

Bijlage IV

Behorende bij hoofdstuk 4 Spoorweg van het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006

Bijlage 3 bij de Regeling van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 17 augustus 2009, nr. DGR/LOK 2009048714, houdende wijziging van het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006

versie augustus 2009

## INHOUD

<b>1</b>	<b>SPOORVOERTUIGCATEGORIEËN .....</b>	<b>4</b>
1.1	BEPALING SPOORVOERTUIGCATEGORIEËN .....	4
1.2	BESTAANDE SPOORVOERTUIGCATEGORIEËN .....	4
<b>2</b>	<b>HET DB-EMISSIEGETAL.....</b>	<b>7</b>
2.1	HET EMISSIEGETAL IN DB VAN EEN EMISSIETRAJECT .....	7
2.1.1	<i>Hoofdformule</i> .....	7
2.1.2	<i>Gegevens</i> .....	7
2.2	SNELHEDEN.....	9
<b>3</b>	<b>DE EMISSIEGETALLEN PER OCTAAFBAND .....</b>	<b>11</b>
3.1	BRONHOOGTEN .....	11
3.2	BOVENBOUW.....	11
3.3	GEGEVENS.....	12
3.4	BEREKENINGSWIJZE .....	12
3.5	EMISSIE VAN BETONNEN EN STALEN KUNSTWERKEN .....	20
3.5.1	<i>Betonnen kunstwerken</i> .....	20
3.5.2	<i>Stalen kunstwerken</i> .....	20
3.6	SNELHEDEN.....	21
<b>4</b>	<b>STANDAARDREKENMETHODE 1 (SRM1).....</b>	<b>22</b>
4.1	BEGRIPPEN .....	22
4.2	GEOMETRISCHE DEFINIËRING SITUATIE.....	23
4.3	TOEPASSINGSBEREIK METHODE.....	23
4.4	REKENMODEL.....	23
4.5	MODELLERING VAN DE SITUATIE.....	24
4.5.1	<i>Bronlijn</i> .....	24
4.5.2	<i>Reflecties</i> .....	24
4.5.3	<i>Waarneempunten</i> .....	24
4.6	REFLECTIETERM.....	24
4.7	AFSTANDSTERM .....	25
4.8	LUCHTABSORPTIE .....	25
4.9	BODEMEFFECTEN .....	25
4.10	METEOCORRECTIETERM .....	26
<b>5</b>	<b>STANDAARDREKENMETHODE 2 (SRM2).....</b>	<b>27</b>
5.1	BEGRIPPEN .....	27
5.2	DE HOOFDFORMULE .....	27
5.3	MODELLERING VAN DE SITUATIE.....	28
5.3.1	<i>Bronlijnen</i> .....	28
5.3.2	<i>Bodemgesteldheid</i> .....	29
5.3.3	<i>Hoogteverschillen in bodem</i> .....	29
5.3.4	<i>Standaard talud</i> .....	30
5.3.5	<i>Overwegen</i> .....	31
5.3.6	<i>Tunnelbakken</i> .....	31
5.3.7	<i>Geluidschermen en afscherpende objecten</i> .....	32
5.3.8	<i>Perrons</i> .....	33
5.3.9	<i>Kunstwerken</i> .....	33
5.3.10	<i>Geluidabsorberende uitvoering</i> .....	34
5.3.11	<i>Reflecties</i> .....	34
5.3.12	<i>Woningen en waarneempunten</i> .....	35
5.4	DE GEOMETRISCHE UITBREIDINGSTERM $\Delta L_{GU}$ .....	35

5.5	DE OVERDRACHTSVERZWAKKING $\Delta L_{OD}$ .....	36
5.5.1	<i>De luchtdemping <math>D_L</math></i> .....	36
5.5.2	<i>De bodemdemping <math>D_B</math></i> .....	36
5.5.3	<i>De meteocorrectieterm <math>C_M</math></i> .....	38
5.6	DE SCHERMWERKING $\Delta L_{SW}$ .....	39
5.7	BEPALING SPOORSPECIFIEKE ABSORPTIE.....	43
5.8	BEPALING SPOORSPECIFIEKE GELUIDISOLATIE.....	44
5.9	DE NIVEAUREDUCTIE TEN GEVOLGE VAN REFLECTIES $L_R$ .....	44
5.10	HET OCTAAFBANDSPECTRUM VAN HET EQUIVALENTE GELUIDNIVEAU .....	45
<b>6</b>	<b>MEETMETHODEN .....</b>	<b>46</b>
6.1	BEPALING OVERDRACHTSVERZWAKKING.....	46
6.2	METHODE VOOR METING EN MODELLERING VAN STALEN KUNSTWERKEN .....	46
6.2.1	<i>Inleiding</i> .....	46
6.2.2	<i>Meettechnische bepaling van de kunstwerktoeslag</i> .....	46
6.2.3	<i>Splitsing in rolgeluidtoename en kunstwerkgeluid</i> .....	48
6.2.4	<i>Modellering in SRM2</i> .....	49
6.2.5	<i>Schalen van de bronemissies</i> .....	50
6.3	METHODE IN BIJZONDERE OMSTANDIGHEDEN.....	50
6.4	APPARATUUR .....	50
6.5	METEOROLOGISCHE RANDVOORWAARDEN .....	51
6.6	DE MEETPLAATS.....	52
<b>7</b>	<b>EMISSIEREGISTER .....</b>	<b>54</b>
<b>8</b>	<b>TOELICHTING REKEN- EN MEETVOORSCHRIFT .....</b>	<b>56</b>
8.1	WIJZIGINGEN T.O.V. VERSIE DECEMBER 2006.....	56
8.2	SPOORVOERTUIGCATEGORIEËN .....	57
8.2.1	<i>Bepaling spoorvoertuigcategoriën</i> .....	57
8.3	EMISSIEGETALLEN (HOOFDSTUK 2 EN 3) .....	57
8.3.1	<i>Effect van akoestisch slijpen</i> .....	60
8.3.2	<i>Toeslag voor kunstwerken</i> .....	60
8.4	STANDAARDREKENMETHODE 1 (HOOFDSTUK 4) .....	60
8.5	STANDAARDREKENMETHODE 2 (HOOFDSTUK 5) .....	62
8.6	MEETMETHODE (HOOFDSTUK 6).....	68
8.7	GEBRUIK EMISSIEREGISTER (HOOFDSTUK 7) .....	73

## **1 Spoorvoertuigcategorieën**

### **1.1 Bepaling spoorvoertuigcategorieën**

De emissiekenmerken van een spoorvoertuig of van een spoorwegconstructie dienen middels metingen te worden bepaald. Voor vrijwel alle van het Nederlandse net gebruikmakende spoorvoertuigen is dit al gebeurd en zijn de kenmerken vastgelegd in de vorm van emissiekentallen. In hoofdstuk 2 van dit voorschrift zijn deze vermeld als dB-waarden, terwijl in hoofdstuk 3 deze zijn opgenomen voor de octaafbanden. Van een groot aantal in Nederland gebruikte types bovenbouw zijn eveneens de kenmerken reeds bepaald en opgenomen in dit voorschrift in hoofdstuk 2 en 3.

Indien de emissie van spoorvoertuigen en/of van spoorwegconstructies gemeten moeten worden, dan dient gebruik gemaakt te worden van de emissiemeetmethoden, zoals beschreven in de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006, in het vervolg aangeduid als TR. Van deze TR kan worden afgeweken indien aannemelijk wordt gemaakt dat die werkwijze in de betreffende situatie ten minste gelijkwaardig is aan de in de TR beschreven methoden. In deze regeling zijn 3 methoden beschreven:

- Via de eenvoudige procedure (TR Procedure A) kan worden vastgesteld of een spoorvoertuig behoort tot een categorie waarvoor de kenmerken al bepaald zijn.
- Middels een wat bewerkelijker procedure (TR Procedure B ) kunnen rechtstreeks de emissiekentallen worden vastgesteld.
- Via een aparte procedure (TR Procedure C) kunnen de correctietermen voor nieuwe types bovenbouw bepaald worden.

### **1.2 Bestaande spoorvoertuigcategorieën**

Van de in deze paragraaf met name genoemde spoorvoertuigtypen in de categorieën 1 tot en met 11 zijn de emissiekenmerken in het verleden vastgesteld. Deze indeling is gebaseerd op type aandrijving en remsysteem. Bij wijzigingen aan deze spoorvoertuigtypen, danwel het beschikbaar komen van nieuwe spoorvoertuigtypen gelden de volgende regels:

- Als er een modificatie van een bestaand spoorvoertuigtype (met ander typenummer etc.) plaats heeft waarbij het type aandrijving en het type remsysteem niet wijzigt, dan wordt dit type in dezelfde spoorvoertuigcategorie ingedeeld als waarin het voor de modificatie geplaatst was.
- Als het aandrijf- en/of remsysteem wel gewijzigd is, dan wordt procedure A van de TR gehanteerd om te toetsen of het in de gewenste spoorvoertuigcategorie ingedeeld kan worden.
- Als het met procedure A niet lukt om het in de gewenste spoorvoertuigcategorie in te delen, dan kan met procedure A het type ingedeeld worden in een andere spoorvoertuigcategorie (die er dan het dichtst bij komt) of kan met procedure B het type ingemeten worden. Door wijziging van deze bijlage kunnen de nieuwe emissiekenmerken worden opgenomen in een nieuw toe te voegen categorie.

De spoorvoertuigen die op de Nederlandse spoorweginfrastructuur rijden, zijn ingedeeld in de volgende elf spoorvoertuigcategorieën, op grond van het type aandrijving en het wielremsysteem:

**Spoorvoertuigcategorie 1: blokgeremd reizigersmaterieel**

- Elektrisch reizigersmaterieel met uitsluitend gietijzeren blokremmen met de bijbehorende locomotieven: treinstellen van materieel '64.

**Spoorvoertuigcategorie 2: schijf+blokgeremd reizigersmaterieel**

- Elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde gietijzeren blokremmen: het intercitymaterieel van het type ICM-III, ICR en DDM-1.

