteit van het scherm afneemt.

TNO heeft berekeningen uitgevoerd met een numerieke rekenmethode om de invloed van de spleten op de effectiviteit van het scherm te kunnen bepalen. (Zie bijlage 1.) De breedte van de spleten³ is op basis van visuele waarneming vanaf de grond moeilijk vast te stellen, maar op basis van foto's is uitgegaan van 20 mm. Uit dit onderzoek blijkt dat met vier spleten tussen de schermpanelen van elk 20 mm breed de geluidreductie van het scherm, afhankelijk van de plaats van het waarneempunt langs de Hofstedenweg en de waarneemhoogte, met 3 tot 6 dB afneemt. De bijdrage van het geluid van de aansluitboog ter plaatse van de woningen is dus 3 tot 6 dB hoger, dan wanneer het scherm volledig dicht zou zijn (ervan uitgaande dat de geluidisolatie van de schermpanelen voldoende is).

Dit betekent echter niet dat de totale geluidbelasting ter plaatse van de woningen ook 3 tot 6 dB hoger is dan waar in het Tracébesluit vanuit is gegaan. De reden daarvoor is dat in het totale geluid van het hele verkeersknooppunt en de voor Diemen-Noord van belang zijnde delen van de rijkswegen A1 en A10, de bijdrage van de (afgeschermd) aansluitboog A1→A10-oost (boog A) relatief klein is.

¹ Standaard rekenmethode 2 van het Reken- en meetvoorschrift Geluid.

² Als vuistregel geldt dat de isolatie van het scherm 10 dB hoger moet zijn dan de geluidreductie die met een scherm kan worden bereikt dat geheel geen geluid doorlaat.

³ De ruimte tussen de betonnen plint aan de onderkant van het scherm en het eerste (dichte) schermpaneel is buiten beschouwing gelaten. Deze spleet van ongeveer 100 mm is afgedicht met een rubberen strook, die alleen aan de bovenzijde vast zit. Rijkswaterstaat heeft al geconstateerd dat deze afdichting niet voldoet, omdat bij het passeren van voertuigen de onderkant van het rubber naar buiten wordt gedrukt, waardoor de spleet wordt geopend.

De invloed van de spleten in het scherm op de totale geluidbelasting van het verkeer op de rijkswegen is daardoor slechts 0,5 tot 2 dB. Dit blijkt uit het volgende rekenvoorbeeld⁴ voor de locatie Hofstedenweg 30, uitgaande van een breedte van de spleten van 20 mm.

Datum

8 augustus 2018

Onze referentie

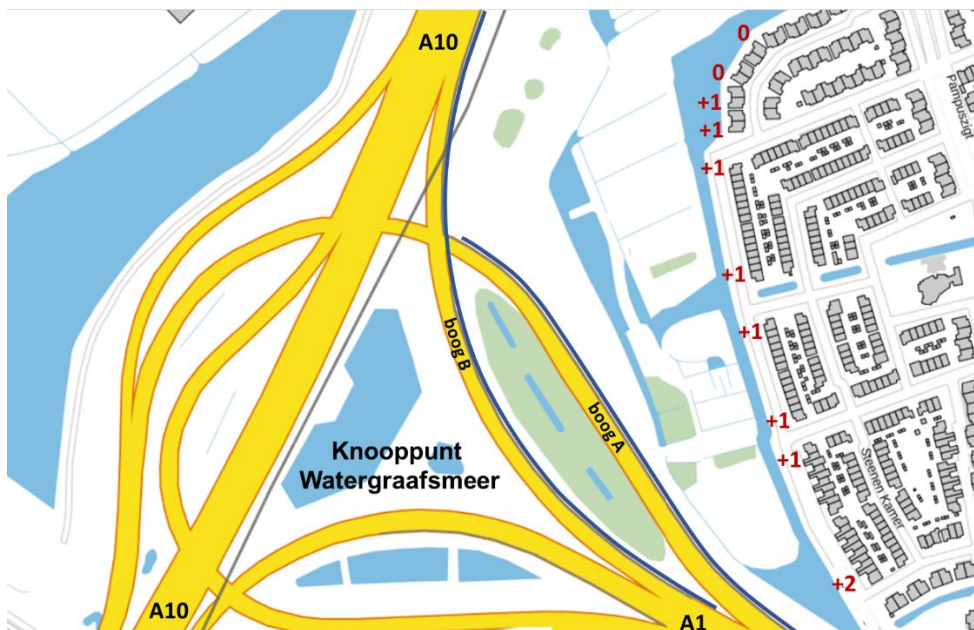
DHW-2018-01003161132

Blad

4/11

bijdrage (L_{den}) van	scherm voldoende geluidisolerend	scherm met spleten	verschil
aansluitboog A1->A10-zuid	38,9	44,9	6,0 dB
overig A1/A10 en knooppunt	49,3	49,3	0,0 dB
TOTAAL	49,7	50,7	1,0 dB

