



# *Toepassingsadvies:* **Middenbermschermen**

|  |    |
|--|----|
| Beschrijving innovatie.....                | 3  |
| Huidige akoestische rekenregels.....       | 4  |
| Aanvullende akoestische rekenregels.....   | 4  |
| Akoestische criteria middenbermscherm..... | 8  |
| Verkeersveiligheidsaspecten .....          | 9  |
| Windbelasting.....                         | 12 |
| Kosten.....                                | 15 |

## Colofon

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Uitgegeven door</b>     | Dienst Weg en Waterbouwkunde   |
| <b>Contactpersoon</b>      | C.J. Padmos  |
| <b>Informatie</b>          | Telefoon 015 2518 456  |
| <b>Met medewerking van</b> | J. Groot (BD)<br>W.W. van Hattem (BD)<br>A. van 't Hof (AVV)<br>J.T.A. Kroon (BD)<br>H. Kwint (AVV)<br>A.H. Mos (BD)<br>L.E.M. van Ooststroom (DWW)<br>G.G. van Sloten (BD)<br>H. Stembord (AVV) |
| <b>Rapportnummer</b>       | DWW-2006-041   |
| <b>Versie</b>              | 31 maart 2006  |
| <b>Goedkeuring</b>         | Dr. P. Stienstra   |

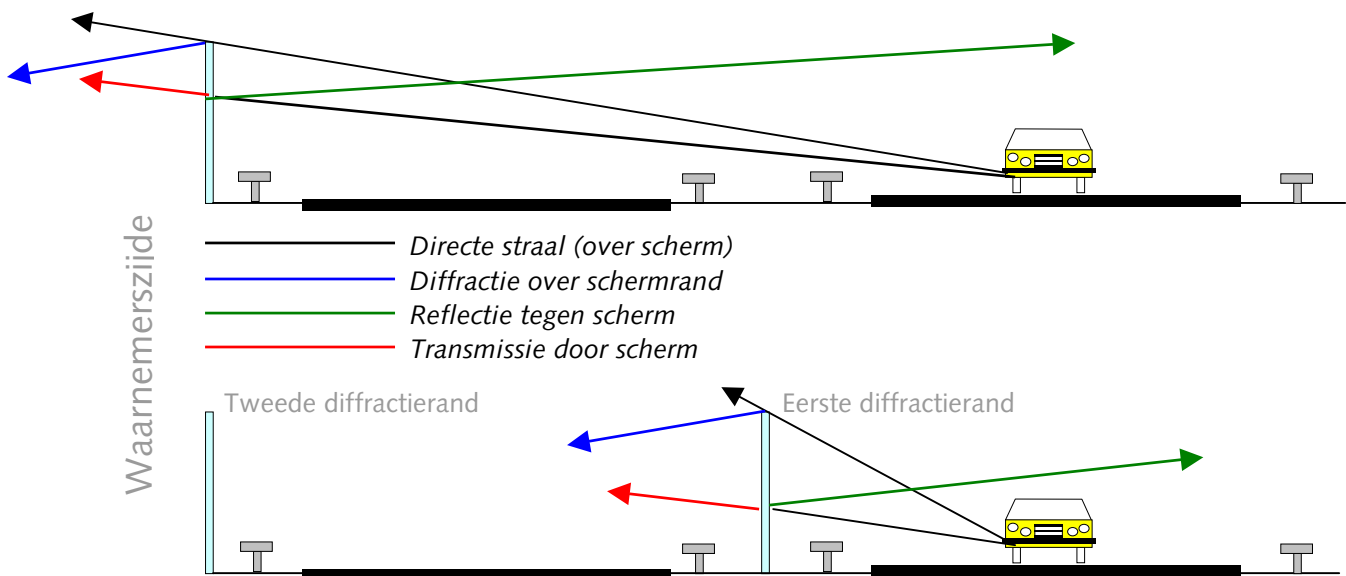
De Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat heeft de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen. Het Rijk sluit iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

*Het Innovatieprogramma Geluid beoogt de invoering van een nieuwe set maatregelen om verkeerslawaaai bij rijkswegen en spoorwegen te verminderen bij de bron. Naast het testen van nieuwe maatregelen aan voertuigen, weg en rails is het versnellen van het implementeren van de innovaties een tweede belangrijke stap van het IPG. Invoering van de nieuwe maatregelen moet leiden tot een duidelijke geluidsvermindering en een halvering van de bestaande kosten van geluidmaatregelen.*

## Beschrijving innovatie

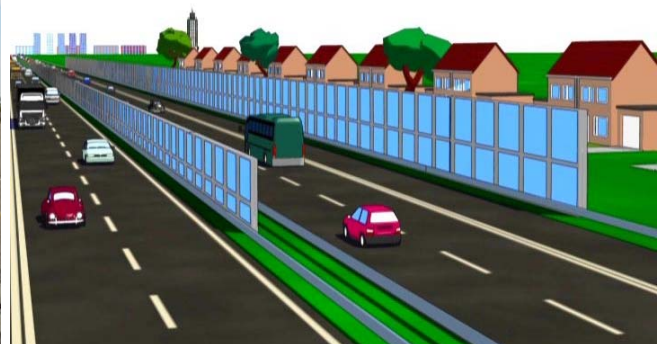
Een middenbermscherm is een geluidsscherm dat in de middenberm is geplaatst.

Omdat dit middenbermscherm de meest ver gelegen rijstroken effectiever afschermt voor waarnemer, zal deze maatregel een positief effect hebben op de totale geluidsreductie. Daarnaast wordt een tweede diffractierand<sup>1</sup> geïntroduceerd waarover het geluid kan worden afgebogen, wat eveneens een positief akoestisch effect heeft voor de waarnemer.



In dit document worden twee verschillende soorten middenbermschermen onderscheiden:

- Conventioneel middenbermscherm: een geluidsscherm in de middenberm, eventueel achter een geleiderail/barrier. De functies 'verkeer geleiden' en 'geluid beperken' worden gescheiden.
- Geïntegreerd middenbermscherm (ook wel geluidsbarrier genoemd): een combinatie van een barrier en een geluidsscherm in de middenberm (zie foto links). De functies 'verkeer geleiden' en 'geluid beperken' worden geïntegreerd.



