



Divisie Geluid en Trillingen
Stieltjesweg 1
Postbus 155
2600 AD DELFT

www.tno.nl

T 015 269 2000

F 015 269 2111

TNO-rapport

DGT-RPT-020107

ONDERZOEK EFFECTIVITEIT SCHERMTOPPEN

DEEL 4:

Evaluatie van resultaten van diffractietest en modelsimulaties

Datum	14 november 2002
Auteur(s)	ir. F. de Roo
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	17
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde Postbus 5044 2600 GA Delft
Projectnaam	EFFECT SCHERMTOP
Projectnummer	008.03318/01.01

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksovereenkomsten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2002 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding — 3
2	Uitgevoerde onderzoekstappen — 4
3	Beschikbare onderzoekresultaten — 7
3.1	Diffractietesten — 7
3.2	Models simulaties — 8
3.2.1	Validatie van het gebruikte simulatiemodel — 8
3.2.2	Modellering van een eerste praktijksituatie — 9
3.2.3	Modellering van een tweede praktijksituatie — 10
4	Bespreking van de resultaten — 12
4.1	Vergelijking van de test- en simulatieresultaten met literatuurgegevens — 12
4.2	Verwachtingen op basis van de onderzoekresultaten — 13
5	Aanbevelingen voor verder onderzoek — 15
6	Referenties — 16
7	Ondertekening — 17

1 Inleiding

In het kader van het Innovatieprogramma Geluid, geïnitieerd vanuit de Ministeries Verkeer en Waterstaat en VROM, vindt op brede schaal onderzoek en ontwikkeling plaats gericht op het verminderen van de geluidbelasting ten gevolge van weg- en spoorwegverkeer. Het programma richt zich op het vinden van alternatieven die kosteneffectiever zijn en op minder maatschappelijke bezwaren stuiten dan de traditionele geluidreducerende maatregelen.

Eén van deze alternatieven ter vermindering van de geluidbelasting is het verhogen van de effectiviteit van bestaande of nieuw te bouwen geluidschermen door middel producten of constructies die als opzetstuk op een geluidscherm worden geplaatst. Deze schermtoppen worden geacht de werkzaamheid van een scherm te verhogen, zonder dat de hoogte van het geluidscherm hoeft toe te nemen.

In opdracht van Rijkswaterstaat – Dienst Weg- en Waterbouwkunde wordt door TNO TPD onderzoek uitgevoerd naar de effectiviteit van dergelijke schermtoppen met als doel de volgende vragen te beantwoorden:

- 1e Hoe groot is de extra schermwerking die met schermtoppen in de praktijk kan worden verkregen in vergelijking met een dun geluidscherm van gelijke hoogte en met een gelijke positie van de schermrand?
- 2e Wat is de invloed van de constructievariabelen (zoals vorm en dikte absorptielaag) van schermtoppen op de extra schermwerking?
- 3e Hoe kan deze extra schermwerking worden gemodelleerd en voorspeld?
- 4e Hoe kunnen de akoestische eigenschappen van schermtoppen worden bepaald in een laboratorium- of veldtest op zodanige wijze dat de testresultaten kunnen worden gebruikt om de extra schermwerking in de praktijk te voorspellen?

Het onderzoek wordt uitgevoerd volgens een Plan van Aanpak [1].

Inmiddels zijn de eerste 3 stappen (deelonderzoeken; zie hoofdstuk 2) van dit plan uitgevoerd en gerapporteerd [1] [3] [4], zodat bovenstaande vragen kunnen worden beantwoord, zij het deels in voorlopige zin.

In het onderhavige rapport worden de tot nu verkregen resultaten geëvalueerd en geïnterpreteerd in relatie tot de vraagstelling en worden aanbevelingen gedaan voor de opzet van het vervolgonderzoek.

De aanpak en resultaten van de uitgevoerde deelonderzoeken worden in dit rapport slechts in globale zin besproken. Voor details daaromtrent wordt verwezen naar de deelrapportages.

2 Uitgevoerde onderzoekstappen

Het onderzoek naar de effectiviteit van schermtoppen heeft tot nu toe de hierna genoemde fasen doorlopen met als inhoud:

1. Voorbereiding

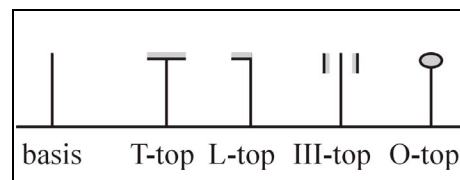
Uitwerken van de experimentele scherm-testopstelling en keuze c.q. ontwerp van de te onderzoeken schermtopvarianten in overleg met RWS-DWW, de bouwer van de testopstelling en de toeleveranciers.

2. Diffraactietest

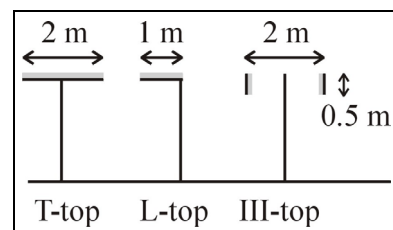
Uitvoering van diffractietesten conform prENV 1793-4 [2] (versie 2.3 d.d. 18-09-2001) en opstellen rapportage over de meetmethode, de proefopstelling en de meetresultaten [3].