Door de spleten neemt het geluid dat afkomstig is van boog A ter plaatse van de woningen aan de Hofstedenweg 30 dus met 6 dB toe, maar dit zorgt voor een toename van slechts 1 dB van het totale verkeersgeluid van de knooppunt Watergraafsmeer en de rijkswegen A1 en A10. Figuur 4 laat de toename van de geluidbelasting zien op verschillende plaatsen langs de eerste-lijnsbebouwing.



Figuur 4: Knooppunt Watergraafsmeer met woningen in Diemen-Noord, waarbij met rode cijfers bij de eerste-lijnsbebouwing (Vierhuysen, Hofstedenweg en Buytenweg) de verhoging van de totale geluidbelasting van de rijkswegen is weergegeven, die het gevolg is van spleten tussen de schermpanelen in het scherm langs boog A.

⁴ De verhouding tussen de bijdrage van de aansluitboog en van het overige verkeer op het hoofdwegennet is bepaald op basis van het rekenmodel van het Tracébesluit, waarin het gehele verkeersknooppunt Watergraafsmeer en de relevante delen van rijkswegen A1 en A10 zijn opgenomen.

Datum

8 augustus 2018

Onze referentie

DHW-2018-01003161132

Blad

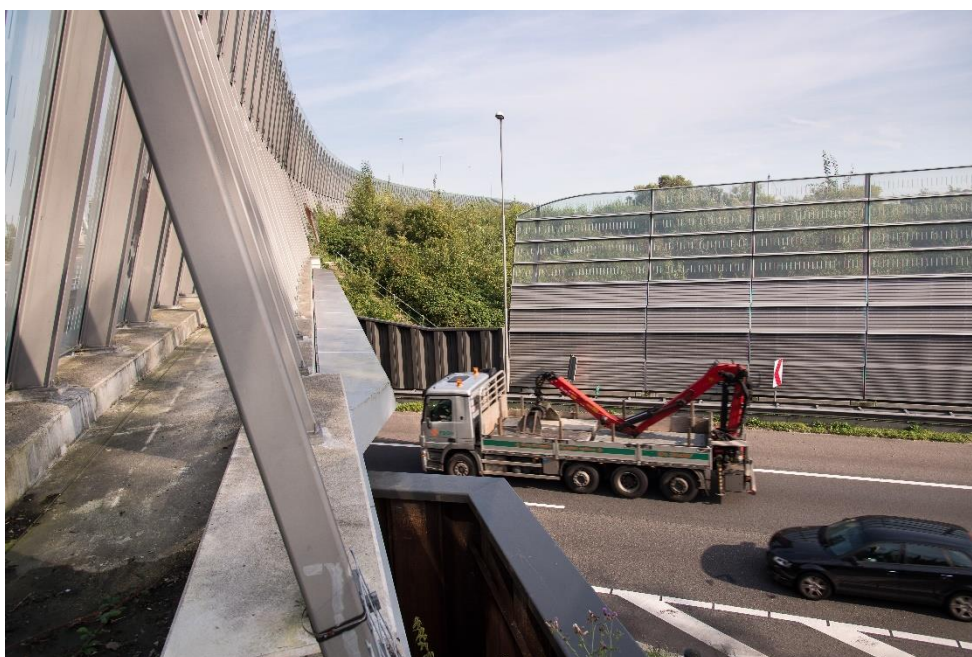
5/11

3 Invloed van reflectie

Langs de aansluitboog A1→A10-noord (boog B) staat een onder 15 graden hellend scherm. De foto in figuur 5 is gemaakt bij de achterzijde van dit scherm, op de plaats waar boog A onder boog B door gaat. Geluid van boog A reflecteert tegen de achterzijde van het scherm van boog B en kan via die reflectie over het scherm van boog A en door de opening tussen het uiteinde van dit scherm en het viaduct. In de figuren 2 en 5 is te zien dat die opening is afgesloten met een damwand, die duidelijk lager is dan het scherm van boog A.