<sup>1</sup> Een diffractierand is een rand waarover het geluid afbuigt in een andere richting

## Huidige akoestische rekenregels

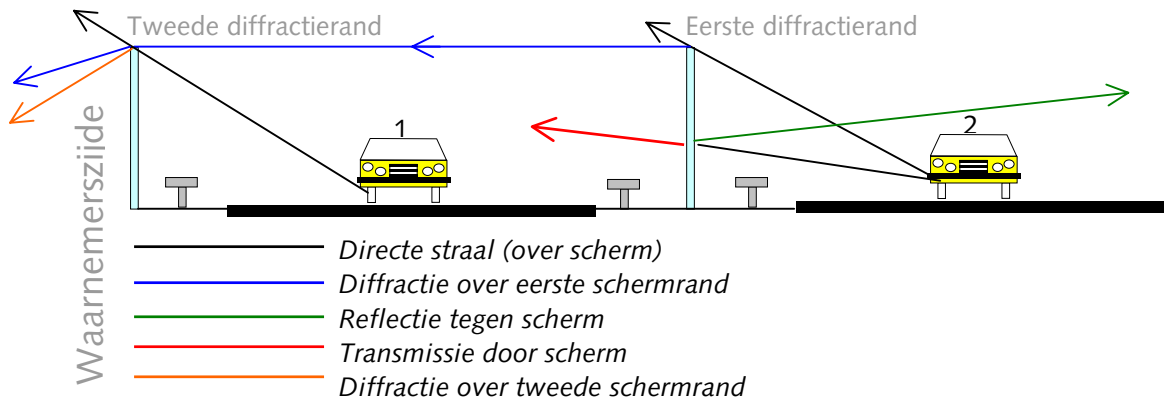
Het akoestische effect van een middenbermscherm is op dit moment met SRM2<sup>2</sup> in globale zin te bepalen.

Een rekenprogramma dat rekt volgens SRM2 bepaalt tijdens de rekenprocedure steeds welk scherm het meest effectief is voor een bepaalde rijbaan/rijstrook.

Dit wordt geïllustreerd aan de hand van onderstaand voorbeeld.

In de onderstaande situatie is een zijbermscherm en een middenbermscherm aanwezig:

- Het geluid afkomstig van auto 1 zal voor de waarnemer door het zijbermscherm het meest effectief afgeschermd worden. In SRM2 zal dan ook gerekend worden met dit zijbermscherm.
- Het geluid afkomstig van auto 2 zal voor de waarnemer het meest effectief worden afgeschermd door het middenbermscherm. In SRM2 zal dan ook gerekend worden met dit middenbermscherm. Het geluid afkomstig van auto 2 wordt voor de waarnemer echter niet door één maar door twee schermen beïnvloed. Elk scherm heeft namelijk een diffractierand waarover het geluid wordt afgebogen. Voor het geluid afkomstig van auto 2, zijn dat dus twee diffractieranden. Het effect van de tweede diffractierand wordt met SRM2 echter niet in rekening gebracht. Dit effect is met behulp van nader onderzoek vastgesteld<sup>3</sup> en vastgelegd in aanvullende akoestische rekenregels.



## Aanvullende akoestische rekenregels

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de additionele akoestische werking van een middenbermscherm in de vorm van een correctie kan worden bepaald (bron<sup>4</sup>).

Gekozen is voor een correctie die in het verlengde ligt van de werkwijze van SRM2, namelijk voor iedere rijlijn, sectorhoek en frequentie afzonderlijk. De correctie geldt als toevoeging op de schermwerking berekend volgens SRM2, waarbij het middenbermscherm initieel buiten beschouwing wordt gelaten.

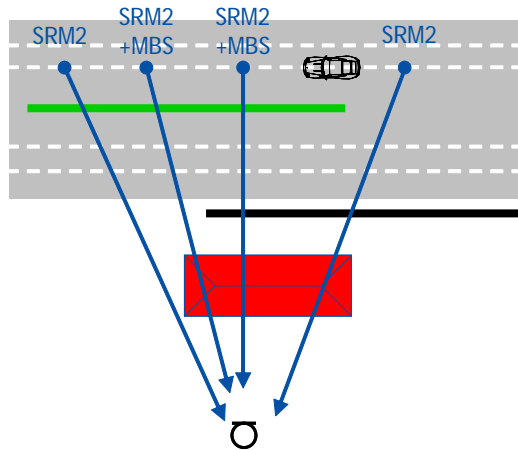
<sup>2</sup> SRM2 = Standaard Reken Methode 2. Beschreven in het Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaai 2002

<sup>3</sup> Dubbele diffractieranden, het akoestisch effect van middenbermschermen, R. Nota, DGMR, 28 april 2005.

<sup>4</sup> Notitie DGMR: V.2004.1450.00.N004 door R. Nota, 28 februari 2006

### Voorwaarde voor correctie

De correctie voor de aanwezigheid van een middenbermscherm (MBS) wordt berekend in die gevallen waar tussen het bronpunt en de ontvanger zowel een middenbermscherm aanwezig is als een ander afschermend object waarvan de hoogte minimaal gelijk is aan de bronhoogte (het zijbermscherm). Daarbij dient de afstand tussen het middenbermscherm en het zijbermscherm maximaal 50 meter te bedragen, gemeten loodrecht op het middenbermscherm.



In alle andere gevallen, bijvoorbeeld wanneer wel een middenbermscherm maar geen zijbermscherm binnen de sectorhoek aanwezig is, wordt de schermwerking volgens de bestaande SRM2-systematiek berekend.