Tijdens de diffractietesten werden in totaal 61 varianten gemeten die verdeeld waren over de volgende basistypen (zie figuur 1):

- Het referentiescherm in diverse stadia van het onderzoek (8 metingen);
- 7 geprefabriceerde schermtoppen (O-top) en varianten daarvan (11 metingen);
- 3-voudige schermranden (III-top) met een totale constructiebreedte van 2 m in absorberende en reflecterende uitvoering (4 metingen);
- T-vormige toppen met een constructiebreedte van 2 m met diverse gradaties van absorptie op het bovenvlak (25 metingen);
- L-vormige toppen met een constructiebreedte van 1 m met diverse gradaties van absorptie op het bovenvlak (13 metingen).



Figuur 1.1. - Vier soorten schermtoppen. Absorptiemateriaal is grijs weergegeven.



Figuur 1.2. - Afmetingen van de T-, L- en III-toppen.

De diffractietesten werden uitgevoerd in een meetopstelling met een geometrie zoals aangegeven in figuren 2 en 3.

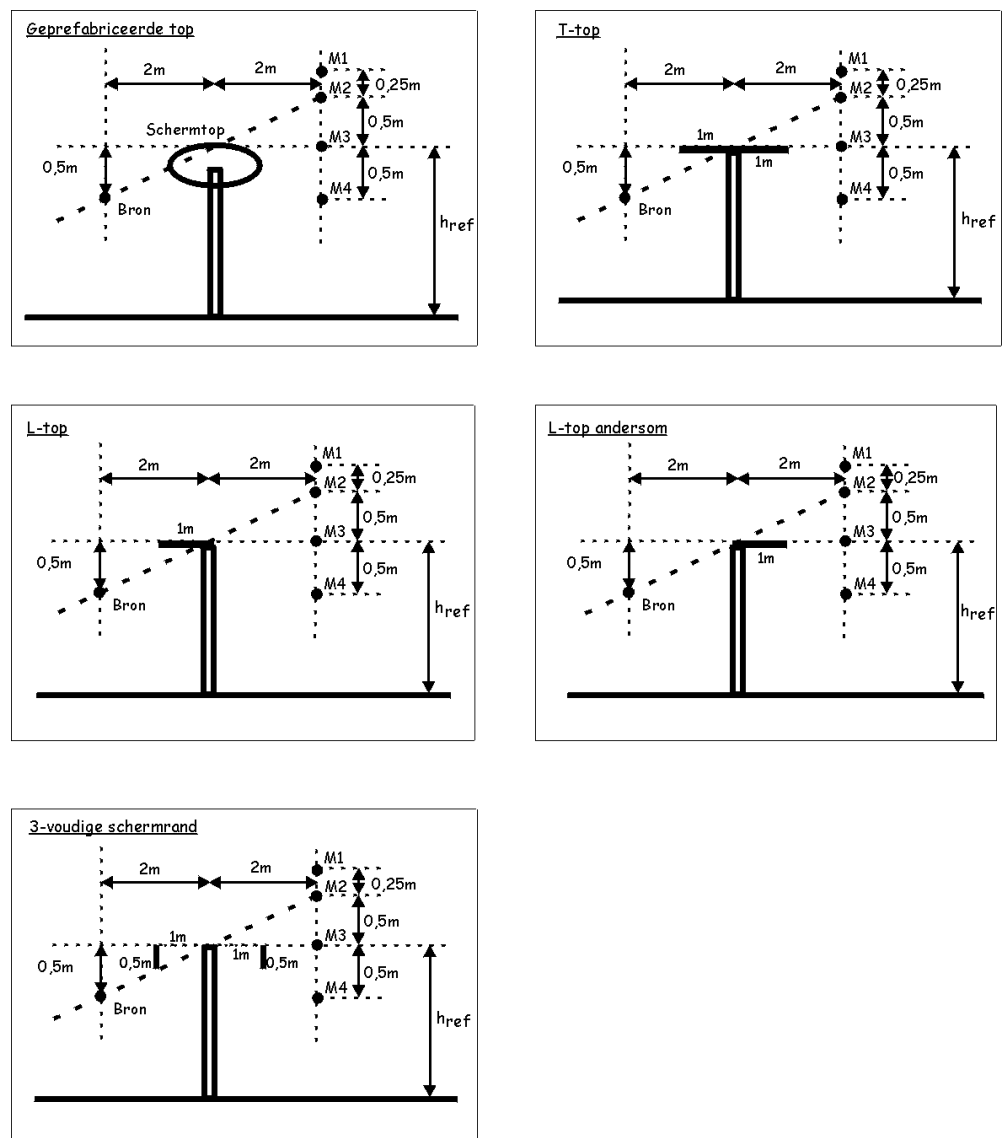
3. Simulatiestudie

Uitvoeren van modelsimulaties in 3 stappen:

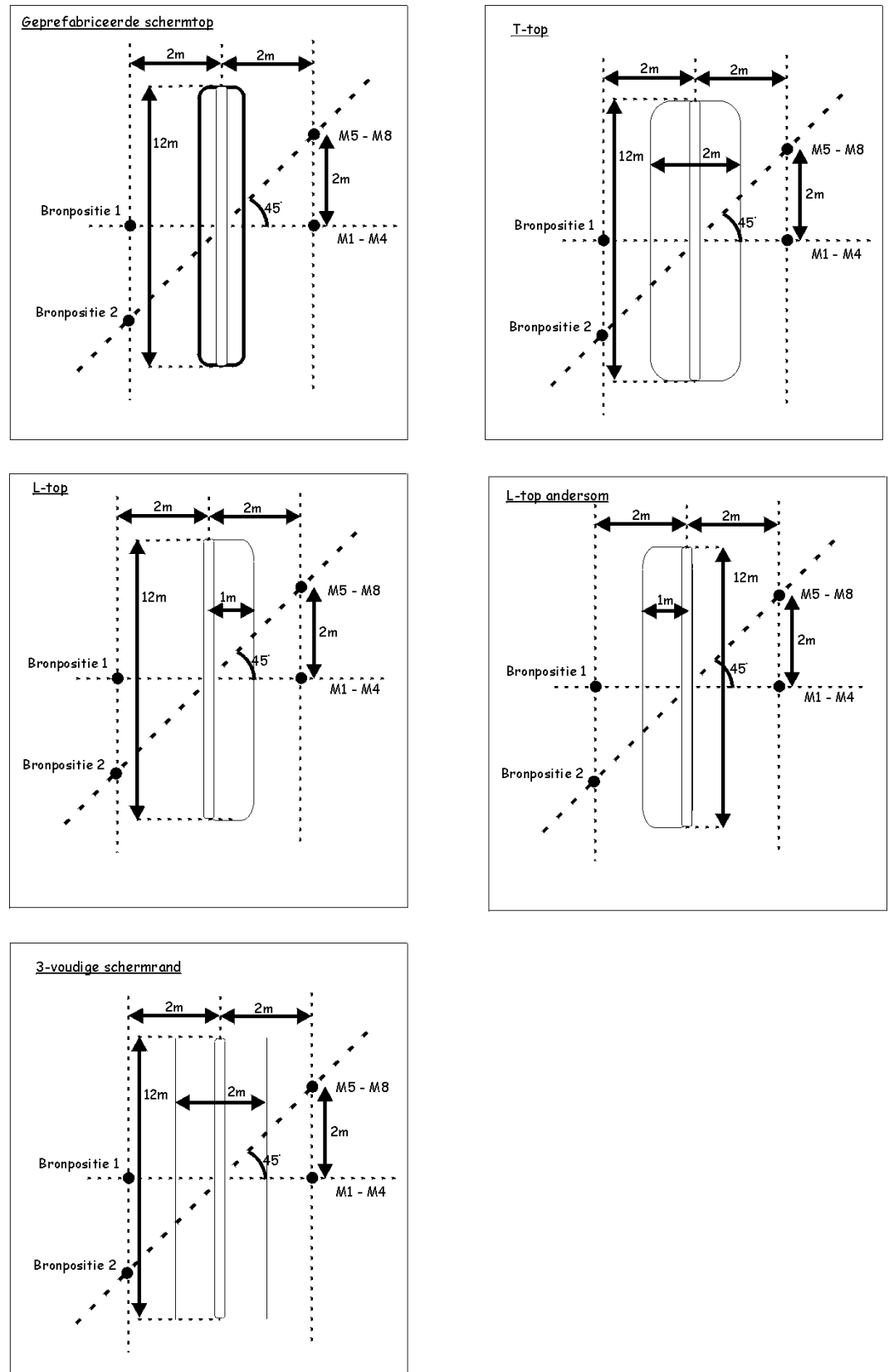
- Simulatie van de diffractietestmetingen met een Boundary Element Model met als doel het simulatiemodel te valideren door vergelijking met de meetresultaten;
- Selectie van de 10 meest belovende schermtopvarianten en simulatie van het praktijk-effect van deze 10 varianten in een praktijksituatie met 9 waarnemingsposities en 1 rijlijn. De selectie werd gebaseerd op de gemeten waarden van schermtop-effect tijdens de diffractietest en op de praktische toepasbaarheid van de schermtop

- Selectie van de 3 meest geschikte schermtopvarianten en simulatie van het praktijk-effect van deze 3 varianten in een tweede praktijksituatie met 9 waarneemposities en 4 rijlijnen. Deze selectie werd gebaseerd op de voorspelde waarde van het schermtop-effect uit de eerste simulatieronde en op de praktische toepasbaarheid van de schermtop.

Opstellen van een deelrapport [4] over de gevolgde werkwijze en de rekenresultaten.



Figuur 2 - Verticale doorsnede van de meetopstelling bij de diffractietesten loodrecht op het scherm, voor verschillende schermtoppen.



Figuur 3 - Bovenaanzicht van de meetopstelling bij de diffractietesten, voor verschillende schermtoppen.

3 Beschikbare onderzoekresultaten

3.1 Diffractietesten

De meetresultaten van de diffractietesten hebben een grote hoeveelheid informatie opgeleverd over het effect op de schermwerking ten gevolge van het plaatsen van een schermtop in een speciale testopstelling en over de effecten van variatie van diverse constructieparameters. De geometrie van de testopstelling (zie figuur 2 en 3) is zodanig dat zowel de bron als de waarneempunten op zeer korte afstand van het scherm liggen, waardoor voor de schermwerking én voor de effecten van de schermtoppen waarden worden gemeten die aanzienlijk groter zijn dan in praktijksituaties mag worden verwacht.

Het effect van een schermtop wordt gekarakteriseerd door de zgn. 'Single number rating of Diffraction Index Difference' ($DL_{\Delta DI}$ = ééngetalsaanduiding van het Diffractie Index Verschil)¹ en wordt uitgedrukt in dB(A).

Hierbij is de Diffractie Index' (DI) het getal dat de afschermende werking van een bepaald scherm in vergelijking met het vrije veld aangeeft. In deze vergelijking speelt de feitelijke hoogte van het scherm geen rol.