Geluid van boog A kan via reflectie tegen de achterzijde van het scherm van boog B de woningen bereiken, maar alleen wanneer boog B voldoende hoog ligt ten opzichte van boog A. Dit is geïllustreerd in figuur 6. Waar de twee bogen ongeveer parallel lopen is het hoogteverschil niet groot genoeg, waardoor de reflectie de woningen niet kan bereiken. De reflectie treedt daarom op in slechts een klein gedeelte van het hellende scherm van boog B.

Figuur 7 laat een foto zien die in het donker is gemaakt, waarbij de koplampen van de auto's die over boog A rijden reflecteren in het scherm van boog B. Hier is duidelijk te zien dat vanuit het standpunt van de camera de reflectie in een klein deel van het scherm (slechts enkele schermpanelen lang) optreedt. Vanuit een ander waarneempunt treedt de reflectie in een ander deel van het scherm op, zodat de totale scherm lengte die voor de reflectie zorgt ongeveer 50 meter lang is.



Figuur 5: Achterzijde van het scherm langs boog B (links) en het scherm langs boog A (rechts), ter plaatse van de kruising tussen de twee bogen (viaduct van boog B over boog A).

Datum

8 augustus 2018

Onze referentie

DHW-2018-01003161132

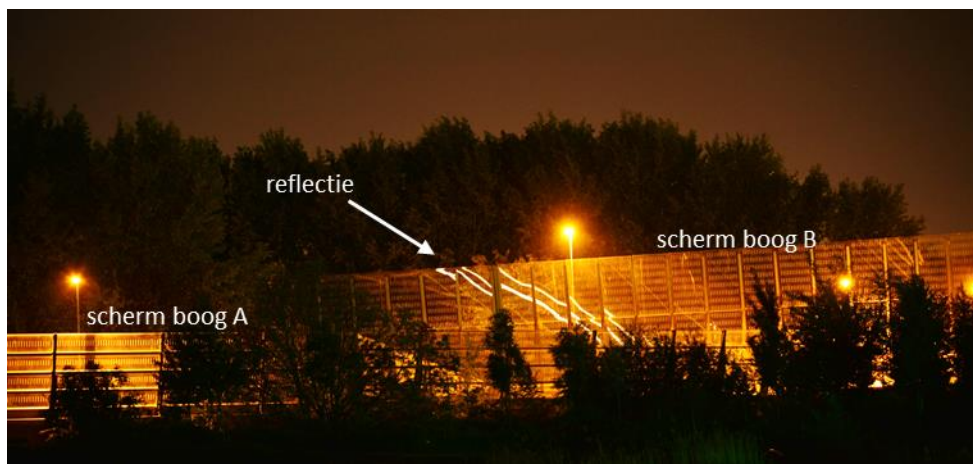
Blad

6/11

Behalve de zichtbare reflectie is ook de reflectie van geluid van de voertuigen op boog A via het scherm van boog B goed hoorbaar, vlak voor het moment dat deze boog B kruisen. Voor een deel komt dit omdat het scherm langs boog A (ondanks de spleten tussen de schermpanelen) met een hoogte van 9 meter het geluid van boog A over een grote lengte afschermt, zodat de reflectie, die bij een klein deel van boog A optreedt, opvalt. Het hoorbare effect wordt ook versterkt doordat bij de kruising van de twee aansluitbogen het scherm langs boog A al ruim voor het viaduct stopt, waarbij de opening is afgesloten met een veel lagere damwand. (Zie de foto's in figuren 2 en 5.)



Figuur 6: Het geluid van boog A wordt afgeschermd, maar in de situatie rechts, waarbij het scherm van boog B voldoende hoog ligt ten opzichte van boog A, reflecteert het geluid van boog A over het scherm heen richting de woningen.



Figuur 7: De reflectie van de koplampen van een voertuig in de achterzijde van het scherm van boog B, vlak voordat het voertuig onder boog B door rijdt. De sluitertijd van de foto is 1,6 s, ongeveer de tijd waarin de reflectie van de koplampen van één voertuig langs het scherm passeert.