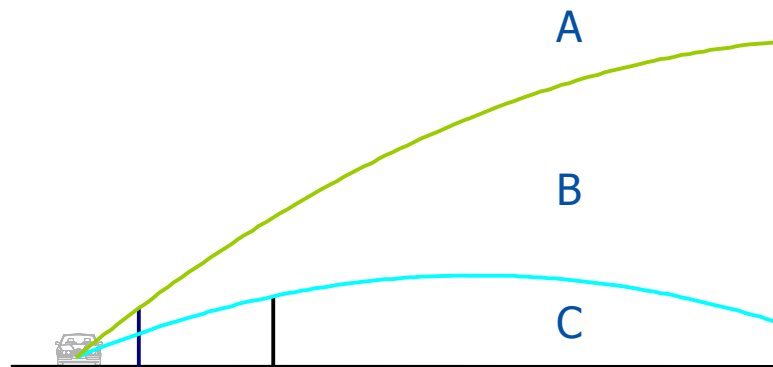
De correctie is uitsluitend toepasbaar voor wegverkeerslawaai-bronnen. Aangezien voor de overdrachtsberekening binnen SKM2<sup>5</sup> gebruik wordt gemaakt van de afschermingsformules van SRM2, dient de correctie ook te worden toegepast binnen SKM2.

### Geometrische situatie

Voor de bepaling van de MBS-correctie worden twee lijnen getrokken vanuit de bronpunt, één door de top van het middenbermscherm en één door de top van het zijbermscherm, waarbij beide lijnen worden gekromd conform vergelijking 2.17 van het Reken- en Meetvoorschrift<sup>6</sup>.

Vervolgens wordt onderscheid gemaakt tussen drie gebieden:

- gebied A: boven beide lijnen, waarin de schermwerking voor het middenbermscherm wordt berekend volgens SRM2;
- gebied B: tussen de twee lijnen, waarin de correctie op de SRM2-schermwerking wordt berekend afhankelijk van de positie van de ontvanger;
- gebied C: onder beide lijnen, waarin de correctie op de SRM2-schermwerking een vaste waarde is voor alle ontvangerposities.



<sup>5</sup> SKM2 = Standaard Karterings Methode 2

<sup>6</sup> Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaai 2002

Het waarneempunt ligt in gebied A indien:

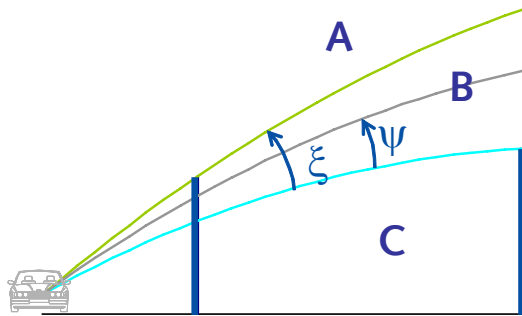
$$z_w > z_b + \frac{R}{R_{MBS}} \left[ z_{MBS} - \frac{R_{MBS}(R - R_{MBS})}{26 R} - z_b \right] \quad (1)$$

Het waarneempunt ligt in gebied B indien:

$$z_w > z_b + \frac{R}{R_{zs}} \left[ z_{zs} - \frac{R_{zs}(R - R_{zs})}{26 R} - z_b \right] \quad (2)$$

waarin:

- $z_w$ : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil;
- $z_b$ : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil;
- $z_{MBS}$ : de hoogte van het middenbermscherm ten opzichte van het referentiepeil;
- $z_{zs}$ : de hoogte van het zijbermscherm ten opzichte van het referentiepeil;
- $R_{MBS}$ : de horizontale afstand van de bron tot het middenbermscherm;
- $R_{zs}$ : de horizontale afstand van de bron tot het zijbermscherm;
- $R$ : de horizontale afstand van de bron tot het waarneempunt;



Binnen de gebieden B en C wordt de MBS-correctie berekend op basis van de hoek  $\xi$  tussen de twee lijnen die gebied B begrenzen. Voor ontvangers binnen gebied B dient ook de hoek  $\psi$  tussen de gekromde lijn van de bron naar de ontvanger en de gekromde lijn van de bron door de top van het zijbermscherm te worden bepaald (zie illustratie).

De hoeken  $\xi$  en  $\psi$  worden op de volgende wijze berekend:

$$\xi = \xi_{MBS} - \xi_{zs} \quad (3)$$

$$\xi_{MBS} = \frac{1}{R_{MBS}} \left[ z_{MBS} - \frac{R_{MBS}(R - R_{MBS})}{R} - z_b \right] + \frac{1}{26} \quad (4)$$

$$\xi_{zs} = \frac{1}{R_{zs}} \left[ z_{zs} - \frac{R_{zs}(R - R_{zs})}{R} - z_b \right] + \frac{1}{26} \quad (5)$$

$$\psi = \frac{z_w - z_b}{R} + \frac{1}{26} - \xi_{zs} \quad (6)$$

De correctie voor gebied B wordt uitsluitend toegepast indien de lijn door de top van het middenbermscherm hoger ligt dan die door de top van het zijbermscherm. De hoek  $\xi$  heeft dan een positieve waarde. In situaties waarin de hoek  $\xi$  negatief is (bij een relatief laag middenbermscherm) worden waarneempunten binnen gebied B behandeld zoals in gebied C.



### Berekening van de MBS-correctie

De waarde van  $C_{mbs}$  wordt als volgt bepaald:

$C_{mbs} = C_{mbs(A)}$  als het waarneempunt zich in gebied A bevindt;

$C_{mbs} = C_{mbs(B)}$  als het waarneempunt zich in gebied B bevindt;

$C_{mbs} = C_{mbs(C)}$  als het waarneempunt zich in gebied C bevindt.

#### Gebied A

Voor waarneempunten in gebied A wordt de MBS-correctie berekend door het schermeffect van het middenbermscherm te berekenen conform de bestaande SRM2-methodiek:

$$C_{mbs(A),i} = H F(N_{f,i}) \quad (7)$$

waarin H de effectiviteit van het middenbermscherm is en  $F(N_{f,i})$  een functie met argument  $N_{f,i}$  (het Fresnelgetal), beiden bepaald conform bijlage II van het Reken- en Meetvoorschrift<sup>6</sup>.

Op de gekromde lijn die door de top van het middenbermscherm loopt komt dit overeen met 5 dB(A) in iedere octaafband.