Door vergelijking van 2 schermen, bijv. mét en zonder schermtop, verkrijgt men het Diffractie Index Verschil (ΔDI), die in 1/3-octaaftanden wordt bepaald. Uit deze 1/3-octaaftandwaarden wordt met behulp van het standaard verkeersgeluidsspectrum volgens NEN-EN 1793-3 [5] de ééngetalsaanduiding ($DL_{\Delta DI}$) in dB(A) bepaald. Op deze wijze kunnen schermen met diverse schermtoppen worden vergeleken met elkaar en met een referentiescherm zonder schermtop. Het referentiescherm krijgt volgens deze methodiek in principe een ééngetalsaanduiding van 0 dB(A). Bij herhaling van de metingen aan het referentiescherm in diverse stadia van het meetprogramma varieerde deze waarde tussen -0,2 en +0,6 dB(A); deze variatie geeft een indicatie van de nauwkeurigheidsmarges van het meetproces. Hieruit is geconcludeerd dat het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de metingen ca. $\pm 0,5$ dB(A) bedraagt.

Uit de meetresultaten blijkt dat de diverse geprefabriceerde schermtoppen Diffractie Index verschillen behalen die liggen tussen -1,4 en +0,9 dB(A). Deze schermtopvarianten leveren dus nauwelijks een verbetering van de schermwerking en kunnen in sommige gevallen zelfs een schijnbare verslechtering opleveren. Dit laatste wordt veroorzaakt doordat de bovenrand van de toppen ten gevolge van toepassing van absorberend materiaal in meer of mindere mate poreus kan zijn (zie figuren 1 en 2). De akoestisch effectieve schermhoogte is dan lager dan de geometrische hoogte, hetgeen door de gevolgde vergelijkingsmethodiek een negatieve waarde kan opleveren.

De andere gemeten schermtopvarianten (zie figuur 1) bleken gunstiger resultaten op te leveren:

- De T-vormige schermtop met een reflecterende houtvezelplaat van 18 mm dikte leverde een $DL_{\Delta DI}$ van 1,9 dB(A), terwijl de diverse T-toppen met absorberende platen waarden opleverden tussen 3,3 en 7,6 dB(A);

¹ Het symbool $DL_{\Delta DI}$ is in Pr ENV 1793-4 geïntroduceerd om de ééngetalsaanduiding (in dB(A)) van het frequentieafhankelijk Diffractie Index Verschil ΔDI aan te geven. In EN 1793-1 en 2 zijn overeenkomstige symbolen gedefinieerd voor absorptie (DL_a) en isolatie (DL_R) van schermen. Het symbool $DL_{\Delta DI}$ is in het deelrapport over de diffractietest [3] niet gebruikt.

- De L-vormige top met een reflecterende plaat kwam tot een waarde voor $DL_{\Delta DI}$ van 2,7 dB(A), terwijl de absorberende uitvoeringen waarden 2,7 en 4,8 dB(A) bereikten;
- De 3-voudige schermrand leverde in reflecterende uitvoering een $DL_{\Delta DI}$ van 4,5 dB(A) en in absorberende uitvoering een waarde van 4,8 dB(A).

Uit deze resultaten werd geconcludeerd dat diverse van de geteste schermtopvarianten voldoende perspectief boden voor het bereiken van een verbeterde afscherming in de praktijk en dat verder onderzoek naar de effectiviteit van de meest belovende varianten zinvol was.

Tijdens het meetprogramma was ook aandacht besteed aan het bepalen van de invloed van diverse constructieparameters, waaruit de volgende constatering naar voren zijn gekomen:

- a. Het toepassen van een dichte bodemplaat onder het absorptiemateriaal levert bij de T-toppen een verbetering van 0,2 tot 0,9 dB(A) ten opzichte van een open onderzijde; bij de L-toppen bedraagt deze verbetering ca. 2 dB(A). Een mogelijke verklaring voor dit verschil is dat bij de L-toppen zonder bodemplaat het geluid alleen aan de zendzijde de weg door het absorptiemateriaal aflegt, terwijl dit bij de T-toppen zowel aan de zend- als aan de ontvangzijde gebeurt. De langere geluidweg door het absorptiemateriaal bij de T-toppen geeft een grotere verzwakking, zodat het extra effect van de bodemplaat relatief kleiner wordt.
- b. L-toppen zijn alleen effectief indien de L naar de bron toe gericht is; bij oriëntatie naar de ontvanger toe is de waarde van $DL_{\Delta DI}$ ca. 4,5 dB(A) lager.
- c. De invloed van het afdekken van de zijkanalen van het absorptiemateriaal is verwaarloosbaar.
- d. Het al dan niet absorberend bekleden van het basisscherm blijkt een wisselende invloed te hebben en varieert tussen -1,6 en +0,7 dB(A).
- e. Het nat maken van het absorptiemateriaal kan een aanzienlijke afname van de ééngetalsaanduiding van het Diffractie Index Verschil opleveren (-2,4 tot -3,1 dB(A)) bij materialen die het water in de poriën vasthouden.

3.2 Modelsimulaties

3.2.1 Validatie van het gebruikte simulatiemodel

Bij de simulatiestudie is gebruik gemaakt van 2 gekoppelde simulatiemodellen. De werking van de schermtoppen is gesimuleerd met een Boundary Element Model (BEM), terwijl de overdracht vanaf het scherm naar verder weg gelegen ontvangposities is gemodelleerd met behulp van het Parabolic Equation model (PE).

De werking van het BEM-model is gevalideerd door de resultaten van de diffractietest te simuleren, voor alle schermtopvarianten die qua vorm en materiaalgebruik konden worden ingepast in het BEM-model. Een globaal overzicht van de simulatieresultaten in vergelijking met de testresultaten geeft Tabel 1. Ter wille van beperking van de rekentijd wordt het BEM-model begrensd op 1000 Hz. Uit de eerste vergelijking bleek dat de simulatie daardoor een systematische onderschatting van de testresultaten geeft. Door de simulatieresultaten te extrapoleren tot 5 kHz kan deze onderschatting worden verkleind.