**Spoorvoertuigcategorie 3: schijf+blokgeremd elektrisch materieel**

- Elektrisch reizigersmaterieel met uitsluitend schijfremmen en met motorgeluid: het stadsgewestelijk materieel (SGM-II/III);
- Elektrische locomotieven, zoals de series 1600, 1700 en 1800;
- Elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde alternatieve (LL-) blokremmen: bijvoorbeeld het intercitymaterieel van het type ICR;
- De Utrechtse sneltram.

**Spoorvoertuigcategorie 4: goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen**

- Alle typen goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen.

**Spoorvoertuigcategorie 5: blokgeremd dieselmaterieel**

- Deselelektrisch reizigersmaterieel met uitsluitend blokremmen met de bijbehorende locomotieven: de treinstellen van het type DE-I/II/III;
- Deselelektrische locomotieven, behalve de DE-6400.

**Spoorvoertuigcategorie 6: schijfgeremd dieselmaterieel**

- Dieselhydraulisch reizigersmaterieel met uitsluitend schijfremmen en met motorgeluid: de Wadloper (DH), de Buffel (DM'90)
- De deselelektrische locomotief DE-6400

**Spoorvoertuigcategorie 7: schijfgeremd metro- en sneltrammaterieel**

- Metro- en sneltrammaterieel van de GVB en de RET

**Spoorvoertuigcategorie 8: schijfgeremd reizigersmaterieel**

- Elektrisch reizigersmaterieel met uitsluitend schijfremmen: de typen ICM-IV, vIRM-IV/VI, DDM-2/3, ICK, SLT, Protos, GTW-EMU
- Deselelektrisch lightrailmaterieel: De Lint, Talent, GTW-DMU

**Spoorvoertuigcategorie 9: schijf+blokgeremd hogesnelheidsmaterieel**

- Elektrisch hogesnelheidsmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde blokremmen op de motorwagens: de treinstellen van het type Thalys;
- Elektrisch hogesnelheidsmaterieel van het type ICE-3.

**Spoorvoertuigcategorie 10: lightrailmaterieel**

- Lightrailmaterieel van het type A32 en de Regio Citadis;
- Andere typen schijf en/of magneetgeremd lightrailmaterieel met de volgende kenmerken: aslast kleiner dan 10 ton, geveerde wielen met een doorsnede kleiner dan 700 mm, afscherming van wielen en rails door lage vloer en vergelijkbare asdichtheid als A32 materieel (een tramstel van de A32 bestaat uit 2 bakken van elk 14,85 m lengte).

**Spoorvoertuigcategorie 11: goederenmaterieel met alternatieve blokremmen (K- of LL-blokken)**

- Alle typen goederenmaterieel met alternatieve (K- of LL-) blokremmen.

Een eenheid van een bepaalde spoorvoertuigcategorie is bepalend voor de geluidemissie. Bij spoorvoertuigen zonder eigen voortbewegingsinrichting worden de locomotief en de rijtuigen of wagens alle aangemerkt als eenheden. Bij treinstellen dienen alle samenstellende delen te worden opgevat als eenheden. Een uitzondering daarop zijn metro/sneltramstellen van categorie 7: scharnierende stellen met 3 drie draaistellen zijn 1 eenheid.

## 2 Het dB-emissiegetal

### 2.1 Het emissiegetal in dB van een emissietraject

#### 2.1.1 Hoofdformule

De berekening verloopt als volgt:

$$(2.1) \quad E = 10 \lg \sum_{c=1}^y 10^{E_{nr,c}/10} + \sum_{c=1}^y 10^{E_{r,c}/10}$$

waarbij:

$E_{nr,c}$  = per spoorvoertuigcategorie voor niet-remmende spoorvoertuigen,

$E_{r,c}$  = de emissie-term voor remmende spoorvoertuigen,

$c$  = categorie

$y$  = totaal aantal aanwezige categorieën

De emissie-termen per spoorvoertuigcategorie worden bepaald uit:

$$(2.2a) \quad E_{nr,c} = a_c + b_c \lg v_c + 10 \lg Q_c + C_{b,c}$$

$$(2.2b) \quad E_{r,c} = a_{r,c} + b_{r,c} \lg v_c + 10 \lg Q_{r,c} + C_{b,c}$$

De waarden van de emissiekentallen  $a_c$ ,  $b_c$ ,  $a_{r,c}$  en  $b_{r,c}$  zijn gegeven in tabel 2.1.

#### 2.1.2 Gegevens

Voor de berekening van het emissiegetal zijn de volgende gegevens nodig:

$Q_c$  het gemiddelde aantal eenheden per uur van niet-remmende spoorvoertuigen van de betreffende spoorvoertuigcategorie [ $\text{h}^{-1}$ ];

$Q_{r,c}$  het gemiddelde aantal eenheden per uur van remmende spoorvoertuigen van de betreffende spoorvoertuigcategorie [ $\text{h}^{-1}$ ];

$v_c$  de gemiddelde snelheid van de spoorvoertuigen [ $\text{km h}^{-1}$ ];

$b$  het type bovenbouwconstructie [-].

Spoorvoertuigen worden als remmend beschouwd als het remsysteem is ingeschakeld.

Bij de bepaling van het emissiegetal  $E$  wordt gebruik gemaakt van de in paragraaf 1.2 gegeven indeling in spoorvoertuigcategorieën, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen remmende en niet-remmende spoorvoertuigen. Voor materieeltypes die hierin niet zijn opgenomen worden de emissiekentallen bepaald op grond van meetresultaten volgens TR (procedure A) of TR (procedure B).

Tevens worden de volgende typen bovenbouwconstructies onderscheiden :

- baan op betonnen mono- of duoblok dwarsliggers in ballastbed (index  $b = 1$ );
- baan op houten of zigzag betonnen dwarsliggers in ballastbed (index  $b = 2$ );

- baan met ballastbed met niet doorgelaste spoorstaven of onderbroken door maximaal twee niet voegloze wissels binnen 50 m (index  $b = 3$ );
- baan met blokkenspoor (index  $b=4$ );
- baan met blokkenspoor en ballastbed (index  $b=5$ );
- baan met regelbare spoorstaafbevestiging (index  $b = 6$ );
- baan met regelbare spoorstaafbevestiging en ballastbed (index  $b=7$ );
- baan met ingegoten spoorstaaf (index  $b=8$ );
- baan met directe railbevestiging op een onderheide betonplaat voor metro- en sneltrammaterieel (index  $b=9$ );
- baan bij overweg.

$C_{b,c}$  geeft hierin het verschil aan tussen de emissie van een spoorvoertuig rijdend op een baan met betonnen dwarsliggers en een spoorvoertuig op een andere bovenbouwconstructie onder overigens gelijke omstandigheden. Niet genoemde types bovenbouw worden ingedeeld bij  $b=3$ , tenzij metingen aan deze bovenbouw zijn uitgevoerd volgens TR (procedure C).

De waarde van  $C_{b,c}$  volgt uit tabel 2.2. Voor **overwegen** volgt de waarde van  $C_{b,c}$  door 2 dB op te tellen bij de waarde volgens tabel 2.2 voor het type bovenbouwconstructie voor en na de overweg. Zijn deze verschillend, dan geldt de constructie met de hoogste  $C_{b,c}$ .

tabel 2.1 Emissiekentallen  $a_c$  en  $b_c$  voor niet-remmende spoorvoertuigen en  $a_{r,c}$  en  $b_{r,c}$  voor remmende spoorvoertuigen als functie van de spoorvoertuigcategorie  $c$ .

categorie	$a_c$	$b_c$	$a_{r,c}$	$b_{r,c}$
1	14,9	23,6	16,4	25,3
2	18,8	22,3	19,6	23,9
3	20,5	19,6	20,5	19,6
4	24,3	20,0	23,8	22,4
5	46,0	10,0	47,0	10,0
6	20,5	19,6	20,5	19,6
7	18,0	22,0	18,0	22,0
8	25,7	16,1	25,7	16,1
9 ( $v \leq 160$ )	40,6	7,5	40,6	7,5
9 ( $v > 160$ )	22,0	18,3	22,0	18,3
10	17,1	19,4	21,2	17,3
11	20,5	19,6	20,5	19,6



tabel 2.2 Correctieterm  $C_{b,c}$  als functie van de spoorvoertuigcategorie  $c$  en bovenbouwconstructie / baangesteldheid  $b$ .

$c$	$b = 1$	$b = 2$	$b = 3$	$b = 4$	$b = 5$	$b = 6$	$b = 7$	$b = 8$	$b = 9$
1	0	2	4	6	3	*)	0	2	0
2	0	2	5	7	5	*)	0	3	0
3	0	1	3	5	2	*)	0	2	0
4	0	2	5	7	4	*)	0	2	0
5	0	1	2	4	4	*)	0	2	0
6	0	1	3	5	2	*)	0	2	0
7	0	1	*)	*)	*)	*)	*)	*)	7
8	0	2	4	6	3	*)	0	2	0
9	0	2	4	7	5	*)	0	3	0
10	0	2	4	7	5	*)	0	3	0
11	0	2	3	5	2	*)	0	2	0

\*) : gegeven niet bekend; indien nodig vaststellen m.b.v. methode TR C

tabel 2.3 Toe te passen bovenbouwcorrecties bij verschillende typen betonnen kunstwerken.

type kunstwerk	type bovenbouw op het kunstwerk	code b: getallen verwijzen naar tabel 2.2
TT- en kokerliggerbrug	regelbare bevestiging	4
plaat- en trogbrug	dwarsliggers in ballastbed (resp betonnen of houten)	1 of 2
	regelbare bevestiging	4
	regelbare bevestiging volgestort met ballast	7
plaatbrug	blokkenspoor	4
	blokkenspoor volgestort met ballast	5
	ingegoten spoorstaaf	8

## 2.2 Snelheden

De emissie kan worden bepaald volgens dit hoofdstuk voor snelheden vanaf 40 km/h en met een maximum per spoorvoertuigcategorie zoals gegeven in tabel 2.4. Voor nieuw ingemeten materieel volgens TR geldt als maximale snelheid het maximum dat bij de metingen is meegenomen.

tabel 2.4 *Maximale rekensnelheden per spoorvoertuigcategorie.*

categorie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
maximale rekensnelheid [km/h]	140	160	160	100	140	120	100	160	300	100	100

Voor spoorvoertuigen die niet zijn vermeld in een van de categorieën van paragraaf 1.2, geldt het maximum dat bij betreffend spoorvoertuig hoort volgens de specificaties van de fabrikant.