#### Gebied B

In gebied B is de MBS-correctie afhankelijk van de ligging van het waarneempunt. Dit wordt uitgedrukt in de hoek  $\psi$  (in graden) tussen de gekromde lijn van de bron naar de ontvanger en de gekromde lijn van de bron naar het zijscherm. De MBS-correctie in dit gebied wordt gegeven door:

$$\text{als } 0 < \psi/\xi \leq 1/2: \quad C_{mbs(B),i} = C_{mbs(C),i} + \left( \frac{2\psi}{\xi} \right) \left[ 5 + 2\xi \left( \frac{i}{8} \right) - C_{mbs(C),i} \right] \quad (10)$$

$$\text{als } 1/2 < \psi/\xi \leq 1: \quad C_{mbs(B),i} = 5 + 4\xi \left( 1 - \frac{\psi}{\xi} \right) \left( \frac{i}{8} \right) \quad (11)$$

$$\text{met } C_{mbs(B)} \leq 5 + 20 \left( \frac{i}{8} \right)$$

waarin i de octaafbandindex is.

#### Gebied C

De vaste waarde van de MBS-correctie voor alle waarneempunten in gebied C wordt berekend aan de hand van hoek  $\xi$  (in graden) tussen de twee lijnen die gebied B begrenzen. Hoek  $\xi$  wordt ter plaatse van de bron bepaald. De correctie wordt gegeven door:

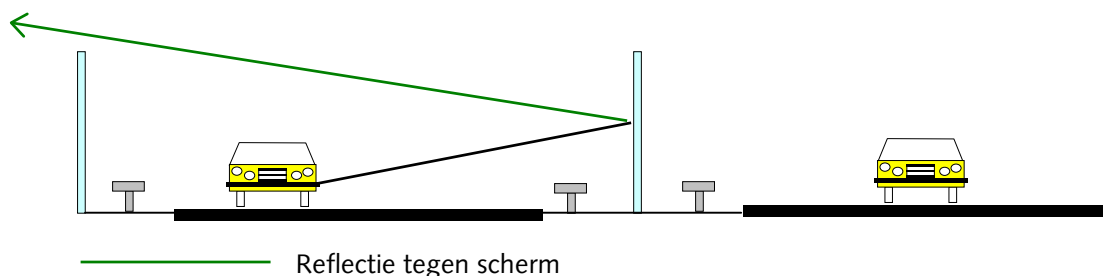
$$\text{als } \xi \leq 0: \quad C_{mbs(C)} = 5 + \frac{5\xi}{6} \quad \text{met } C_{mbs(C)} \geq 0 \quad (8)$$

$$\text{als } \xi > 0: \quad C_{mbs(C),i} = 5 + \frac{5\xi}{3} \left( \frac{i}{8} \right) \quad \text{met } C_{mbs(C),i} \leq 5 + 5 \left( \frac{i}{8} \right) \quad (9)$$

waarin i de octaafbandindex is.

### Meerdere reflecties

Bij de berekening moet rekening gehouden worden met het feit dat het scherm in de middenberm reflecties kan veroorzaken.



De absorptiecoëfficiënt van het middenbermscherm moet hiertoe in de invoergegevens worden vermeld. Als een middenbermscherm niet absorberend wordt uitgevoerd, kan dit betekenen dat door reflectie het totale akoestische effect uiteindelijk tegenvalt. In plaats van absorberende schermen kunnen ook reflecterende, hellende schermen worden geplaatst.

## Akoestische criteria middenbermscherm

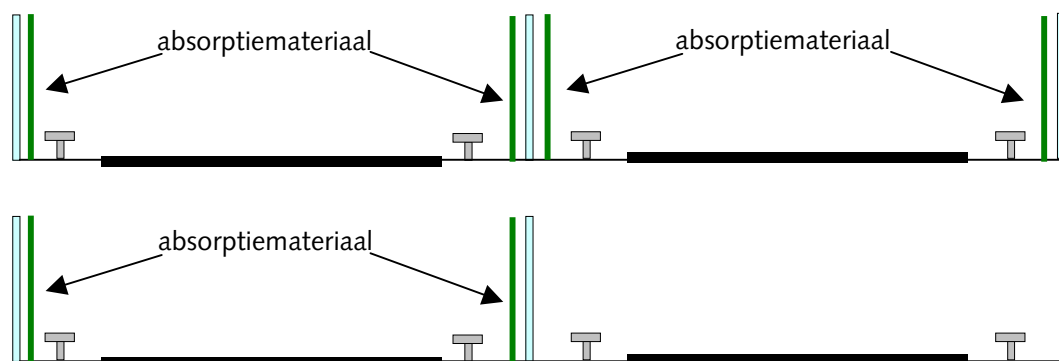
### Isolatie-criteria

Het middenbermscherm moet een geluidsisolatie hebben die tenminste voldoet aan de criteria die de GCW-2001<sup>7</sup> daaraan stelt.

### Absorptie-criteria

Het middenbermscherm moet een geluidsabsorptie hebben die tenminste voldoet aan de criteria die de GCW-2001<sup>5</sup> daaraan stelt.

Het hoeft niet altijd noodzakelijk te zijn alle aanwezige schermen absorberend uit te voeren. Dit is afhankelijk of slechts één zijde van de weg bescherming behoeft of beide zijden. In het geval dat beide zijden afscherming behoeven moeten alle schermen absorberend worden uitgevoerd (bovenste figuur).



Als slechts één zijde bescherming behoeft (in de onderste figuur aan de linker zijde van de weg) dan behoeft slechts het middenbermscherm aan de aangegeven kant absorberend te worden uitgevoerd.