Met deze extrapolatie gaf het BEM-model in kwantitatieve zin een voldoende overeenkomst met de metingen, terwijl de verschillen tussen de diverse schermtopvarianten op acceptabele wijze konden worden gesimuleerd.

Sommige details van constructies, zoals het inpakken van absorptiemateriaal in folie, en het gedrag van samengestelde absorptiematerialen, zoals combinaties van korrelstructuren en minerale wol, kunnen niet exact worden gemodelleerd met de BEM-methodiek. Deze constructies kunnen in het model worden benaderd met equivalente constructies waarvan op grond van metingen mag worden aangenomen dat ze een vergelijkbaar akoestisch gedrag vertonen.

Het inpakken van absorptiemateriaal in een folie heeft blijkens ervaringen in de industriële lawaaibestrijding en de bouwakoestiek alleen enige invloed op het absorptiegedrag bij hoge frequenties (≥ 2000 Hz), mits de folie niet dikker is dan ca. 30 μm . Daarbij is wel van belang dat de folie vrij kan bewegen ten opzichte van het absorptiemateriaal en vrij ligt van een eventueel toegepaste geperforeerde cassette.

Tabel 1 Vergelijking tussen de meetresultaten en de met een BEM-model gesimuleerde resultaten van de diffractietest.

Type Top	Diffractie Index Verschil ($DL_{\Delta DI}$) [dB(A)]		
	Test- resultaat 100 – 5 kHz	Simulatie BEM 100 – 1 kHz	Simulatie BEM (geëxtrapoleerd) 100 – 5 kHz
Basisscherm	0	0	0
Prefab toppen	-1,4 / + 0,9	-1,6 / - 0,2	-1,0 / - 0,1
T-top reflecterend	1,9	0,2	0,7
T-top absorberend	3,3 / 7,6	2,4 / 6,0	2,0 / 7,3
L-top reflecterend	2,7	1,7	2,1
L-top absorberend	2,7 / 5,0	3,2 / 3,5	3,1 / 5,0
3-voudige schermrand	4,5 / 4,8	3,7 / 4,2	3,4 / 4,4

3.2.2 *Modellering van een eerste praktijksituatie*

Na de validatie werden de 10 meest belovende schermtopvarianten geselecteerd en in een gecombineerde BEM –PE simulatie opgenomen om een voorspelling te krijgen van het te verwachten effect van de schermtoppen in een praktijksituatie.

De varianten werden primair geselecteerd op basis van de hoogste meetwaarde van de ééngetalsaanduiding van het Diffractie Index Verschil $DL_{\Delta DI}$ met als tweede criterium de praktische bruikbaarheid van het toegepaste absorptiemateriaal. De 10 geselecteerde varianten waren:

1. T-top met mineraalwol-cassette;
2. T-top met Porocom;
3. T-top met 160 mm Durisol (vlak);
4. T-top met Durisol geprofileerd;
5. T-top met 100 mm Rockwool;
6. T-top met 200 mm Rockwool;
7. L-top met 160 mm Durisol (vlak);
8. L-top met Durisol geprofileerd
9. 3-voudige schermrand reflecterend;
10. 3-voudige schermrand absorberend.

Bovendien werd het basisscherm als referentie gemodelleerd.

De gesimuleerde praktijksituatie was gebaseerd op het wegprofiel van de A15 nabij Sliedrecht; deze locatie werd overwogen als meetlocatie voor praktijkmetingen.

Als bron werd 1 centraal gelegen rijlijn gemodelleerd. De schermhoogte bedroeg 5 m. Voor 9 waarneemposities werden voor zowel ZOAB als DAB wegdekken de geluidniveaus berekend bij toepassing van een recht basisscherm en bij toepassing van een scherm met een bepaalde schermtop en dezelfde hoogte als het basisscherm. Voor elke waarneempositie werd de niveaureductie t.g.v. de schermtop t.o.v. het basisscherm berekend in dB(A), waarna de niveaureducties over de 9 posities werden gemiddeld. Deze gemiddelde niveaureductie beschrijft het schermtop-effect op dezelfde wijze als de grootheid DL_{ADI} uit de diffractietests, maar zal door een andere keuze van de waarneemposities qua getalwaarde hiervan afwijken.

Evenals bij de diffractietest-simulatie werden de resultaten geëxtrapoleerd tot 5 kHz.

De resultaten van deze simulaties zijn te vinden in Tabel 2.

Hieruit blijkt dat de in de praktijk te verwachten effecten aanzienlijk kleiner zullen zijn dan de resultaten van de diffractietest. In de diffractietest treden de schermtop-effecten ten gevolge van de gekozen bron-ontvanger geometrie in geprononceerde mate op (en kunnen daardoor goed worden gemeten). De resultaten van de diffractietest worden ten behoeve van de ééngetalsaanduiding gewogen met het standaard-spectrum voor wegverkeerslawaaï, dat is gebaseerd op toepassing van een dicht (niet absorberend) wegdek. Als in de praktijk echter een ZOAB wegdek wordt toegepast zal door de frequentieafhankelijke invloed daarvan een sterkere nadruk op de lagere frequenties ontstaan waardoor het schermtop-effect in dB(A) iets lager uitvalt dan bij dichte wegdekken zoals DAB.

Uit de simulatieresultaten is (voor de gekozen waarneemposities) geen systematische invloed van de positie van het waarneempunt op het voorspelde schermtop-effect te constateren. Er treedt wel enige spreiding in het schermtop-effect op, maar deze lijkt niet met de positie gecorreleerd te zijn.