Datum

8 augustus 2018

Onze referentie

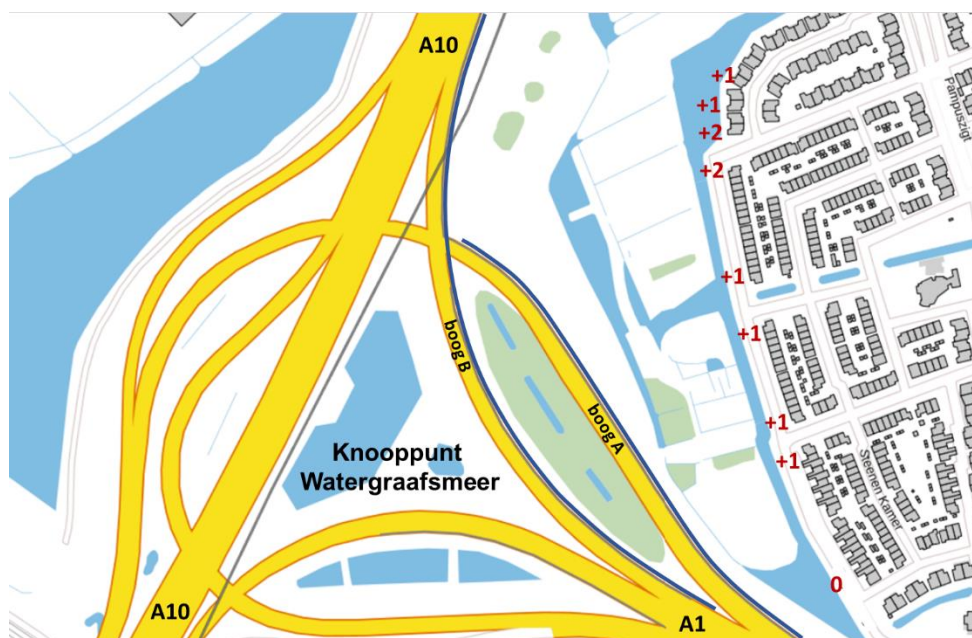
DHW-2018-01003161132

Blad

7/11

Desondanks heeft de reflectie die voor een klein gedeelte⁵ van de lijnbron van boog A optreedt relatief weinig invloed op de totale geluidbelasting van de rijks-
wegen en het knooppunt. Uit berekeningen met het rekenmodel TOMAS (zie
bijlage 2) blijkt dat de verhoging van de geluidbelasting (L_{den}) als gevolg van de
reflectie 1 tot 2 dB bedraagt ter plaatse van Hofstedenweg 60 en Vierhuysen 1 op
het niveau van de begane grond en eerste verdieping. Op de tweede verdieping is
de verhoging beperkt tot maximaal 1 dB.

Dit betekent dat maatregelen om de reflectie te onderdrukken, door het geluid-
absorberend uitvoeren van een gedeelte van de achterzijde van het scherm langs
boog B, wel voor een waarneembare verbetering kunnen zorgen, maar dat het
effect op de vermindering van de totale geluidbelasting beperkt is tot 2 dB.



Figuur 8: Knooppunt Watergraafsmeer met woningen in Diemen-Noord, waarbij met rode cijfers bij de eerste-lijnsbebouwing (Vierhuysen, Hofstedenweg en Buytenweg) de verhoging van de totale geluidbelasting van de rijkswegen is weergegeven, die het gevolg is van reflectie van het geluid van verkeer boog A in de achterzijde van het geluidscherm langs boog B.

⁵ Bij een snelheid van 70 km/h duurt de hoorbare (en zichtbare) reflectie van één voertuig ongeveer 1,5 seconde, wat correspondeert met een weglengte van ongeveer 30 meter.

4 Conclusies en maatregelen

Datum

8 augustus 2018

Onze referentie

DHW-2018-01003161132

Blad

8/11

1. Het verkeersgeluid in Diemen-Noord komt uit verschillende richtingen van verschillende rijkswegen (A1 en A10) en de aansluitbogen van knooppunt Watergraafsmeer. Bij de woningen zijn afzonderlijke voertuigpassages op bepaalde wegdelen hierin nauwelijks te herkennen, behalve in de omgeving van de Hofstedenweg en Vierhuysen. Hier is geluid van individuele voertuigen waarneembaar uit de richting van de kruising van de twee aansluitbogen vanaf rijksweg A1 naar rijksweg A10. Dit wordt veroorzaakt door reflectie van geluid van voertuigen op de aansluitboog A1→A10-oost (boog A) in de achterzijde van het geluidscherm op de hoger gelegen aansluitboog A1→A10-noord (boog B), die boog A bovenlangs kruist.

De reflectie zorgt voor een verhoging van de totale geluidbelasting (L_{den}) van maximaal 2 dB. Dat de invloed van de reflectie niet groter is, komt doordat het verkeer op een relatief klein deel van boog A in het scherm van boog B reflecteert en doordat boog A geen dominant aandeel heeft in de totale geluidbelasting. De reflectiebijdrage is in het akoestisch onderzoek voor het Tracé-besluit buiten beschouwing gebleven.