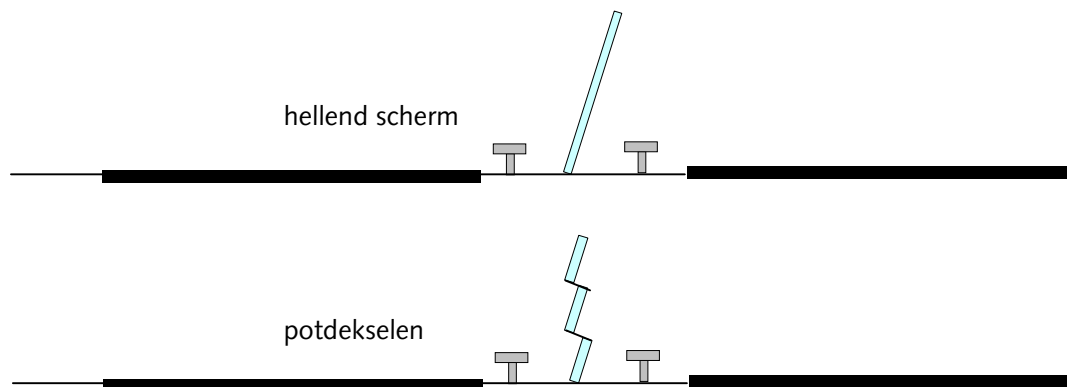
<sup>7</sup> Richtlijnen geluidbeperkende constructies langs wegen, GCW-2001, CROW publicatie 166

### Hellende schermen

Een alternatief voor een absorberend scherm kan een scherm zijn dat onder een hoek is geplaatst. Deze reflecterende, hellende schermen absorberen het geluid niet, maar reflecteren het geluid in een andere richting. Het akoestische effect van hellende schermen wordt beschreven in de richtlijn 'geluidsschermen langs autowegen' en is voor sommige situaties te berekenen met het softwarepakket Overhel<sup>8</sup>.

In de meeste gevallen zal in de middenberm uit ruimtegebrek geen plaats zijn voor hellende schermen. Door de panelen te 'potdekselen' kan hetzelfde effect verkregen worden.

Aan de afmetingen van de panelen worden in zo'n situatie de eis gesteld dat deze tenminste hoger zijn dan de golflengte van de voor het dB(A)-niveau bepalende frequentie. In de praktijk zal hieraan worden voldaan als die hoogte ca 1 meter is.



## Verkeersveiligheidsaspecten

### Keuze type middenbermscherm

Bij een toepassing in de middenberm kan worden gekozen tussen twee typen middenbermschermen:

- Conventioneel middenbermscherm: een geluidsscherm in de middenberm, eventueel achter een geleiderail of geleidebarrier. De functies 'verkeer geleiden' en 'geluid beperken' worden gescheiden.
- Geïntegreerd middenbermscherm (ook wel geluidsbarrier genoemd): een combinatie van een barrier en een geluidsscherm in de middenberm. De functies 'verkeer geleiden' en 'geluid beperken' worden geïntegreerd.

### Afschermen van de geluidsbeperkende constructie

Het plaatsen van de geluidsbeperkende constructie buiten de obstakelvrije zone leidt veelal tot grote, wellicht onaanvaardbare schermhoogtes. Per situatie moet worden afgewogen of de geluidsbeperkende constructie binnen of buiten de obstakelvrije zone wordt geplaatst. Geluidsbeperkende constructies die worden geplaatst binnen de obstakelvrije zone van de weg dienen te worden afgeschermd.

Voor de bepaling van de afmetingen van de obstakelvrije zone langs autosnelwegen wordt verwezen de 'Veilige inrichting van bermen' van de richtlijnen voor het ontwerpen

<sup>8</sup> Richtlijnen geluidsschermen langs autowegen, DWW-2003-086. In de richtlijn zit het softwareprogramma Overhel DWW-2003-087.

van autosnelwegen (ROA)<sup>9</sup>. Voor die langs overige wegen wordt verwezen naar het handboek 'Veilige inrichting van bermen langs niet-autosnelwegen'<sup>10</sup>.

In deze CROW-publicaties zijn tevens de typen geleideconstructies beschreven die kunnen worden toegepast met de bijbehorende afmetingen zoals de afstand tussen de geluidsbeperkende constructie en de afschermdende voorziening en de afstand van die voorziening tot de rand van de verharding.

#### Afscherming conventioneel scherm

Indien een conventioneel geluidsscherm moet worden afgeschermd met een geleiderail gaat de voorkeur uit naar een zo flexibel mogelijke constructie. Hoe flexibeler de constructie hoe kleiner de kans op letsel bij de inzittenden.

In situaties waarin - door ruimtegebrek - het standaard dwarsprofiel met een flexibele geleiderailconstructie niet kan worden gerealiseerd, kan een passende oplossing worden gevonden door het verkleinen van de uitbuigrimte en de bergingszone en door het verstijven van de geleiderail. Effecten van de verstijving van de geleiderailconstructie zijn dat grotere voertuigvertragingen (hogere letselkans voor inzittenden), grotere uitrijhoeken (terugkaatsen in de eigen verkeersstroom) en een toename van het kantelgevaar voor voertuigen met een hoog zwaartepunt optreden.

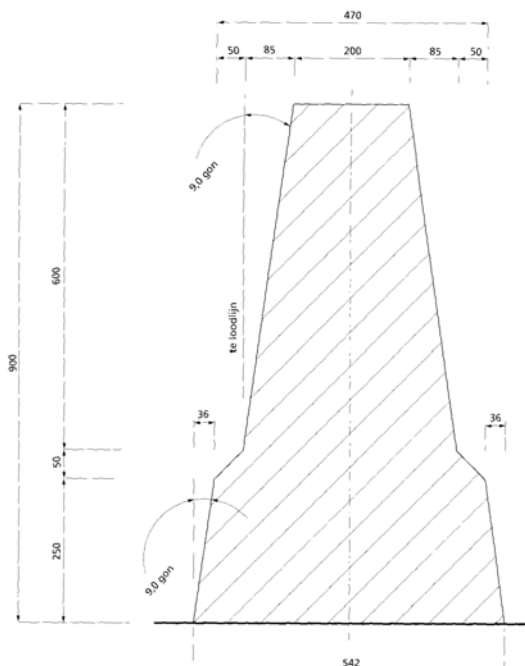
Als laatste optie kan voor een stijf cq. star type geleideconstructie, zoals een geleidebarrier worden gekozen.

De voorkeur zal in eerste instantie dus altijd dienen uit te gaan naar een conventioneel geluidsscherm, al dan niet achter een flexibele geleiderail. Slechts in gevallen waar dit wegens ruimtegebrek niet mogelijk is, kan een geïntegreerd geluidsscherm worden toegepast.