### 3 De emissiegetallen per octaafband

#### 3.1 Bronhoogten

De bepaling van de emissiegetallen per octaafband vindt plaats op 5 verschillende bronhoogten, te weten:

- op de hoogte van de bovenkant van het spoor (het emissiegetal  $L_E^{bs}$ );
- een hoogte van 0,5 m boven de bovenkant van het spoor (het emissiegetal  $L_E^{as}$ ).
- een hoogte van 2,0 m boven de bovenkant van het spoor (het emissiegetal  $L_E^{2m}$ ).
- een hoogte van 4,0 m boven de bovenkant van het spoor (het emissiegetal  $L_E^{4m}$ ).
- een hoogte van 5,0 m boven de bovenkant van het spoor (het emissiegetal  $L_E^{5m}$ ).

Niet alle categorieën spoorvoertuigen hebben -dominante- emissies op alle bronhoogten. Met name de hogesnelheidstreinen hebben belangrijke hooggelegen bronnen. Bij spoorvoertuigen die zijn ontworpen voor een lagere maximum snelheid kan de bijdrage van hoger gesitueerde bronnen veelal op 0 worden gesteld.

#### 3.2 Bovenbouw

Bij de bepaling van de emissiegetallen per bronhoogte wordt gebruik gemaakt van de in hoofdstuk 1 gegeven indeling in spoorvoertuigcategorieën. Voor de hierin niet opgenomen spoorvoertuigtypes worden metingen verricht volgens TR procedure A of B. Tevens wordt het emissietraject als volgt getypeerd naar bovenbouwconstructie en baangesteldheid:

- baan op betonnen mono- of duoblok dwarsliggers in ballastbed (index  $bb = 1$ );
- baan op houten of zigzag betonnen dwarsliggers in ballastbed (index  $bb = 2$ );
- baan met ballastbed met niet-doorgelaste spoorstaven, spoorstaafonderbreking of wissels (index  $bb = 3$ );
- baan met blokkenspoor (index  $bb=4$ );
- baan met blokkenspoor en ballastbed (index  $bb=5$ );
- baan met regelbare spoorstaafbevestiging (index  $bb = 6$ );
- baan met regelbare spoorstaafbevestiging en ballastbed (index  $bb=7$ );
- baan met ingegoten spoorstaaf (index  $bb=8$ );
- baan met directe railbevestiging op een onderheide betonplaat voor metro- en sneltrammaterieel (index  $b=9$ );
- baan bij overweg.

Bij de bepaling van de emissiegetallen wordt eveneens onderscheid gemaakt naar de mate van voorkomen van spoorstaafonderbrekingen op het betreffende emissietraject volgens de indeling:

- voegloze spoorstaaf (doorgelast) met of zonder voegloze wissels en kruisingen (index  $m = 1$ );
- niet doorgelaste spoorstaaf (=voegenspoorstaaf) of 1 individuele wissel ( $m = 2$ );

- niet voegloze wissels of kruisingen, 2 per 100 meter ( $m = 3$ ).
- meer dan 2 wissels per 100 meter ( $m=4$ )

### 3.3 Gegevens

Voor de berekening van de emissiegetallen per octaafband zijn de volgende gegevens nodig:

- $Q_c$  het gemiddelde aantal eenheden van niet-remmende spoorvoertuigen van de betreffende spoorvoertuigcategorie [ $h^{-1}$ ];
- $Q_{r,c}$  het gemiddelde aantal eenheden van remmende spoorvoertuigen van de betreffende spoorvoertuigcategorie [ $h^{-1}$ ];
- $v_c$  de gemiddelde snelheid van de niet remmende passerende spoorvoertuigen [ $kmh^{-1}$ ];
- $v_{r,c}$  de gemiddelde snelheid van remmend passerende spoorvoertuigen [ $kmh^{-1}$ ];
- $bb$  het type bovenbouwconstructie/baangesteldheid [-];
- $m$  aanduiding van de mate van voorkomen van spoorstaafonderbrekingen [-];
- $n$  het aantal wissels of kruisingen op het betreffende emissietraject [-];
- $a$  de lengte van het betreffende emissietraject, minimaal gelijk aan de lengte van de wissel of kruising [m].

Spoorvoertuigen worden als remmend beschouwd als het remsysteem is ingeschakeld.

### 3.4 Berekeningswijze

De berekening verloopt als volgt:

$$(3.1a) \quad L_{E,i}^{bs} = 10 \lg \left( \sum_{c=1}^{11} 10^{E_{bs,nr,i,c}/10} + \sum_{c=1}^{11} 10^{E_{bs,r,i,c}/10} \right)$$

$$(3.1b) \quad L_{E,i}^{as} = 10 \lg \left( \sum_{c=1}^{11} 10^{E_{as,nr,i,c}/10} + \sum_{c=1}^{11} 10^{E_{as,r,i,c}/10} + \sum_{c=1}^{11} 10^{E_{rem,as,i,c}/10} + 10^{E_{motor,i}/10} + 10^{E_{diesel,i}/10} \right)$$

$$(3.1c) \quad L_{E,i}^{2m} = 10 \lg \left( 10^{E_{2m,i,c}/10} \right)$$

$$(3.1d) \quad L_{E,i}^{4m} = 10 \lg \left( 10^{E_{4m,i,c}/10} \right)$$

$$(3.1e) \quad L_{E,i}^{5m} = 10 \lg \left( 10^{E_{5m,i,c}/10} \right)$$

Voor categorie 1, 2, 3, 6, 7, 8 en tevens voor 9 ( $v \leq 160$ ), is

$$\begin{aligned} E_{bs,nr,i,c} &= E_{nr,i,c} - 1 \\ E_{bs,r,i,c} &= E_{r,i,c} - 1; \\ E_{as,nr,i,c} &= E_{nr,i,c} - 7; \\ E_{as,r,i,c} &= E_{r,i,c} - 7; \end{aligned}$$

Voor categorie 4, 5 en 11 is

$$\begin{aligned} E_{bs,nr,i,c} &= E_{nr,i,c} - 3 \\ E_{bs,r,i,c} &= E_{r,i,c} - 3 \\ E_{as,nr,i,c} &= E_{nr,i,c} - 3 \\ E_{as,r,i,c} &= E_{r,i,c} - 3 \end{aligned}$$

Voor categorie 9 ( $v > 160$ ) is

$$\begin{aligned} E_{as,r,i,c} &= E_{r,i,9-as} \\ E_{as,nr,i,c} &= E_{nr,i,9-as} \\ E_{2m,i,c} &= E_{i,9-2m} \\ E_{4m,i,c} &= E_{i,9-4m} \\ E_{5m,i,c} &= E_{i,9-5m} \end{aligned}$$

Voor categorie 10 is

$$\begin{aligned} E_{bs,r,i,c} &= E_{r,i,10-bs} \\ E_{bs,nr,i,c} &= E_{nr,i,10-bs} \\ E_{as,r,i,c} &= E_{r,i,10-as} \\ E_{as,nr,i,c} &= E_{nr,i,10-as} \end{aligned}$$

met:

$$(3.2a) \quad E_{nr,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_c + 10 \lg Q_c + C_{bb,i,m,c}$$

$$(3.2b) \quad E_{r,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{r,c} + 10 \lg Q_{r,c} + C_{bb,i,m,c}$$

$$(3.2c) \quad E_{rem,as,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{r,c} + 10 \lg Q_{r,c} + C_{rem,i,c}$$

$$(3.2d) \quad E_{diesel,i} = 10 \lg(10^{(a_{diesel,i} + b_{diesel,i} \lg v_5 + 10 \lg Q_5)/10} + 10^{(a_{diesel,i} + b_{diesel,i} \lg v_{r,5} + 10 \lg Q_{r,c})/10})$$

voor  $c=3$  en  $c=6$

$$(3.2e) \quad E_{motor,i,c} = 10 \lg(10^{(a_{motor,i,c} + b_{motor,i} \lg v_c + 10 \lg Q_c)/10} + 10^{(a_{motor,i} + b_{motor,i} \lg v_{r,c} + 10 \lg Q_{r,c})/10})$$

$$(3.2 f) \quad E_{9-2m,i} = 10 \lg(10^{(a_{9-2m,i} + b_{9-2m,i} \lg v_9 + 10 \lg Q_9)/10} + 10^{(a_{9-2m,i} + b_{9-2m,i} \lg v_{r,9} + 10 \lg Q_{r,9})/10})$$

$$(3.2g) \quad E_{9-4m,i} = 10 \lg(10^{(a_{9-4m,i} + b_{9-4m,i} \lg v_9 + 10 \lg Q_9)/10} + 10^{(a_{9-4m,i} + b_{9-4m,i} \lg v_{r,9} + 10 \lg Q_{r,9})/10})$$

$$(3.2h) \quad E_{9-5m,i} = 10 \lg(10^{(a_{9-5m,i} + b_{9-5m,i} \lg v_9 + 10 \lg Q_9)/10} + 10^{(a_{9-5m,i} + b_{9-5m,i} \lg v_{r,9} + 10 \lg Q_{r,9})/10})$$

De waarden van de emissiekentallen a en b zijn gegeven in tabellen tabel 3.1 en tabel 3.2.