Maatregelen om het geluid van het betreffende deel van de aansluitboog te beperken kunnen de totale geluidbelasting met niet meer dan 2 dB omlaag brengen, maar desondanks wel een merkbaar effect opleveren voor de omwonenden, omdat het voortdurende geluid van kortstondig hoorbare passages van individuele voertuigen op boog A zal afnemen. Maatregelen zijn (1) het geluidabsorberend uitvoeren van een gedeelte van de achterzijde van het scherm langs boog B (over een lengte van ongeveer 50 meter) en (2) het verhogen van de damwand tussen het uiteinde van het scherm van boog A en het viaduct van boog B. De tweede maatregel is alleen zinvol in combinatie met de eerste. In plaats van het absorberend uitvoeren kan ook aan de achterzijde van het scherm langs boog B een transparant vlak onder een andere hoek worden geplaatst (bijvoorbeeld parallel met de schuin geplaatste ondersteunende kolommen die in de foto van figuur 5 te zien zijn), zodat het geluid naar boven wordt gereflecteerd.

2. De spleten tussen de schermpanelen in het scherm langs de aansluitboog A1→A10-oost (boog A) zorgen ervoor dat het de geluidbelasting van het verkeer op de rijkswegen ter plaatse van de woningen aan de Hofstedenweg 1 tot 2 dB hoger is dan het geval zou zijn met een volledig dicht scherm met voldoende geluidisolatie.

Het dichtmaken van de spleten ligt als maatregel voor de hand, maar zal dus een verlaging van de geluidbelasting van niet meer dan 2 dB kunnen opleveren. Ter plaatse van de woningen is het effect van deze maatregel voor de bewoners waarschijnlijk niet merkbaar. Naarmate de afstand van de waarnemer tot het scherm afneemt hebben de spleten een grotere invloed op het totale verkeersgeluid, zodat de maatregel in de groenzone tussen de aansluitboog en de woningen een groter effect zal hebben.

Bijlage 1

Berekeningen voor het bepalen van de invloed van spleten tussen schermpanelen

Datum

8 augustus 2018

Onze referentie

DHW-2018-01003161132

Blad

9/11

Om het effect van de spleten tussen de schermpanelen te onderzoeken, zijn berekeningen uitgevoerd met een combinatie van twee numerieke rekenmethoden, de eindige elementenmethode (FEM) voor korte afstand achter het scherm en een golfveldextrapolatiemodel (GFPE) voor de geluidoverdracht naar grotere afstand bij de woningen onder invloed van meewind (wind in de richting van de geluidbron naar het waarneempunt). De verhoging van het geluid als gevolg van de spleten is bepaald uit het verschil tussen twee berekeningen: het geluid bij een scherm met spleten en het geluid bij een volledig dicht scherm zonder spleten. Er is in beide situaties vanuit gegaan dat het geluid dat door de schermpanelen heen gaat (als gevolg van een beperkte geluidisolatie van de schermpanelen) verwaarloosbaar is ten opzichte van het geluid dat over het scherm heen gaat. Het geluidscherm is in werkelijkheid hellend geplaatst en heeft een gebogen vorm, maar is recht en verticaal gemodelleerd. De vorm van het scherm heeft geen invloed op het effect van de spleten.

In de berekeningen is de bronsterkte (geluidemissie) van het verkeer op de aansluitboog A1→A10-oost (boog A) overgenomen uit de gegevens van het akoestisch onderzoek ten behoeve van het Tracébesluit. Deze geluidemissie is conform het wettelijke Reken- en meetvoorschrift bepaald op basis van aantallen voertuigen en rijnsnelheden. Het resultaat van het onderzoek (verhoging van het geluidniveau als gevolg van de spleet in het scherm) is overigens niet afhankelijk van de geluidemissie in absolute zin. Als er meer verkeer gaat rijden, nemen de geluidemissie en de geluidniveaus langs de weg toe, maar blijft het effect van de spleet (het verschil tussen het geluid in de situaties met en zonder spleet) gelijk. Het resultaat is wel in geringe mate afhankelijk van het frequentiespectrum van de emissie (verdeling van de geluidenergie over lage en hoge frequenties), die wordt beïnvloed door de samenstelling van het verkeer (het aandeel vrachtwagens) en de rijnsnelheid.