#### Geïntegreerd scherm (geluidsbarrier)

Indien voor een geïntegreerd geluidsscherm wordt gekozen, dient voor het geleidende gedeelte van de voorziening het STEP-profiel (zie figuur<sup>11</sup>) te worden aangehouden dat geldt voor geleidebarriers.

Daar het geleidende gedeelte van de geluidsbarrier als een afschermingsvoorziening moet worden beschouwd, zal dit deel van de barrier moeten voldoen aan de daaraan gestelde veiligheidsnormen. Zoals in de ROA-richtlijnen 'Veilige inrichting van bermen' nader is omschreven, zal de voorziening minimaal moeten voldoen aan het prestatieniveau H2 van de norm NEN-EN 1317.



<sup>9</sup> CROW-publicatie 'Veilige inrichting van bermen', mei 1999

<sup>10</sup> CROW-publicatie 202 'Veilige inrichting van bermen niet-autosnelwegen',

<sup>11</sup> CROW-publicatie 'Handboek Bermbeveiligingsvoorzieningen', september 2000, paragraaf 11.3.2



Deze voorzieningen zullen hierom full scale moeten zijn getest conform de eisen in deel 1 en 2 van deze norm.

Na een botsing mogen geen delen uit het scherm breken en steken die zich in het voertuig kunnen boren of waarachter een (deel van het) voertuig kan blijven haken.

#### Algemeen

In deze paragraaf wordt verder aandacht besteed aan overige aspecten waarmee rekening gehouden dient te worden bij de toepassing van een middenbermscherm. In het algemeen zullen deze aspecten moeten voldoen aan de eisen zoals aangegeven in de GCW 2001<sup>7</sup>.

#### *Zichtlengte*

Bij toepassing van schermen in de middenberm dient rekening gehouden te worden met voldoende zichtlengte. De vereiste zichtlengte is afhankelijk van de ontwerpsnelheid van de weg, de boogstraal van de weg en de afstand tussen de voorzieningen en de kantstreep. De ROA-richtlijn Alignement<sup>12</sup> geeft de benodigde zichtlengten voor de verschillende boogstralen. In het algemeen zullen bogen met  $R < 2000$  m bij 120 km/h en  $R < 800$  m bij 100 km/h geen problemen opleveren met betrekking tot de benodigde zichtlengten.

#### *Obstakelvrees*

Schermen in de middenberm staan veelal dicht op de weg en obstakelvrees is een van de aspecten waaraan tijdens het ontwerp aandacht moet worden besteed. Door obstakelvrees gaan mensen dicht naar het midden van de weg rijden waardoor de onderlinge afstanden tussen voertuigen wordt verkleind. De kans op ongelukken wordt hierdoor groter. Dit is te voorkomen door het scherm niet al te massief en transparant over te laten komen. Gebruik van lichte vormen en kleuren kan hierbij helpen.

#### *Calamiteiten*

Doorsteekmogelijkheden voor hulpdiensten kunnen noodzakelijk zijn als het middenbermscherm langer is dan ca. 3 km. In die gevallen moet om de ca. 1,5 km een doorsteek worden gemaakt waardoor auto's van hulpdiensten kunnen rijden zoals ambulances, brandweerwagens en sleepauto's. De afmetingen van de ruimte benodigd voor een doorsteek is ca 6 m lang en 4,5 m hoog. Bedacht moet worden dat ook de geleiderailconstructie die doorsteek mogelijk moet kunnen maken en dat ook hierin dus voorzieningen noodzakelijk zijn.

#### *Werk in uitvoering*

Voorzieningen in het tracé voor doorsteken ten behoeve van 4-0 of 3-1 systemen voor het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden zijn soms reeds bij de aanleg van een weg voorzien. Als het om een nieuw tracé gaat, is het raadzaam om het samenvallen van een middenbermscherm en een dergelijke doorsteek te vermijden. Als het om bestaande wegen gaat, dient de keuze te worden gemaakt of deze voorziening dient te blijven voortbestaan of dat in het geval dat zo'n voorziening nodig is elders een nieuwe mogelijkheid wordt gecreëerd. In het geval van een geluidsbarrier bestaan er mogelijkheden om deze doorsteken te handhaven. Per situatie zal echter naar een passende oplossing gezocht dienen te worden.

---

<sup>12</sup> Richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen (ROA): alignement, CROW, mei 1991

### Afwerking schermen

Geluidsschermen die buiten de obstakelvrije zone worden geplaatst en niet behoeven te worden afgeschermd moeten wel veilig zijn uitgevoerd. Dat wil zeggen dat de geluidsbeperkende constructie dient te bestaan uit een nagenoeg gladde wand waar een voertuig bij aanrijding niet achter kan blijven haken.

Ook is het raadzaam ervoor te zorgen dat geluidsschermen glad zijn uitgevoerd indien deze op of achter een geleideconstructie zijn geplaatst. Bij zeer zware aanrijding van de geleideconstructie kan ook het (geïntegreerde) geluidsscherm worden geraakt. In dat geval mogen ook geen onderdelen van het scherm afbreken die een gevaar zouden kunnen vormen voor het overige verkeer op de eigen rijbaan en dat op andere rijbanen.

In het geval van een middenbermscherm geldt deze eis voor beide zijden van het geluidsscherm.

## Windbelasting

### Bepaling van de windbelasting

De grootte van de windbelasting moet worden bepaald volgens NEN 6702:2001, artikel 8.6.1.3:

$$p_{\text{rep}} = C_{\text{dim}} \cdot C_{\text{index}} \cdot C_{\text{eq}} \cdot \phi_1 \cdot p_w$$

Waarin:

$p_{\text{rep}}$  is de windbelasting, in  $\text{kN/m}^2$ ;

$C_{\text{dim}}$  is een factor die de afmetingen van een bouwwerk in rekening brengt. Voor geluidbeperkende constructies geldt  $C_{\text{dim}} = 1$ ;