*tabel 3.1 Emissiekentallen a<sub>c</sub> en b<sub>c</sub> als functie van spoorvoertuigcategorie c=1 t/m 11 en octaafband (i). Voor categorie c=9 gelden deze kentallen alleen voor v≤160. Zie tabel 3.2 voor de kentallen van categorie c=9 bij v>160.*

categorie	kental	octaafband i met middenfrequentie in [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k Hz
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	a	20	55	86	86	46	33	40	29
	b	19	8	0	3	26	32	25	24
2	a	51	76	91	84	46	15	24	36
	b	5	0	0	7	26	41	33	20
3	a, v<60	54	50	66	86	68	68	45	39
	v≥60	36	15	66	68	51	51	27	21
	b, v<60	0	10	10	0	10	10	20	20
	v≥60	10	30	10	10	20	20	30	30
3 motor	a, v<60	72	88	85	51	62	54	25	15
	v≥60	72	35	50	68	9	71	7	-3
	b, v<60	-10	-10	0	20	10	20	30	30
	v≥60	-10	20	20	10	40	10	40	40
4	a	30	74	91	72	49	36	52	52
	b	15	0	0	12	25	31	20	13
5	a, v<60	41	90	89	76	59	58	51	40
	v≥60	41	72	89	94	76	58	51	40
	b, v<60	10	-10	0	10	20	20	20	20
	v≥60	10	0	0	0	10	20	20	20
5 diesel	a	88	95	107	113	109	104	98	91
	b	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
6	a, v<60	54	50	66	86	68	68	45	39
	v≥60	36	15	66	68	51	51	27	21
	b, v<60	0	10	10	0	10	10	20	20
	v≥60	10	30	10	10	20	20	30	30
6 motor	a, v<60	72	88	85	51	62	54	25	15
	v≥60	72	35	50	68	9	71	7	-3
	b, v<60	-10	-10	0	20	10	20	30	30
	v≥60	-10	20	20	10	40	10	40	40
7	a	56	62	53	57	37	36	41	38
	b	2	7	18	18	31	30	25	23

8	<i>a</i>	31	62	87	81	55	35	39	35
	<i>b</i>	15	5	0	6	19	28	23	19
9, $v \leq 160$	<i>a</i>	35	68	87	93	66	66	78	45
	<i>b</i>	12	1	-3	-3	12	12	3	16
10-bs	<i>a</i>	7	50	62	69	42	43	30	14
	<i>b</i>	20	10	9	8	24	23	25	28
10-as	<i>a</i>	25	78	51	39	29	26	25	18
	<i>b</i>	13	-8	9	20	25	29	31	28
11	<i>a</i>	57	30	59	71	45	66	22	18
	<i>b</i>	0	24	16	10	24	14	34	32

tabel 3.2 Emissiekentallen  $a_c$  en  $b_c$  voor motorwagens en getrokken / geduwde eenheden van spoorvoertuigen uit categorie  $c=9$ , op trajecten waar meer dan 160 km/u wordt gereden, per bronhoogte en octaafband (*i*).

categorie	kental	octaafband <i>i</i> met middenfrequentie in [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k Hz
		1	2	3	4	5	6	7	8
motorwagen									
9-as	<i>a</i>	7	14	57	52	57	66	47	71
	<i>b</i>	27	28	12	18	18	15	21	5
9-2m	<i>a</i>	9	10	1	41	8	17	0	23
	<i>b</i>	26	28	36	22	37	34	39	24
9-4m	<i>a</i>	5	11	13	56	-27	-19	-37	-12
	<i>b</i>	27	28	31	15	50	47	53	36
9-5m	<i>a</i>	11	18	28	28	-50	-41	-84	-34
	<i>b</i>	25	26	25	25	59	56	73	45
getrokken / geduwde eenheden									
9-as	<i>a</i>	3	10	57	50	53	62	43	67
	<i>b</i>	27	28	12	18	18	15	21	5
9-2m	<i>a</i>	3	10	57	46	47	55	37	61
	<i>b</i>	27	28	12	18	18	15	21	5
9-4m	<i>a</i>	1	8	54	40	40	49	30	54
	<i>b</i>	27	28	12	18	18	15	21	5
9-5m	<i>a</i>	3	10	54	0	0	0	0	0
	<i>b</i>	27	28	12	0	0	0	0	0

Opmerking: Een enkele Thalys/TGV bestaat uit twee motorwagens en 8 getrokken/geduwde eenheden. Zie ook toelichting.

$C_{rem,i,c}$  wordt bepaald volgens tabel 3.3.

tabel 3.3 De remgeluid-correctieterm  $C_{rem,i,c}$  als functie van de spoorvoertuigcategorie ( $c$ ) en octaafband ( $i$ ).

octaafband $i$	$C_{rem,i,c}$				
	$c = 1, 4, 5$	$c = 2$	$c = 7$	$c = 3, 6, 8, 9, 11$	$c = 10$
1	-20	-20	-8	-20	2
2	-20	-20	-7	-20	-1
3	-20	-20	-20	-20	0
4	-2	0	-20	-20	2
5	2	1	-20	-20	5
6	3	2	-20	-20	4
7	8	5	-20	-20	4
8	9	5	-5	-20	3

De bovenbouwcorrectieterm  $C_{bb,i,m,c}$  brengt het effect van verschillende baanconstructies in rekening. Daarbij is een spoorruwheid zoals gemiddeld in Nederland optreedt het uitgangspunt. Indien, in het geval van voegloze spoorstaven, langere tijd sprake is van een spoorruwheid die daar sterk van afwijkt kan het geluideffect hiervan in de berekening van de bovenbouwcorrectieterm verwerkt worden. Dan wordt formule 3.3d gebruikt voor bepaling van de bovenbouwcorrectieterm. Indien ervoor gekozen wordt niet te corrigeren voor een eventueel lokaal afwijkende spoorruwheid geldt:

$$(3.3a) \quad C_{bb,i,m,c} = C_{bb,i,m}$$

en

$$(3.3b) \quad C_{bb,i,m} = C_{bb,i} \text{ voor } m=1$$

en

$$(3.3c) \quad C_{bb,i,m} = C_{3,i} + 10 \lg(1 + f_m A_i) \text{ voor } m=2, 3 \text{ of } 4$$

De waarden voor  $C_{bb,i}$ ,  $f_m$  en  $A_i$  zijn in onderstaande tabellen opgenomen:



tabel 3.4 Waarden voor de factor  $f_m$  (als  $m$  ongelijk is aan 1).

omschrijving	$m$	$f_m$
voegenspoor	2	1/30
1 individuele wissel	2	1/30
2 wissels per 100 meter	3	6/100
meer dan 2 wissels per 100 meter (emplacement)	4	8/100

$A_i$  volgt uit tabel 3.6.

tabel 3.5 Correctieterm  $C_{bb,i}$  als functie van bovenbouwconstructie/baangesteldheid ( $bb$ ) en octaafband ( $i$ ).

Octaafband $i$	$C_{bb,i}$								
	$bb = 1$	$bb = 2$	$bb = 3$	$bb = 4$	$bb = 5$	$bb = 6$	$bb = 7$	$bb = 8$	$bb = 9$
1	0	1	1	6	6	*)	6	5	7
2	0	1	3	8	8	*)	1	4	2
3	0	1	3	7	8	*)	0	3	1
4	0	5	7	10	9	*)	0	6	4
5	0	2	4	8	2	*)	0	2	7
6	0	1	2	5	1	*)	0	1	9
7	0	1	3	4	1	*)	0	0	5
8	0	1	4	0	1	*)	0	0	1

\*) : gegeven niet bekend; indien nodig vaststellen m.b.v. methode TR C

tabel 3.6 Kental voor stootgeluidemissie  $A_i$  als functie van octaafband ( $i$ ).

Octaafband $i$	$A_i$
1	3
2	40
3	20
4	3
5, 6, 7, 8	0

De extra geluidemissie van ruwe spoorstaven of de geluidreductie door gladdere spoorstaven wordt voor de bestaande spoorvoertuigcategorieën verwerkt door het verschil in de energetische som van wiel- en spoorruwheid in de bovenbouwcorrectieterm te verwerken. Deze methodiek geldt alleen voor voegloze spoorstaven ( $m=1$ ). Deze term is daarmee afhankelijk van de snelheid ( $v$ ) en de spoorvoertuigcategorie ( $c$ ).

Voor  $m=1$  geldt dat  $C_{bb,i,m,c}$  voor de verschillende spoorvoertuigcategorieën wordt berekend volgens:

$$(3.3d) \quad C_{bb,i,m,c} = C_{bb,i,m} + L_{i,rtr,feitelijk}(v) \oplus L_{i,rveh,c}(v) - L_{i,rtr,nl}(v) \oplus L_{i,rveh,c}(v)$$

met:

$C_{bb,i,m}$  volgt uit formule (3.3b)

$L_{i,rtr,nl}(v)$  de gemiddelde spoorstaafruwheid in Nederland, volgens TR paragraaf 3.2

$L_{i,rtr,feitelijk}(v)$  de lokale spoorruwheid van de spoorstaven waar de berekeningen worden uitgevoerd

$L_{i,rveh,c}(v)$  de wielruwheid van de diverse spoorvoertuigcategorieën, volgens tabel 3.7

Het symbool  $\oplus$  staat voor energetische sommatie ( $x \oplus y = 10 \lg (10^{x/10} + 10^{y/10})$ )

Voor de spoorvoertuigcategorieën uit dit voorschrift geldt het volgende verband tussen remsysteem en spoorvoertuigcategorie:

categorie 1, 4, 5 en de motorwagens van categorie 9: gietijzeren blokkenrem;

categorie 2: schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem;

categorie 3 (exclusief het elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde alternatieve (LL-) blokremmen), 6, 7, 8, 10 en getrokken eenheden van categorie 9: schijfrem;

categorie 3 (alleen het elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde alternatieve (LL-) blokremmen): schijfrem + toegevoegde alternatieve blokkenrem;

categorie 11: alleen alternatieve blokkenrem.

Voor nieuwe spoorvoertuigen die worden ingemeten volgens TR procedure B volgt de gemiddelde wielruwheid uit de metingen.

De wiel- en spoorruwheden dienen in octaafbanden te zijn uitgedrukt. Als deze in tertsbanden zijn gegeven, wordt formule 2.13 uit TR procedure B toegepast om deze om te zetten.

tabel 3.7 Gegevens voor de bepaling van de wielruwheid, afhankelijk van het type remsysteem als functie van de golf lengte.

Golf- lengte (cm)	Wielruwheid in afhankelijkheid van remsysteem				
	alleen schijf- rem	alleen gietijzeren blokkenrem	alleen alternatieve blokkenrem	schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem	schijfrem + toegevoegde alternatieve blokkenrem
20,2	8	5	*)	11	-3
16	7	6	*)	11	-4
12,7	7	7	*)	12	-3
10,1	6	9	*)	13	-2
8	6	11	*)	14	-1
6,3	3	13	*)	16	-2
5	1	12	*)	15	-1
4	-1	10	*)	12	-2
3,2	-2	8	*)	11	-2
2,5	-3	6	*)	10	-3
2	-3	5	*)	6	-3
1,6	-4	0	*)	3	-3
1,3	-4	-1	*)	-2	-4
1	-5	-1	*)	-5	-5
0,8	-7	-3	*)	-7	-7

\* gegevens niet bekend; indien nodig vaststellen m.b.v. methode TR B

Voor tertsbanden buiten het golflengtegebied van de tabel wordt de wielruwheid bepaald door uitgaande van de dichtst bijliggende tertsband van de tabel de ruwheid in de naastgelegen tertsband steeds met 1 dB te verminderen.