3.2.3 *Modellering van een tweede praktijksituatie*

Uit de resultaten van de eerste praktijksimulatie zijn 3 schermtopvarianten geselecteerd die in aanmerking komen voor uitvoering van praktijkmetingen. Gekozen zijn T-vorige toppen met absorptiematerialen die een zo hoog mogelijk absorptie combineren met weerbestendigheid en een 3-voudige schermrand zonder absorptiemateriaal, vanwege de eenvoud van constructie en het weerbestendige karakter.

Aangezien de eerst geselecteerde praktijksituatie minder geschikt bleek voor praktijkmetingen is een tweede locatie gevonden, die model heeft gestaan voor een tweede simulatieronde met een wat hogere detailnauwkeurigheid. Deze situatie was gebaseerd op het wegprofiel van de N11 bij Hazerswoude.

In de simulatie werd de bron nu met 4 rijlijnen gemodelleerd met opnieuw 9 ontvangposities. In dit geval bedroeg de schermhoogte 2m.

De resultaten zijn eveneens in Tabel 2 opgenomen.

In vergelijking met de resultaten van de eerste simulatieronde komen deze resultaten iets lager uit, hetgeen vermoedelijk wordt veroorzaakt doordat een aantal waarneemposities aanzienlijk boven de zichtlijn ligt, waardoor de schermwerking en ook het schermtop-effect op die posities grotendeels wegvalt.

Dit verschijnsel heeft zich bij de modellering van de eerste praktijksituatie niet voorgedaan omdat de schermhoogte langs de A15 aanzienlijk hoger is dan langs de N11. Omdat de hoogte van de waarneemposities ten opzichte van het maaiveld is

gekozen en niet ten opzichte van de schermrand zijn bij de N11-geometrie de waarneemposities in vergelijking met de A15-geometrie verschoven ten opzichte van de zichtlijn. Daardoor zijn de hoogste waarneemposities bij de N11 boven de zichtlijn gelegen.

Teneinde een wat realistischer beeld te geven van de schermtop-reductie op die waarneemposities waar de werking van de schermtop feitelijk invloed heeft zijn in tabel 2 ook de gemiddelde waarden voor de onderste 6 waarneemposities gegeven. Deze aangepaste gemiddelde waarden zijn ongeveer gelijk aan de waarden uit de eerste simulatieronde.

Tabel 2 Vergelijking tussen meetresultaten en resultaten van diverse modelsimulaties voor geselecteerde schermtopvarianten.

Schermtopvariant	Diffractie Index verschil (DL_{ADI} in dB(A))			Praktijksimulatie 1 Gemiddelde niveaureductie in dB(A)				Praktijksimulatie 2 Gem. niveaureductie in dB(A)	
	Test (100 – 5 kHz)	Simulatie (100 – 1 kHz)	Simulatie (100 – 5 kHz)	ZOAB (100 – 1 kHz)	ZOAB (100 – 5 kHz)	DAB (100 – 1kHz)	DAB (100 – 5 kHz)	ZOAB (100 – 1 kHz)	ZOAB (100 – 5 kHz)
0. Basisscherm reflect.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1. T-top cassette	6,0	4,6	6,2	1,4	1,8	1,7	2,3	1,4 (1,8)*	1,3 (1,7)*
2. T-top Porocom	5,9	6,0	7,3	1,6	2,0	2,0	2,5	1,6 (2,0)*	1,5 (1,9)*
3. T-top Durisol vlak	4,5	3,1	4,8	1,0	1,4	1,2	1,9		
4. T-top Durisol profile	5,3	2,8	4,5	0,8	1,1	1,1	1,4		
5. T-top Rockwool 100	6,7	5,0	6,5	1,5	1,9	1,8	2,4		
6. T-top Rockwool 200	6,0	5,0	6,5	1,5	1,9	1,8	2,4		
7. L-top Durisol vlak	4,8	3,5	5,0	0,9	1,2	1,1	1,6		
8. L-top Durisol profile	4,8	3,2	4,3	0,7	0,9	1,0	1,2		
9. 3-voud.rand reflect.	4,7	3,7	3,4	0,4	0,7	0,6	1,0	0,8 (0,9)*	0,6 (0,8)*
10. 3-voud.rand absor.	4,7	4,2	4,4	0,7	1,0	0,8	1,3		

(..)* De getallen tussen haakjes geven de gemiddelde schermtop-reductie over de laagste 6 waarneemposities weer.

4 Bespreking van de resultaten

4.1 Vergelijking van de test- en simulatieresultaten met literatuurgegevens

Gegevens uit de literatuur kunnen worden verdeeld in 3 categorieën:

- Diffraclietesten of daarmee vergelijkbare onderzoeken [6], [7];
- Simulatiestudies [8], [9];
- Praktijkmetingen [10], [11], [12].

In Engeland is in 2001 een soortgelijk onderzoek als de diffractietest uit het onderhavige onderzoek uitgevoerd [6]. De Engelse meetopstelling week enigszins af van Pr ENV 1793-4 [2] en van de in dit onderzoek toegepaste geometrie van de meetopstelling, maar gaf niettemin resultaten die zeer goed overeenkomen met de in dit rapport gepresenteerde resultaten, zoals in Tabel 3 is aangegeven

Tabel 3 Vergelijking tussen de resultaten van de in Nederland uitgevoerde diffractietest en enige buitenlandse onderzoeken met vergelijkbare aanpak.