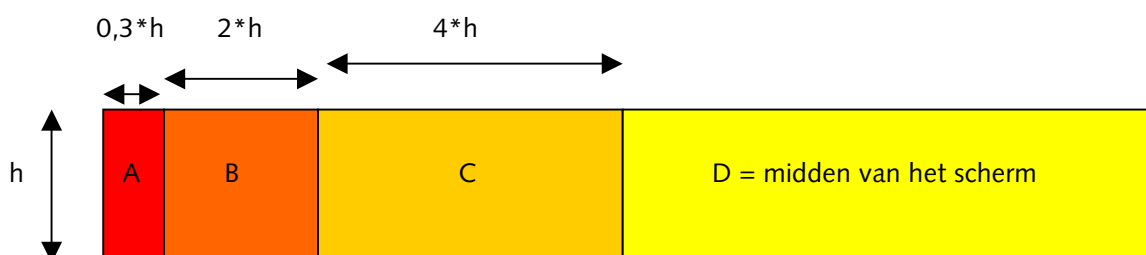
$C_{\text{index}}$  zijn de windvormfactoren. Deze worden verderop gegeven;

$C_{\text{eq}}$  is een drukvereffeningsfactor, voor geluidbeperkende constructies geldt  $C_{\text{eq}} = 1$ ;

$\phi_1$  is de vergrotingsfactor die de dynamische invloed van wind in de windrichting op het bouwwerk in rekening brengt. (zie ook GCW-2001<sup>2</sup>)

$p_w$  is de extreme waarde van de stuwdruk te bepalen volgens NEN 6702:2001, artikel 8.6.2, in  $\text{kN/m}^2$ .

Voor de bepaling van de windvormfactor wordt het geluidsscherm verdeeld in een aantal zones, conform EN-1991-1-4:2004. De zones A, B en C komen aan beide einden van het geluidsscherm voor, met zone A het dichtst bij de rand gelegen. Zone D is de 'middenzone' en betreft bij een geluidsscherm verreweg de grootste lengte van het scherm.



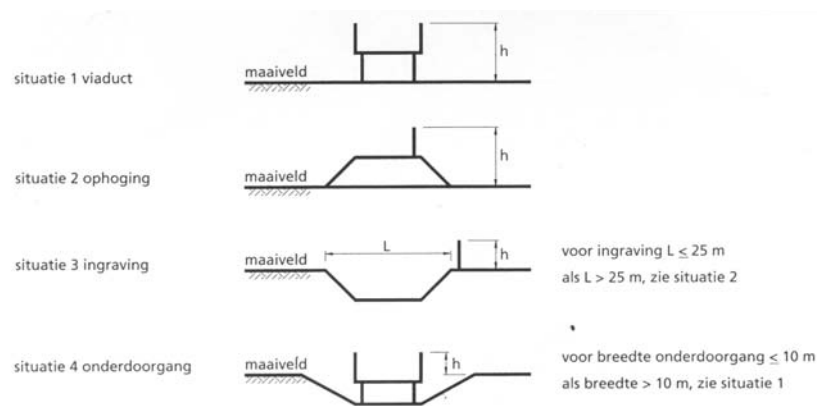
### Vormfactoren

Voor verticale geluidsschermen, voor geluidsschermen die onder een hoek met de verticaal zijn geplaatst, gelden de volgende waarden van de netto vormfactor op het geluidsscherm zelf per zone<sup>13</sup>:

| 1           | 2   | 3   | 4                                       |
|-------------|---|---|---|
| Schermmzone | $C_{index}$ voor<br><br>$a \leq \pm 5^{\circ}$ $a \geq -20^{\circ}$ | Toeslagen op $C_{index}$ voor<br><br>$5^{\circ} \leq a \leq 10^{\circ}$ | <br>$10^{\circ} \leq a \leq 20^{\circ}$ |
| A           | 3,4   | 0,1   | 0,2                                     |
| B           | 2,8   |   |   |
| C           | 1,7   |   |   |
| D           | 1,2   |   |   |

Voorwaarden voor toepassing van deze tabel zijn:

- De vormfactoren zijn netto waarden. Dit betekent dat de vormfactor de combinatie van de overdruk aan de windopwaartse kant en de onderdruk aan de windafwaartse kant in rekening brengt;
- De waarde voor de vormfactor voor een hellend scherm wordt bepaald door bij de waarde van een verticaal scherm de relevante toeslagen op te tellen;
- Een verticaal scherm is gedefinieerd als een scherm met een maximale hoek ten opzicht van de verticaal van 5 graden;
- Voor hellingshoeken tussen 5 en 10 graden, en voor hellingshoeken tussen 10 en 20 graden, mag rechtlijnig worden geïnterpoleerd;
- Voor schermen onder een hoek van meer dan 20 graden is deze tabel niet van toepassing. Hiervoor dient aanvullend onderzoek te worden uitgevoerd;
- Deze vormfactoren zijn van toepassing voor zowel onbegroeide als begroeide schermen, mits de begroeiing niet boven het scherm uit komt. Indien de begroeiing wel boven het scherm uitkomt dient gerekend te worden met een hoger scherm. Dit betekent het aanhouden van een hogere referentiehoogte. Dit kan betekenen dat de stuwdruk hoger wordt;
- Bij toepassing van schermen op viaducten of bruggen gelden dezelfde netto vormfactoren. Voor de referentiehoogte dient de hoogte ten opzichte van maaiveld onder viaduct of brug te worden aangehouden, zie figuur<sup>14</sup>;

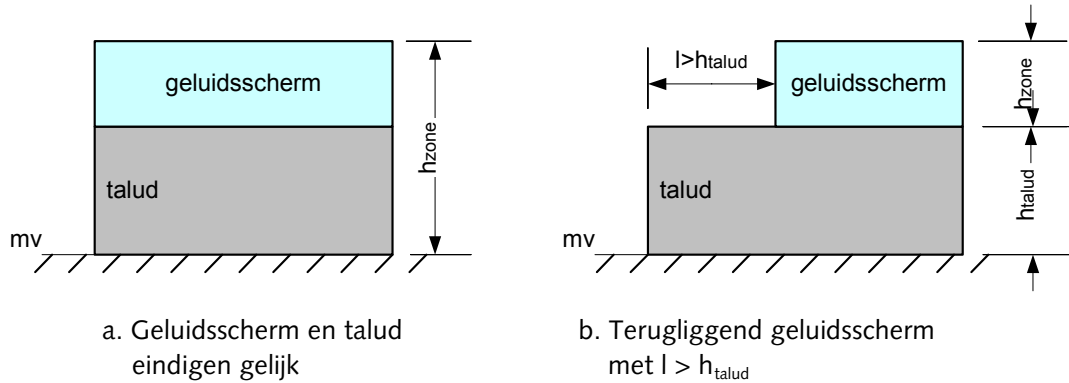


<sup>13</sup> De waarden in tabel 1 en tabel 2 zijn gebaseerd op windtunnelonderzoek aan geluidsschermen. De resultaten zijn gerapporteerd in TNO rapport 2006-D-R0010, d.d. 21 maart 2006.