De spoorruwheid  $L_{\text{rr}}$  van de meetlocatie wordt gemeten in 1/3-octaven volgens de procedures omschreven in NEN-EN-ISO 3095:2005 (zie TR paragraaf 2.4.1). De spoorruwheid wordt dan op representatieve locaties gemeten en in het model verwerkt. Deze meetlocaties zijn verdeeld over het gehele spoorweggedeelte dat in het model wordt opgenomen. De meetgegevens zijn onderdeel van de rapportage van het akoestische onderzoek.

In veel situaties waarin overwogen wordt plaatselijk een extra lage spoorruwheid aan te brengen en te onderhouden is het ten tijde van het akoestisch onderzoek nog niet mogelijk de spoorruwheid door meting vast te stellen omdat deze pas aangebracht wordt nadat geluidprocedures doorlopen zijn. In dat geval dient aangetoond te worden dat de lage spoorruwheid waarmee gerekend wordt, in de praktijk te maken en te onderhouden is.

Maatgevend daarbij is dat per spoorvoertuigcategorie de op basis van de verwachte lage spoorruwheid berekende geluidreductie, gemiddeld over de tijdsperiode tussen twee slijpbeurten en over het betreffende spoorweggedeelte bezien, ook in werkelijkheid optreedt. Bovendien dienen lokale afwijkingen voorkomen te worden als die gemiddeld over de tijdsperiode tussen twee slijpbeurten leiden tot een 1 dB lagere geluidreductie dan berekend was. De middelingen over de tijd en over het spoorweggedeelte zijn lineaire middelingen.

Indien emissiegegevens volgens TR procedure B beschikbaar zijn inclusief effectieve ruwheden en overdrachten van het te berekenen spoorweggedeelte en spoorvoertuig, dan hoeft de  $C_{bb,i,m}$  term niet te worden gebruikt.

### 3.5 Emissie van betonnen en stalen kunstwerken

#### 3.5.1 Betonnen kunstwerken

Bij betonnen kunstwerken en de daarop toegepaste bovenbouwconstructie is de emissie ten gevolge van het rolgeluid én van de geluiduitstraling door het kunstwerk zelf verwerkt in de betreffende bovenbouwcorrectie (tabel 2.2 en tabel 3.5). Bij toepassing van schermen op het kunstwerk wordt hierdoor het effect van de schermen bij lage frequenties overschat. Deze modellering is daarom slechts toelaatbaar voor schermen met een maximum hoogte van 2 m boven de bovenkant van het spoor. Voor hogere schermen is nader akoestisch onderzoek noodzakelijk.

De toe te passen bovenbouwcorrecties voor verschillende typen betonnen kunstwerken is gegeven in tabel 3.8.

tabel 3.8 *Toe te passen bovenbouwcorrecties bij verschillende typen betonnen kunstwerken. De cijfers in de tabel verwijzen naar de codes van tabel 3.5.*

type kunstwerk	type bovenbouw op het kunstwerk	code bb	code b
TT- en kokerliggerbrug	regelbare bevestiging	4	4
	dwarsslagers in ballastbed (resp. betonnen of houten )	1 of 2	1 of 2
plaat- en trogbrug	regelbare bevestiging	4	4
	regelbare bevestiging volgestort met ballast	7	7
plaatbrug	blokkenspoor	4	4
	blokkenspoor volgestort met ballast	5	5
	ingegoten spoorstaaf	8	8

#### 3.5.2 Stalen kunstwerken

Bij stalen kunstwerken en de daarop toegepaste bovenbouwconstructie is de emissie ten gevolge van het rolgeluid verwerkt in de betreffende bovenbouwcorrectie (tabel 2.2 en tabel 3.5). De emissie ten gevolge van de geluiduitstraling door het kunstwerk zelf wordt verwerkt door de emissieterm  $E$  met de brugtoeslag  $L_{E,brug}$  te verhogen. Bij toepassing van schermen op het kunstwerk zou hierdoor het effect van de schermen sterk worden overschat. De berekening van het effect van schermen op stalen kunstwerken is daarom niet toegestaan, voor een brug met schermen dient apart een brugtoeslag te worden bepaald hetzij volgens de methode beschreven in paragraaf 6.2 hetzij via de methode beschreven in TR procedure B paragraaf 2.4.

### **3.6 Snelheden**

De emissie kan worden bepaald volgens dit hoofdstuk voor snelheden van tenminste 40 km/h en met een maximum per spoorvoertuigcategorie zoals gegeven in tabel 2.4 (paragraaf 2.2).

## 4 Standaardrekenmethode 1 (SRM1)

### 4.1 Begrippen

*Waarneempunt:*

Het punt waarvoor het equivalente geluidsniveau in dB, het  $L_{Aeq}$ , bepaald moet worden; als deze bepaling dient ter vaststelling van de geluidsbelasting van een gevel dan ligt dit punt in het betreffende gevelvlak.

*Bronlijn:*

Lijn gelegen in het midden van het spoor op 0,25 m boven de bovenkant van de spoorstaven, die de plaats van de geluidsafstraling van de spoorvoertuigen representeert.

*Begrenzingslijnen:*

De begrenzingen van de voor de geluidimmissie meest bepalende omgeving van het waarneempunt (zie *figuur 4.1*).

*Hoogte van de bovenkant van het spoor:*

De hoogte van de bovenkant van het spoor ten opzichte van het plaatselijk maaiveld (symbool  $h_{bs}$ ).

*Hoogte van de waarnemer:*

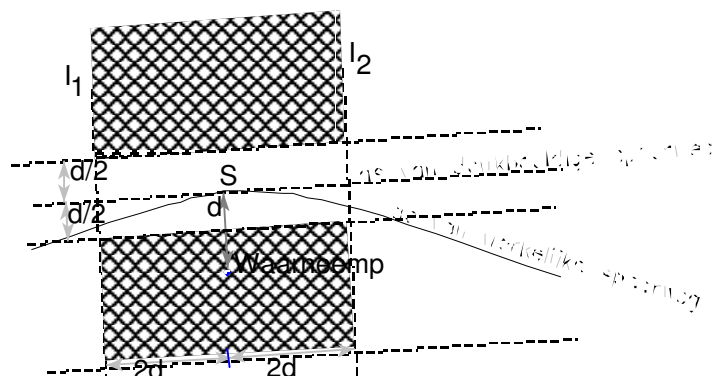
De hoogte van de waarnemer ten opzichte van het plaatselijk maaiveld (symbool  $h_w$ ).

*Afstand tot bronlijn:*

De kortste afstand tussen het waarneempunt en de bronlijn (symbool  $r$ ).

*Horizontale afstand tot bronlijn:*

De kortste horizontale afstand tussen een (waarneem)punt en de bronlijn (symbool  $d$ , eventueel met indices).



*figuur 4.1* Horizontale projectie van het aandachtsgebied, dat ten behoeve van de toetsing aan de toepassingsvoorwaarden wordt gedefinieerd.

## 4.2 Geometrische definiëring situatie

Vanuit de waarnemer W wordt de kortste verbindinglijn naar de as van het spoor getrokken (de lengte van WS is  $d$ ). Op afstanden  $2d$  vanuit W liggen evenwijdig aan WS de begrenzinglijnen  $I_1$  en  $I_2$ . De lijn door S loodrecht op WS, representeert de as van het denkbeeldige spoor (die het model is van de werkelijke spoorweg).

## 4.3 Toepassingsbereik methode

De Standaardrekenmethode 1 is gebaseerd op een vereenvoudiging van de situatie, waardoor ten aanzien van het toepassingsbereik van de methode de volgende voorwaarden gelden voor het aandachtsgebied tussen de begrenzinglijnen  $I_1$  en  $I_2$ .

- de as van de werkelijke spoorweg mag één van de in figuur 4.1 aangegeven gearceerde gebieden niet doorsnijden;
- het zicht vanuit de waarnemer op de spoorweg mag niet worden belemmerd over een hoek van meer dan  $30^\circ$ ;
- als de spoorweg bestaat uit meer dan één emissietraject, dienen de emissiegetallen van die emissietrajecten onderling niet meer dan 10 dB te verschillen;
- de afstand ( $d$ ) van het waarneempunt tot de as van de spoorweg dient tenminste anderhalf maal de afstand tussen de buitenste spoorstaven van de spoorweg te bedragen;
- binnen het aandachtsgebied mogen zich in de spoorweg geen kunstwerken bevinden en geen hoogteverschillen optreden van meer dan drie meter ten opzichte van de gemiddelde hoogte.

Er wordt geen rekening gehouden met afschermende objecten en bebouwing tussen de spoorweg en het waarneempunt.

## 4.4 Rekenmodel

Het equivalente geluidsniveau  $L_{Aeq}$  in dB vanwege het spoorwegverkeer wordt gevonden uit:

$$(4.1) \quad L_{Aeq} = E_s + C_{reflectie} - D_{afstand} - D_{lucht} - D_{bodem} - D_{meteo}$$

met

$C_{reflectie}$	correctieterm in verband met eventuele reflecties tegen bebouwing of andere verticale vlakken;
$D_{afstand}$	verzwakkingsterm, afhankelijk van de afstand;
$D_{lucht}$	verzwakkingsterm ten gevolge van de luchtabSORPTIE;
$D_{bodem}$	verzwakkingsterm ten gevolge van het bodemeffect;
$D_{meteo}$	meteocorrectieterm;
$E_s$	het samengestelde emissiegetal bepaald volgens:

$$(4.2) \quad E_s = 10 \lg \frac{1}{127} \sum_{i=1}^n \Phi_i 10^{E_i/10}$$

waarin:

- $E_i$  het emissiegetal van emissietraject  $i$  zoals bepaald volgens hoofdstuk 2;
- $\phi_i$  de hoek waaronder het emissietraject  $i$  vanuit het waarneempunt wordt gezien (in graden);
- $n$  het aantal emissietrajecten binnen het aandachtsgebied.