Type schermtop	NL Test- resultaat DL _{ADI} [dB(A)] 100 – 5 kHz	UK Test- resultaat Insertion Loss toename [dB(A)] 200 – 5 kHz	Canadese schaalmodeltest Insertion loss toename [dB(A)] 100 – 5 kHz
Basisscherm	0	0	0
Prefab toppen	-1,4 / + 0,9	- 0,6	--
T-top reflecterend	1,9	2,3	(4)
T-top absorberend	3,3 / 7,6	5,1	6
L-top reflecterend	2,7	--	--
L-top absorberend	2,7 / 5,0	--	--
3-voudige schermrand	4,5 / 4,8	4,6	--

In Canada is reeds omstreeks 1980 een uitgebreid schaalmodelonderzoek gedaan naar diverse schermvormen en schermtopvarianten [7]. Het schaalmodel werd geacht praktijksituaties te representeren.

Hoewel de schaalmodelgeometrie qua afstanden tussen bron, scherm en ontvanger afweek van de diffractietest-opstelling kwamen de in- en uitvalshoeken in het verticale vlak van de geluidstralen ten opzichte van de schermrand redelijk overeen met die van de Nederlandse diffractietest-opstelling. De gemeten resultaten voor een absorberende T-top van 2,44 m breed komen eveneens redelijk goed overeen met het Nederlandse resultaat. Het Canadese resultaat voor een reflecterende T-top van 2,44 m is aanzienlijk hoger dan het Nederlandse, maar aangezien in het Canadese onderzoek is uitgegaan van een 'messcherpe' rand van de T is het resultaat wellicht niet volledig vergelijkbaar. Het Canadese artikel vermeldt ook verder interessante resultaten van vormen die niet in het onderhavige onderzoek zijn opgenomen.

In Frankrijk zijn modelsimulaties uitgevoerd aan een T-vormige absorberende schermtop van 0,85 m breed [8] en is een vergelijking gedaan tussen diffractietest-resultaten en modelsimulaties [7].

Geconcludeerd is dat simulaties en metingen een acceptabele overeenstemming vertoonden. De meetresultaten van de diffractietest lagen tussen 3,8 en 4,8 dB(A), terwijl voor het praktijkeffect van een oneindig lang scherm waarden tussen 1,9 en 2,6 dB(A) werden geprognosticeerd.

Naast modelstudies en diffractietests heeft Watts in Engeland ook praktijkmetingen uitgevoerd aan T-vormige toppen van 1 en 2 m breed en aan 3-voudige schermranden van 1 en 2 m breed. De eerste series praktijkmetingen [10], [11] zijn uitgevoerd met een luidspreker als bron. In een later stadium is ook gemeten langs een autosnelweg met verkeer als bron [12].

Dit laatste onderzoek is interessant als vergelijkingsmateriaal voor de voorspelde waarden van het schermtop-effect in de praktijk. De metingen zijn onder meer uitgevoerd bij een scherm van 2 m hoog waaraan een 3-voudige schermrand van 100 m lengte was bevestigd. De weg lag 1,7 m hoger dan terreinniveau in het waarneembeid en de waarneempunten lagen 15 en 25 m achter het scherm op 1,5 en 4 m hoogte. De metingen werden 23 keer herhaald om een betrouwbaar gemiddelde te krijgen. De gemeten verbetering van de schermwerking t.g.v. de schermtop varieerde tussen 1,1 en 2,0 dB(A). Na correctie voor de beperkte lengte van de schermtop leverde dit een prognose op van maximaal 3 dB(A) voor een 'oneindig' lange schermtop op een gunstige waarneemlocatie. Deze getallen zijn hoger dan de modelprognose voor het effect van de 3-voudige schermrand in de praktijk (0,6 à 0,8 dB(A)). Hierbij dient men in aanmerking te nemen dat de metingen in Engeland zijn uitgevoerd op een dicht, d.w.z. niet poreus wegdek, terwijl de prognoses uit de simulatiestudie gebaseerd zijn op toepassing van ZOAB. Door het gedeeltelijk wegvallen van het hoger frequente geluid bij ZOAB wordt de werking van de schermtoppen enigszins gereduceerd.

In de simulaties voor praktijksituatie één is ook een prognose voor een DAB-wegdek gegeven (zie Tabel 2). Ook dan blijven echter de simulatieresultaten achter bij de Engelse meetresultaten.

4.2 Verwachtingen op basis van de onderzoekresultaten

Na evaluatie van alle meet- en rekengegevens en vergelijking met de buitenlandse resultaten luidt de verwachting dat met absorberende T- (en L-) vormige schermtoppen en 3-voudige schermranden in de praktijk daadwerkelijk een verbetering van de schermwerking kan worden gerealiseerd. Van reflecterende T- en L-toppen én geprefabriceerde cilindervormige schermtoppen worden geen significante verbeteringen van de schermwerking in de praktijk verwacht.

De verwachtingen zijn in akoestische zin voor absorberende T-toppen gunstiger dan voor 3-voudige schermranden, maar de eenvoud van constructie maakt 3-voudige schermranden juist aantrekkelijk.

In alle gevallen zijn constructies van aanmerkelijke breedte nodig voor een significant resultaat.

De effecten zullen niet groot zijn en gemiddeld voor waarneemposities beneden de zichtlijn niet meer dan 2 dB(A) bedragen, wellicht met toevallige variaties tot 2,5 à 3 dB(A) op sommige waarneemposities. Boven de zichtlijn zal het schermtop-effect tot 0

dB(A) afnemen. De hoogste waarneemposities die in het tweede simulatieonderzoek zijn gehanteerd zijn daardoor niet geschikt als meetposities voor een praktijktest. Ter wille van een zuivere vergelijking tussen praktijktest en simulatie wordt daarom aanbevolen zo nodig een aantal aanvullende simulaties te laten uitvoeren met dezelfde waarneemposities als bij de nog uit te voeren praktijktest.