<sup>14</sup> Bepaling referentiehoogte  $h$  ten opzichte van omringend maaiveld volgens TNO-Bouw rapport B-90-483, achtergronden van de windbelasting volgens NEN6702, bijlage A

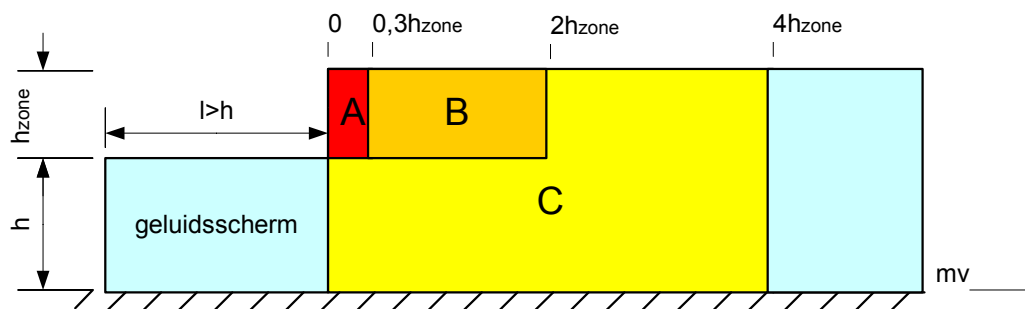
### Beëindigingen en overgangen

De afmetingen van de zones voor de schermbeëindigingen worden bepaald aan de hand van de werkelijke hoogte van het geluidsscherm en, indien van toepassing, de positie op het talud. De volgende situaties kunnen worden onderscheiden:



Als het geluidsscherm gelijk eindigt met het talud dan moet de totale hoogte van talud en geluidsscherm in rekening worden gebracht bij het bepalen van de zones. Indien het geluidsscherm terugligt en het horizontale vrije gedeelte groter is dan de hoogte van het talud, dan hoeft alleen gerekend te worden met de hoogte van het geluidsscherm.

De afmetingen van de zones A, B en C bij sprongen in de schermhoogtes worden gebaseerd op het hoogteverschil ter plaatse van de sprong:



Als de horizontale afmeting  $l$  tussen schermeinde en de sprong korter is dan de gereduceerde hoogte van het scherm  $h$  dan dient met de totale hoogte,  $h+h_{\text{zone}}$ , rekening gehouden te worden voor de zones. De hoogte van zones A en B ter plaatse van de sprong is gelijk aan de hoogte van de sprong. Zone C loopt over de gehele hoogte van het scherm door, zoals in de figuur is aangegeven.

- Indien het einde van het scherm afloopt volgens een helling die kleiner is dan  $h/l = 1/4$ , dan behoeven geen randzones A en B te worden aangehouden.
- Bij stapsgewijs aflopen van het scherm aan de uiteinden, moeten de principes van de figuur worden gehanteerd.



## Kosten

Toepassing van een middenbermscherm kan in een aantal situaties kosteneffectief zijn:

- Indien er aan beide zijden van de weg al schermen aanwezig zijn, is het plaatsen van een middenbermscherm een kosteneffectieve maatregel t.o.v.:
  - het ophogen van beide schermen; of
  - het vervangen van de schermen door hogere schermen als ophogen constructief niet mogelijk is.
- Indien er aan één zijde van de weg al een scherm aanwezig is, is het plaatsen van middenbermscherm een kosteneffectieve maatregel t.o.v. het vervangen van dit zijbermscherm door een hoger scherm als ophogen van dit scherm constructief niet mogelijk is.
- Indien er nog geen schermen aanwezig zijn en aan beide zijden een reductie nodig is van ongeveer 3 dB(A), is een middenbermscherm een kosteneffectieve maatregel t.o.v. een scherm aan beide zijden van de weg.

Om de kosteneffectiviteit van een middenbermscherm als geluidsmaatregel in een bepaalde situatie te kunnen bepalen, kan gebruik worden gemaakt van onderstaande (niet complete) gegevens (anno 2005):

- Een geluidsscherm kost gemiddeld € 492 per vierkante meter. Dit bedrag is inclusief 19% BTW en 20% RWS kosten.
- In het geval van een conventioneel middenbermscherm is een geleiderailconstructie aan beide zijden van het scherm nodig. Een geleiderailconstructie kost ca € 66,50 tot € 117 per meter, afhankelijk van de stijfheid van de constructie.
- Ervaring met sloopkosten van schermen is zeer beperkt, maar deze zullen afhankelijk zijn van het materiaal van het te verwijderen scherm. Op basis van een beperkt aantal gegevens, kunnen de sloopkosten worden ingeschat op ca € 250 per strekkende meter.
- Kosten voor het maken van doorsteken voor hulpdiensten (als het scherm langer is dan 3 kilometer en dan om de 1,5 km).
- Bij het plaatsen van een middenbermscherm zullen extra kosten t.o.v. het plaatsen van een zijbermscherm moeten worden gemaakt voor verkeersmaatregelen. Er moeten dan op beide rijbanen verkeersmaatregelen worden getroffen.
- Extra voorzieningen zijn nodig in het geval van middenbermschermen. Deze extra voorzieningen brengen kosten met zich mee:
  - Verlichting in de middenberm.
  - Oplossing voor riolering/afwatering.
  - Bebording.
  - Aangepaste oplossing ter hoogte van portaalpoten of onder viaducten
  - Doorsteek voor dieren. In het geval er geen zijbermschermen zijn, dan ondervinden de dieren het obstakel pas in de middenberm.