## 4.5 Modelling van de situatie

### 4.5.1 Bronlijn

Bij het modelleren van geometrische gegevens is het uitgangspunt voor verticale maten de bovenkant van de spoorstaven (BS) en voor horizontale maten het midden van het spoor. De lijn die op het midden van het spoor loopt op een hoogte van 0,25 m boven de bovenkant van de spoorstaven (BS) is in de modellering de bronlijn.

### 4.5.2 Reflecties

De reflectieterm wordt in rekening gebracht voor vlakken die zich ten opzichte van het waarneempunt aan de overzijde van de spoorweg bevinden, als voor deze vlakken geldt dat:

- deze akoestisch hard zijn;
- deze verticaal en ongeveer evenwijdig aan de spoorweg staan;
- deze hoger zijn dan de hoogte van de waarnemer  $h_w$ ;
- de horizontale afstand ( $d_r$ ) daarvan tot de bronlijn kleiner is dan 100 m en tevens kleiner dan viermaal de horizontale afstand ( $d_w$ ) van het waarneempunt tot de bronlijn.

### 4.5.3 Waarneempunten

Waarneempunten voor gebouwen dienen tenminste te worden gekozen ter hoogte van de eerste verdieping (dit is een hoogte van 5 m boven plaatselijk maaiveld) en bij woongebouwen met drie of meer woonlagen ter hoogte van de bovenste verdieping (dit is 1 m onder de nok van het gebouw). Daarnaast kan voor de begane grond, en voor de beoordeling van het buitenklimaat een waarneempunt op 1,5 m boven plaatselijk maaiveld worden gekozen.

## 4.6 Reflectieterm

De reflectieterm  $C_{reflectie}$  wordt als volgt berekend:

$$(4.3) \quad C_{reflectie} = f_{obj}$$

waarbij:



$f_{obj}$  de objectfractie. De objectfractie is binnen een afstand van  $4(d_r + d_w)$ , evenwijdig aan de spoorweg en symmetrisch ten opzichte van het waarneempunt, de totale lengte waarover aan de overzijde van de spoorweg de geluidreflecterende vlakken zich uitstrekken ten opzichte van deze afstand van  $4(d_r + d_w)$ .

$d_r$  de horizontale afstand tussen het reflecterende object en de bronlijn;

$d_w$  de horizontale afstand tussen het waarneempunt en de bronlijn.

#### 4.7 Afstandsterm

De afstandsterm  $D_{afstand}$  wordt berekend volgens:

$$(4.4) \quad D_{afstand} = 10 \lg r$$

waarbij:

$r$  de kortste afstand tussen het waarneempunt en de betreffende bronlijn.

#### 4.8 Luchtabsorptie

De luchtabsorptieterm  $D_{lucht}$  wordt als volgt berekend:

$$(4.5) \quad D_{lucht} = 0,016r^{0,9}$$

waarbij:

$r$  de kortste afstand tussen het waarneempunt en de betreffende bronlijn.

#### 4.9 Bodemeffecten

$D_{bodem}$  wordt als volgt berekend:

$$(4.6) \quad D_{bodem} = 3B^{0,5} (1 - e^{-0,03r}) (1,25e^{-0,75(0,6h_{bs} + 0,5)} + e^{-0,9h_w}) + 1,6B - 1,8 - 3(1 - B) \left( 1 - e^{\frac{-0,01r}{h_w + 0,6h_{bs} + 0,4}} \right)$$

waarbij:

$B$  de bodemfactor, het gedeelte van de bodem tussen bron en waarneempunt dat niet verhard is.

De bodemfactor is het gedeelte van de horizontale projectie van de verbindinglijn tussen het waarneempunt en het hart van het spoor dat boven een niet verharde bodem ligt. Als niet verharde bodem gelden: ballastbed, grasland, landbouwgrond met of zonder gewas, zandvlakten en bodem zonder vegetatie.

#### 4.10 Meteocorrectieterm

De meteocorrectieterm  $D_{meteo}$  wordt als volgt berekend:

$$(4.7) \quad D_{meteo} = 3,5 \left( 1 - e^{-0,04 \frac{r}{h_w + 0,6h_{bs} + 0,5} - 5} \right)$$

Als op grond van formule 4.6 een negatieve waarde voor  $D_{meteo}$  wordt bepaald, wordt voor  $D_{meteo}$  de waarde nul aangehouden.

## 5 Standaardrekenmethode 2 (SRM2)

### 5.1 Begrippen

*Waarneempunt:*

Het punt waarvoor het equivalente geluidsniveau in dB, het  $L_{Aeq}$ , bepaald moet worden; als deze bepaling dient ter vaststelling van de geluidbelasting van een gevel dan ligt dit punt in het betreffende gevelvlak.

*Sector:*

De ruimte begrenst door twee verticale half-vlakken waarvan de grenslijnen samenvallen met de verticaal door het waarneempunt.

*Sectorvlak:*

Het bissectricevlak van de twee grensvlakken van een sector.

*Openingshoek van een sector:*

De hoek tussen de begrenzingvlakken van een sector in het horizontale vlak.

*Totale openingshoek:*

De som van de openingshoeken van alle sectoren die voor het bepalen van het equivalente geluidsniveau in dB van belang zijn.

*Zichthoek:*

De hoek waaronder een object (gevel, scherm, baanvak etc.) in horizontale projectie wordt gezien vanuit het waarneempunt.

*Bronlijn:*

De lijn gelegen boven het hart van het spoor op een bepaalde hoogte boven de bovenkant van het spoor (BS), die de plaats van de geluidsafstraling representeert; afhankelijk van het type materieel worden twee tot vier bronlijnen onderscheiden.

*Bronlijnsegment:*

De rechte verbindingslijn tussen de snijpunten van een bronlijn met de grensvlakken van een sector.

*Bronpunt:*

Het snijpunt van een sectorvlak met een bronlijnsegment.

### 5.2 De hoofdformule

Het equivalent geluidniveau in dB, het  $L_{Aeq}$ , wordt als volgt berekend:

$$(5.1a) \quad L_{Aeq} = 10 \lg \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N 10^{AL_{eq,i,j,n}/10}$$

Waarbij  $L_{eq,i,j,n}$  de bijdrage is aan het  $L_{Aeq}$  in één octaafband (index  $i$ ), van één sector (index  $j$ ) en van één bronpunt (index  $n$ ).

$\Delta L_{eq,i,j,n}$  wordt samengesteld uit de volgende termen:

$$(5.1b) \quad L_{eq,i,j,n} = L_E + \Delta L_{GU} - \Delta L_{OD} - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58,6$$

waarin:

$L_{E...}$  de emissiegetallen per bronhoogte en per octaafband, als bepaald volgens hoofdstuk 2;

$\Delta L_{GU}$  de geometrische uitbreidingsterm (paragraaf 5.4)

$\Delta L_{OD}$  de overdrachtsverzwakking (paragraaf 5.5)

$\Delta L_{SW}$  de schermwerking, indien van toepassing (paragraaf 5.6)

$\Delta L_R$  de niveaureductie ten gevolge van reflecties, indien van toepassing (paragraaf 5.9)

Er wordt gesommeerd over de octaafbanden met de nominale middenfrequenties 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 en 8000 Hz.

De sectorindeling dient zodanig te zijn dat de geometrie en de spoorgegevens in een sector goed worden beschreven met de geometrie en de spoorgegevens in het sectorvlak. Ter wille van een goede beschrijving van de geluidemissie kan per sector slechts één emissietraject aanwezig zijn. Bij discontinuïteiten in de geometrie (hoeken van gebouwen, uiteinden van schermen en dergelijke) en in de verkeersgegevens (bij verandering van het emissiegetal) wordt dan een kleinere sectorhoek toegepast. De maximale openingshoek van een sector bedraagt  $5^\circ$ , de minimale openingshoek  $0,5^\circ$ .

Bij de sectorindeling kan ook worden uitgegaan van een vaste openingshoek van  $2^\circ$ .

Het aantal bronpunten,  $N$ , binnen een sector wordt bepaald door het aantal malen dat het betreffende sectorvlak een bronlijn (segment) snijdt.

## 5.3 Modelling van de situatie

### 5.3.1 Bronlijnen

Bij het modelleren van geometrische gegevens is het uitgangspunt voor verticale maten de bovenkant van het spoor (BS) en voor horizontale maten het hart het spoor. De lijnen die op het hart van het spoor lopen met verschillende hoogten boven de bovenkant van het spoor (BS) zijn in de modellering de bronlijnen. Voor spoorvoertuigcategoriën 1 t.m. 8 zijn er twee bronlijnen op 0 cm en op 50 cm boven de bovenkant van het spoor (BS). Voor spoorvoertuigcategorie 9 zijn er vier bronlijnen op 0,5 m, 2,0 m, 4,0 m en 5,0 m boven de bovenkant van het spoor (BS).

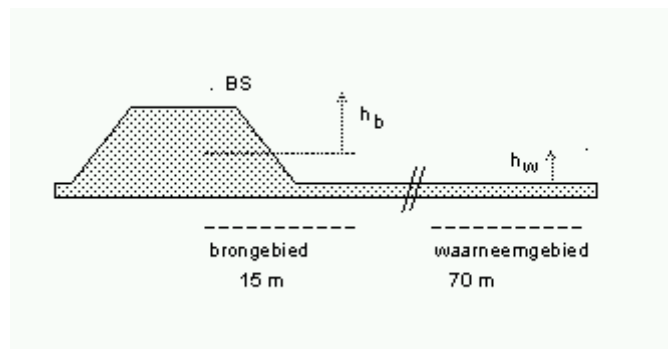
De spoorweg wordt bij voorkeur opgebouwd uit emissietrajecten in stappen die niet kleiner zijn dan 100 m. Indien bij bogen, geluidsschermen en andere bijzondere situaties deze stap te groot is om essentiële kenmerken van de geometrie tot zijn recht te laten komen, kunnen kleinere stappen worden gekozen.