Op grond van de simulatieresultaten is de verwachting dat de situatie langs de N11 geschikt is voor het uitvoeren van een test van de effectiviteit van schermtoppen in de praktijk, mits meetposities boven de zichtlijn(en) worden vermeden.

Voorspelling van het schermtop-effect in de praktijk is mogelijk gebleken met behulp van een gecombineerde BEM – PE simulatie. Op grond van in de literatuur gerapporteerde ervaringen is de verwachting dat deze modellering een voldoende voorspellingsnauwkeurigheid zal hebben.

Nader uitsluitsel hieromtrent zal het voorgestelde vervolgonderzoek (zie Hoofdstuk 5) kunnen geven.

De diffractietest-methode zoals beschreven in de concept Europese voornorm is in eerste instantie bruikbaar gebleken voor het karakteriseren van schermtoppen in een objectieve testsituatie. In hoeverre de resultaten van de methode kunnen worden gebruikt om het praktijk-effect te voorspellen kan pas in het vervolgonderzoek worden vastgesteld.

5 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Op grond van de tot nu toe uitgevoerde delen van het onderzoek bestaat een reële verwachting dat schermtoppen in de praktijk een kleine maar significante verbetering van de schermwerking kunnen leveren.

Een zorgvuldig opgezet praktijkexperiment om de voorspelde effecten proefondervindelijk te toetsen wordt daarom aanbevolen.

Aangezien de te verwachten effecten klein zijn, zal het meten ervan in de praktijk de met grote nauwkeurigheid moeten geschieden. Op waarneemposities boven de zichtlijn is het schermtop-effect waarschijnlijk kleiner of nihil, zodat die posities beter kunnen worden vermeden bij de praktijkmetingen. De uitgangspunten hiervoor kunnen in een op te stellen meetplan worden uitgewerkt.

Indien het praktijkexperiment de simulatieprognoses bevestigt, wordt aanbevolen een praktijkrekenmethode te ontwikkelen waarmee de resultaten van diffractietests kunnen worden vertaald naar praktijkwaarden van het schermtop-effect en waarmee tevens voor bekende schermtopvormen een praktijkwaarde kan worden gegenereerd zonder de beschikbaarheid van een diffractietest-resultaat.

De methode zou bij voorkeur moeten aansluiten bij de in de toekomst geldende Europese geharmoniseerde rekenmethode voor de bepaling van de geluidbelasting door wegverkeer en kan bij CEN worden ingediend als Europese norm voor een rekenmethode.

Tevens wordt aanbevolen te zijner tijd te onderzoeken of de thans als Europese voornorm in voorbereiding zijnde diffractietest-methode [2] voldoende geschikt is als meetmethode in combinatie met bovengenoemde praktijkrekenmethode.

6 Referenties

- [1] Roo, F. de, Plan van Aanpak Onderzoek Schermtoppen, Memorandum nr. HAG-MEM-010132c, TNO TPD, Delft, 7 december 2001.
- [2] PrENV 1793-4, Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance – Part 4: Intrinsic characteristics – In situ values of sound diffraction, Draft European Standard, CEN TC 226 / WG 6,
Version 2.3, d.d. 18-09-2001
Version 3.0, d.d. 11-02-2002
Version 4.0, d.d. 11-04-2002
Version 5.0, d.d. 11-09-2002
- [3] Hof, J. van 't, F. de Roo en F. van der Knaap, Onderzoek effectiviteit schermtoppen – Deel 2: Vergelijkende diffractietest schermtopvarianten, rapport nr. HAG-RPT-010159, TNO TPD, Delft, 6 februari 2002.
- [4] Salomons, E.M. Berekeningen aan schermtoppen, conceptrapport nr. TPD-DGT-020044, TNO TPD, Delft, 30 augustus 2002.
- [5] NEN-EN 1793-3, Geluidbeperkende constructies langs wegen – Beproevingsmethode voor de bepaling van de akoestische eigenschappen – Deel 3: Standaard-geluidspectrum voor wegverkeer, Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, september 1997.
- [6] Watts, G., P.A. Morgan and M. Surgand,, Assessment of noise barrier diffraction efficiency using an in situ measurement technique, Proceedings of the Institute of Acoustics, 24(2), St Albans, UK, 2002.
- [7] May, D.M. and M.M. Osman, Highway noise barriers: new shapes, Journal of Sound and Vibration, 71(1), 1980, pp. 73-101.
- [8] Defrance, J., P. Jean and Y. Gabillet, Acoustics performance of a T-shaped barrier cap, Proceedings Euro-Noise, München, 1998.
- [9] Defrance, J. Y. Gabillet and P. Jean, Integration of the real efficiency of absorbing road barrier caps in a ray tracing method, Proceedings Sixth International Congress on Sound and Vibration, Copenhagen, July 1999.
- [10] Watts, G.R., D.H. Crombie and D.C. Hothersall, Acoustic performance of new designs of traffic noise barriers: full scale tests, Journal of Sound and vibration, 177(3), 1994, pp. 289-305.
- [11] Watts, G.R. and P.A. Morgan, Acoustic performance of an interference-type noise-barrier profile, Applied Acoustics, Vol. 49, No.1, 1996, pp. 1-16.
- [12] Watts, G.R., Acoustic performance of a multiple edge noise barrier profile at motorway sites, Applied Acoustics, Vol 47, 1996, pp. 47-66.

7 Ondertekening

Delft, 14 november 2002
FDR/

TNO TPD

ir. F. de Roo