Bijlage 2

Berekeningen voor het bepalen van de invloed van reflectie in het scherm langs boog B

Datum

8 augustus 2018

Onze referentie

DHW-2018-01003161132

Blad

10/11

De berekeningen om de invloed te bepalen van reflectie van verkeer op boog A in de achterzijde van het geluidscherm langs boog B zijn uitgevoerd met het binnen TNO ontwikkelde rekenmodel TOMAS. TOMAS is een drie-dimensionaal geluid-padenmodel, dat vaker wordt toegepast in situaties die buiten het toepassings-bereik vallen van de zogenoemde standaardrekenmethoden van het Reken- en meetvoorschrift. In dit geval is van zo'n situatie sprake, omdat er reflectie optreedt tegen obstakels die een grotere hoek met de verticale lijn maken dan 5 graden.

Met TOMAS zijn berekeningen uitgevoerd voor twee situaties:

- a) de situatie waarbij de achterzijde van het geluidscherm langs boog B volledig geluidabsorberend is en geen rol speelt in de geluidoverdracht van boog A naar de ten oosten van boog A gelegen woonwijk en
- b) de situatie waarbij de achterzijde van het geluidscherm langs boog B een geluidreflecterend obstakel is.

Het verschil tussen deze berekeningen is de verhoging van de geluidbijdrage van boog A als gevolg van de reflectie in het scherm langs boog B.

De benodigde gegevens voor de geluidberekeningen zijn afgeleid uit het akoestisch model van knooppunt Watergraafsmeer, *TB 2030 met maatregelen 31-10-2012*. Het betreft geografische gegevens (zoals de wegbreedte, weghoogte, plaats en afmetingen van de geluidschermen, ligging van de rijlijnen, hoogte van de rijlijnen ten opzichte van het maaiveld en de ligging van woningen ten opzichte van de weg) en verkeersgegevens (aantallen voertuigen, rijsnelheden en wegdek-typen).

Onderstaande tabel laat de stappen zien waarmee uit de met TOMAS berekende invloed van de reflecties op het geluid van boog A de invloed van die reflecties op de totale geluidbelasting (van het knooppunt Watergraafsmeer en de rijkswegen A1 en A10) is bepaald.

De totale, voor het Tracébesluit berekende geluidbelasting zonder reflecties tegen het scherm van boog B (1) is overgenomen uit bovengenoemd akoestisch rekenmodel dat voor het Tracébesluit is opgesteld. Onderdeel hiervan is de bijdrage van boog A zonder invloed van reflecties (2), die eveneens uit dit model is afgeleid (door alle andere geluidbronnen uit het model te verwijderen). Het met TOMAS berekende verschil (3) is opgeteld bij 2 en levert de bijdrage van boog A wanneer met reflecties rekening wordt gehouden (4). Samen met de bijdragen (5) van alle andere aansluitbogen van het knooppunt en de relevante delen van de rijkswegen A1 en A10, afgeleid uit het rekenmodel voor het Tracébesluit, levert dit de totale geluidbelasting (6), die ten opzichte van (1) een verschil (7) laat zien van maximaal 2 dB.

Datum

8 augustus 2018

Onze referentie

DHW-2018-01003161132

Blad

11/11

waarneemhoogte ->	Buytenweg 2		2		Hofstedenweg 30		60		Vierhuysen 1	
	1,5 m	4,5 m	1,5 m	4,5 m	1,5 m	4,5 m	1,5 m	4,5 m	1,5 m	4,5 m
1 berekend voor TB	48,4	52,3	48,3	49,9	48,3	49,7	46,9	48,3	46,4	48,6
2 bijdrage boog A, excl. reflectie in scherm boog B	40,1	41,7	38,7	40,5	37,6	38,9	35,4	37,9	31,7	34,7
3 verhoging bijdrage boog A t.g.v. reflectie (TOMAS)	1,8	1,6	4,8	4,1	6,8	6,4	9,0	7,6	11,6	9,8
4 bijdrage boog A, incl. reflectie (2 + 3)	41,9	43,2	43,5	44,7	44,4	45,3	44,4	45,4	43,3	44,4
5 overige bijdragen A1/A10 en knooppunt	47,8	51,9	47,8	49,3	47,9	49,3	46,6	47,9	46,2	48,4
6 TOTAAL (energetische som van 4 en 5)	48,8	52,5	49,2	50,6	49,5	50,8	48,7	49,9	48,0	49,9
7 verhoging t.o.v. berekend voor TB (6 - 1)	0,3	0,2	0,9	0,7	1,2	1,1	1,7	1,5	1,6	1,3