### 5.3.2 Bodemgesteldheid

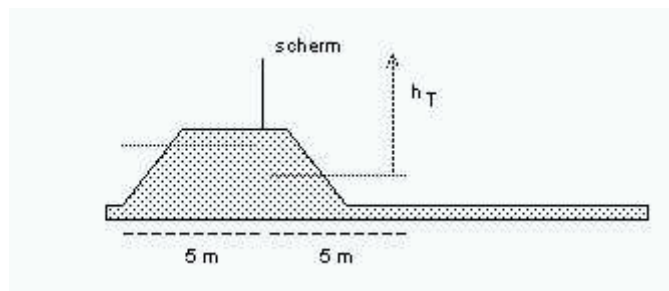
De bodemgesteldheid wordt verdeeld in twee groepen, akoestisch hard en niet hard. Onder akoestisch hard ( $B=0$ ) wordt verstaan: klinkers, asfalt, beton, andere bodemverhardingen, wateroppervlakken en dergelijke. Als akoestisch niet hard ( $B=1$ ) gelden: ballastbed, grasland, landbouwgrond met of zonder gewas, zandvlakten, bodem zonder vegetatie etc.

### 5.3.3 Hoogteverschillen in bodem

De hoogte van bronnen, objecten en waarneempunten zijn gedefinieerd ten opzichte van de gemiddelde hoogte van het plaatselijk maaiveld. Deze gemiddelde hoogte wordt bepaald uit de doorsnede in het beschouwde sectorvlak als een (oppervlakte) gemiddelde over een aangegeven horizontale afstand. Zo geldt voor de bron de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied en voor een scherm de gemiddelde maaiveldhoogte binnen 5 m vanaf het equivalente scherm. In figuur 5.1 en figuur 5.2 is dit geïllustreerd.

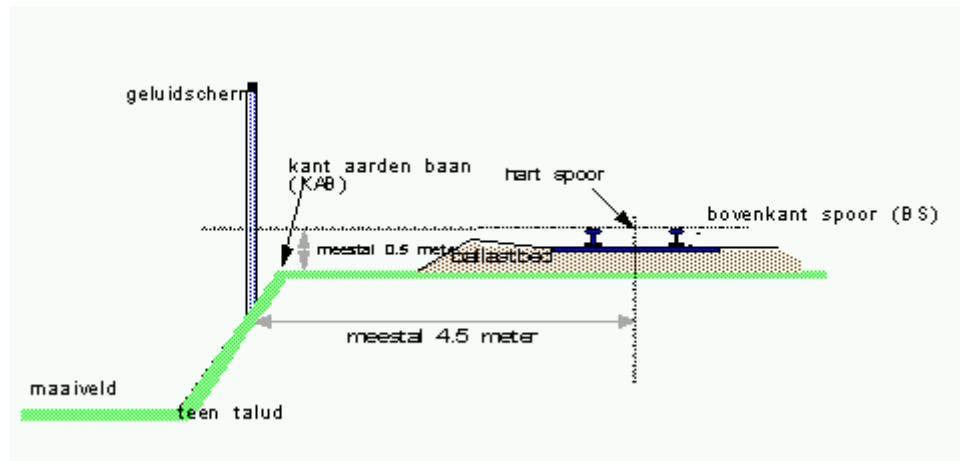


figuur 5.1 Hoogten t.o.v. gemiddeld plaatselijk maaiveld. Door de verhoogde baan ligt het gemiddelde maaiveld in het brongebied iets boven het maaiveld naast het talud.



figuur 5.2 Scherm op een verhoogde baan; het gemiddelde maaiveld links is wat lager dan de bovenzijde en rechts wat hoger dan naast het talud. De situatie rechts is bepalend voor  $h_T$ .

### 5.3.4 Standaard talud

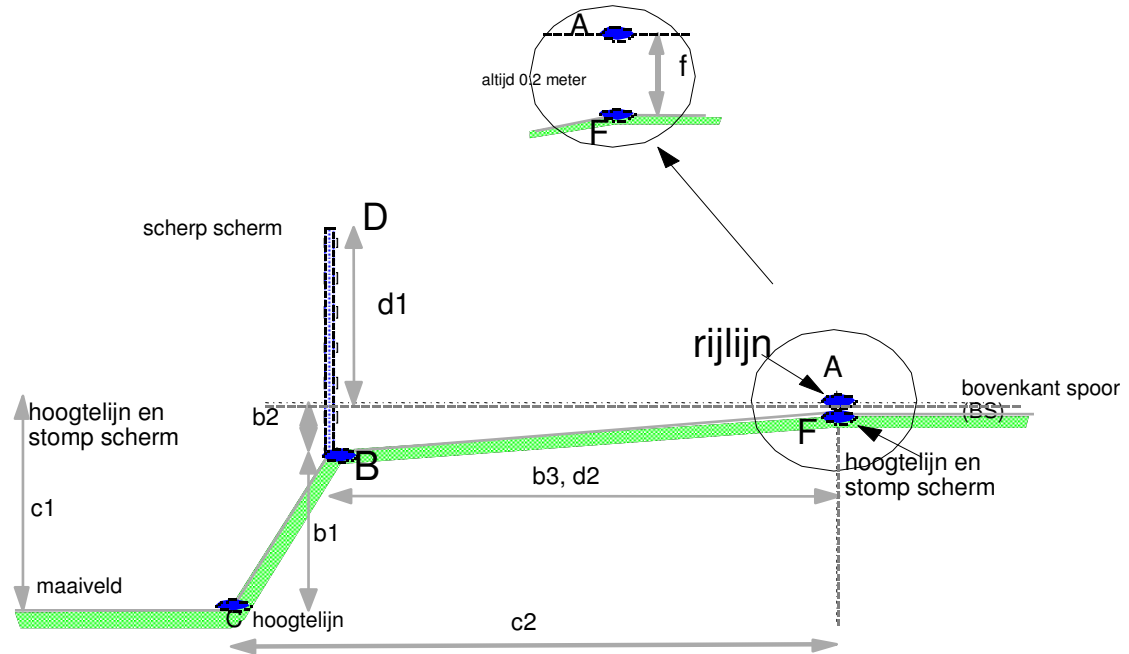


figuur 5.3 Dwarsdoorsnede van een standaard talud.

Figuur 5.3 geeft een dwarsdoorsnede van een deel van een spoortalud in werkelijkheid weer. In figuur 5.4 is de modellering ervan weergegeven. Bij het modelleren gelden de volgende regels:

- centraal in de modellering staat de rijlijn; voor elk spoor wordt een rijlijn precies tussen de spoorstaven in gemodelleerd (de afstand tussen de twee spoorstaven bedraagt 1,42 meter)
- iedere rijlijn (A) wordt op de hoogte van de werkelijke bovenkant van het spoor (BS) en op het hart van het spoor (tussen de spoorstaven in) gemodelleerd
- op 0,2 meter recht onder iedere rijlijn wordt een hoogtelijn en een daaraan gekoppeld een stomp scherm  $C_p=2$  dB (F) gemodelleerd (het absorberende ballastbed ligt op 0,2 meter onder BS)
- de kant aarden baan (KAB) wordt als hoogtelijn met daaraan gekoppeld een stomp geluidsscherm (B) op werkelijke hoogte ten opzichte van BS ( $b_1$ ) en van maaiveld ( $b_2$ ) en op 4,5 meter ( $b_3$ ) naast de naastliggende rijlijn gemodelleerd; alleen als de werkelijke afstand tussen het hart van het spoor en de KAB meer dan 1 meter verschilt van de hiervoor genoemde 4,5 meter wordt voor  $b_3$  de deze werkelijke afstand gemodelleerd (meestal zal de afwijking echter minder dan 1 meter bedragen en meestal zal de KAB op 0,5 meter onder BS liggen)
- een eventueel aanwezig geluidsscherm op de rand van het talud wordt gemodelleerd als (scherp) scherm (D) op werkelijke hoogte ten opzichte van BS ( $d_1$ ) en op werkelijke afstand van het hart van het spoor ( $d_2$ ); (geluidschermen zijn meestal op 4,5 of 4,75 m uit het hart van het spoor geplaatst)
- de teen van het talud wordt als hoogtelijn (C) op de hoogte van het werkelijke maaiveld ten opzicht van BS ( $c_1$ ) en op de werkelijke afstand van het hart van het spoor ( $c_2$ ) gemodelleerd
- kies voor de helling van het talud een verhouding 1:1,5. De kant aarden baan is de lijn waar het vlakke deel van het talud overgaat in een helling; deze ligt per definitie op 4,5 m van de naastliggende bronlijn.
- de kant aarden baan is een stomp, absorberend scherm ( $C_p = 2$  dB);

- bij ballastbed is het bodemvlak voor het gehele horizontale deel van het talud absorberend ( $B=1$ ), tenzij de daadwerkelijk harde delen van dit gebied breder dan 1 m zijn.



figuur 5.4 Modellering van de dwarsdoorsnede van een standaard talud.

Als de werkelijke horizontale afstanden van het talud (andere taludbreedte, andere helling) meer dan 0,5 m afwijken van dit standaard talud, hanteer dan op overeenkomstige wijze de werkelijke afstanden.

### 5.3.5 Overwegen

Modelleer het deel van de spoorweg waarin zich een overweg bevindt met de betreffende bovenbouwconstructie en een hard bodemgebied.

### 5.3.6 Tunnelbakken

Modelleer de hoogte van de wanden van open tunnelbakken, de lokale maaiveldhoogte en de afstanden overeenkomstig de werkelijkheid en de bodem van de tunnelbak 0,2 m onder de bovenkant van het spoor (BS). Modelleer de wanden als absorberende schermen met een scherpe tophoek ( $C_p = 0$  dB). De bovenbouwcorrectie volgt uit de toegepaste bovenbouwconstructie.

Bij een open tunnelbak met geluidsabsorberende wanden (zie paragraaf 5.3.10) bevinden de bronlijnen zich op de voorgeschreven hoogten ten opzichte van BS.

Bij een open tunnelbak zonder geluidsabsorberend beklede wanden worden de bronlijnen die lager liggen dan de bovenrand van de tunnelbak op de hoogte van die rand gemodelleerd of zoveel lager als de hoogte van het dak van het spoorvoertuig. Dit betekent in de praktijk een maximale verhoging met 4,0 m.

Over het traject van de tunnel zelf worden geen bronlijnen gemodelleerd.

### 5.3.7 Geluidsschermen en afschermdende objecten

Om als afschermdend object te worden aangemerkt moet het object:

- voldoende geluidsisolatie hebben, d.w.z. dat de isolatie 10 dB hoger dan de afschermdende werking (een massa van  $40 \text{ kg/m}^2$  is in ieder geval voldoende) en er mogen zich geen grote kieren en openingen in bevinden;
- een zichthoek hebben die tenminste gelijk is aan de openingshoek van de beschouwde sector.

Geluidsschermen nabij het spoor dienen aan de spoorzijde bij voorkeur geluidsabsorberend te zijn uitgevoerd. In paragraaf 5.3.10 is beschreven wanneer een scherm als geluidsabsorberend aangemerkt mag worden.

Voor berekening van de effecten van geluidsschermen dient bij de modellering met de octaafbandrekenmethode altijd uitgegaan te worden van een 100% absorberend scherm. Reflecterende of deels reflecterende geluidsschermen nabij het spoor worden ook als geluidsabsorberende schermen gemodelleerd met een nader bepaalde effectieve hoogte. De te modelleren effectieve hoogte van het scherm boven de bovenkant van het spoor (BS) wordt als volgt bepaald:

$$(5.2) \quad h_{s,eff} = h_s$$

of:

$$(5.3) \quad h_{s,eff} = h_s (1 + a) / 2$$

Hierin is:

- $h_{s,eff}$  = effectieve schermhoogte t.o.v. BS t.b.v. de modellering;
- $h_s$  = werkelijke hoogte van het geluidsscherm t.o.v. BS;
- $a$  = fractie van het scherm dat geluidsabsorberend uitgevoerd is.

Formule 5.2 is toepasbaar voor:

- geheel absorberende schermen;
- (deels) reflecterende rechte schermen die hellend naar de baan toe zijn geplaatst onder een hoek van tenminste 15 graden bij het spoor op ballastbed. Als het spoor niet op ballastbed is uitgevoerd moet in het overdrachtsgebied tussen de bron en het scherm een zelfde hoeveelheid geluidsabsorptie worden bewerkstelligd als in het geval van een spoor op ballastbed optreedt. Voorwaarde hierbij is dat aan de overzijde van het spoor geen reflecterend scherm geplaatst is.

Formule 5.3 is toepasbaar voor:



- alle overige situaties met geheel of gedeeltelijk geluidsreflecterende schermen. Deze benadering is conservatief. Zie voor bijzondere situaties de toelichting.

De feitelijke schermwerking is waarschijnlijk geringer dan zou worden berekend voor schermen die hoger zijn dan 4,0 m ten opzichte van BS. Voor deze schermen dient een nader onderzoek verricht te worden, zie hiervoor de toelichting.

Voor de berekening van de effecten van geluidsschermen op kortere afstand dan 4,5 m uit het hart van het spoor, moet men bij de modellering altijd uitgaan van een afstand van 4,5 m. Zie voor bijzondere situaties de toelichting.

Een scherm wordt altijd gemodelleerd alsof het recht is en verticaal staat, ook als het in de werkelijkheid bijvoorbeeld gekromd is uitgevoerd, of scheef wordt geplaatst. De bovenkant van het geluidsscherm in het model moet worden gelegd op de positie van de diffractierand van het werkelijke scherm. Vervolgens moet men bovenbeschreven methode toepassen voor het bepalen van de effectieve schermhoogte.

### 5.3.8 Perrons

De perronhoogte is 0,8 m boven bovenkant van het spoor (BS). Modelleer perrons met twee absorberende stompe schermen ter plaatse van de randen van het perron, waarbij de rand nabij het spoor zich op 2,0 m afstand uit het hart van het spoor bevindt. Voor het scherm nabij het spoor dient de bodem onder het spoor (-0,2 m BS) als plaatselijke maaiveldhoogte te worden gehanteerd. De toe te passen profielafhankelijke correctieterm  $C_p$  voor elk van de schermen is afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van een geluidsabsorberende bekleding (zie tabel 5.4 en 5.3.10). Perrons die aan beide zijden open zijn (dwz geen zijwanden aan spoorzijde en buitenzijde) worden niet als scherm gemodelleerd. Perrons die alleen aan de spoorzijde open zijn mogen als geluidsabsorberend worden aangemerkt.

### 5.3.9 Kunstwerken

Modelleer de hoogten en afstanden bij kunstwerken overeenkomstig de werkelijkheid. Kies het type bovenbouwconstructie overeenkomstig paragraaf 3.5.

Bij ontbreken van absorptie op het kunstwerk wordt het gehele brugdek als hard bodemgebied gemodelleerd. Bij spoor op ballast bed of een volgestort spoor met minimaal 15 cm ballast wordt het gehele brugdek als absorberend bodemgebied gemodelleerd, tenzij harde delen van het brugdek breder zijn dan 1 m. Dan worden die betreffende delen als hard bodemgebied gemodelleerd. Bij stalen bruggen wordt het brugdeel als absorberend bodemgebied gemodelleerd.

Modelleer bij plaatbruggen, TT-liggerbruggen en kokerliggerbruggen de rand van de brug als absorberend stomp scherm (zie tabel 5.4 en paragraaf 5.3.10).

Modelleer bij trogliggerbruggen en bij een M-baanconstructie de rand met twee absorberende stompe schermen ter plaatse van de beide zijden van de rand. Voor het scherm nabij het spoor dient de bodem onder het spoor (-0,2 m BS) als plaatselijke maaiveldhoogte te worden gehanteerd. De toe te passen profielafhankelijke correctieterm  $C_p$  voor elk van de schermen is afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van een geluidsabsorberende bekleding (zie tabel 5.4 en paragraaf 5.3.10).

Bij betonnen kunstwerken kunnen schermen op het kunstwerk tot een hoogte van 2,0 m boven bovenkant van het spoor (BS) overeenkomstig de uitvoering van die schermen worden gemodelleerd. Bij hogere schermen kan de directe geluidsafstraling van het kunstwerk een zodanige bijdrage gaan leveren dat berekeningen niet zonder meer mogelijk zijn en een nader akoestisch onderzoek nodig is.

Bij stalen bruggen met schermen kan het effect van de schermen niet worden berekend, doch dient de brugtoeslag te worden bepaald voor de brug met scherm.

### 5.3.10 Geluidabsorberende uitvoering

Bekleding of uitvoering van objecten als schermen, perrons en tunnelwanden is als geluidabsorberend te beschouwen indien de spoor specifieke absorptie groter of gelijk aan 5 dB is. De bepaling van deze absorptie is in paragraaf 5.7 verder uitgelegd.

### 5.3.11 Reflecties

Indien zich binnen een sector objecten bevinden, die voldoen aan de hieronder gestelde voorwaarden, dan wordt het  $L_{Aeq}$  mede bepaald door het geluid dat via reflecties het waarneempunt bereikt.

De bijdrage van reflecties aan het  $L_{Aeq}$  wordt in rekening gebracht door het sectordeel dat zich, gezien vanuit het waarneempunt, voor dat reflecterend oppervlak bevindt, te vervangen door zijn spiegelbeeld ten opzichte van het reflecterend oppervlak.

Om als reflecterend oppervlak te worden aangemerkt dient het vlak:

- verticaal te zijn;
- een zichthoek te hebben van  $2^\circ$  of meer;
- over de hele sectorhoek tenminste twee meter boven het maaiveld uit te steken;
- een absorptiecoëfficiënt  $< 0,8$  te hebben;
- op zodanige afstand van het spoor te staan dat afscherming en reflectie van de passerende spoorvoertuig verwaarloosd kunnen worden.

Nader onderzoek naar de invloed van reflecties op het  $L_{Aeq}$  is vereist indien:

- het reflecterend oppervlak een grotere hoek met de verticaal maakt dan 5 graden, met uitzondering van hellende geluidsschermen zoals omschreven in paragraaf 5.3.7;
- het reflecterend oppervlak oneffenheden bevat waarvan de afmetingen van dezelfde orde van grootte zijn als de afstand van het vlak tot het waarneempunt of de afstand van het vlak tot het bronpunt.

Bij de berekeningen wordt standaard uitgegaan van 1 reflectie. In geval van berekeningen met meervoudige reflecties wordt de spiegeling herhaald toegepast.

### 5.3.12 Woningen en waarneempunten

De gemiddelde verdiepingshoogte van woningen wordt gesteld op 3 m. Een schuine kap wordt hierbij meegenomen als een volledige verdiepingshoogte. De modellering van een schuine kap als recht blok mag echter niet leiden tot niet reële reflecties naar waarneempunten.

Waarneempunten voor gebouwen dienen tenminste te worden gekozen ter hoogte van de eerste verdieping (dit is een hoogte van 5 m boven plaatselijk maaiveld) en bij woongebouwen met drie of meer woonlagen ter hoogte van de bovenste verdieping (dit is 1 m onder de nok van het gebouw). Daarnaast kan voor de begane grond, de beoordeling van het buitenklimaat en de beoordeling van de effecten van schermen een waarneempunt op 1,5 m boven plaatselijk maaiveld worden gekozen.

Waarneempunten dienen zo te worden gemodelleerd dat reflecties tegen de gevel waarvoor het punt geplaatst is geen bijdrage levert aan het geluid(druk)niveau.

Objecten voor de eerste lijn bebouwing hoger dan 1 m boven bovenkant van het spoor (BS) dienen te worden gemodelleerd. Verder moeten kleine objecten als erkers en schuurtjes buiten beschouwing worden gelaten.

## 5.4 De geometrische uitbreidingsterm $\Delta L_{GU}$

Voor de berekening van de geometrische uitbreidingsterm zijn de volgende gegevens nodig:

- $r$  de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindingslijn [m];
- $\nu$  de hoek die het sectorvlak maakt met het bronlijnssegment [in graden];
- $\phi$  de openingshoek van de sector [in graden].

De berekening van  $\Delta L_{GU}$  verloopt als volgt:

$$(5.4a) \quad \text{voor een dipooluitbreiding: } \Delta L_{GU} = 10 \lg \frac{\phi}{r \sin \nu} \cdot (\sin \nu)^2 ;$$

$$(5.4b) \quad \text{voor een monopooluitbreiding: } \Delta L_{GU} = 10 \lg \frac{\phi}{r \sin \nu} .$$

De dipooluitbreiding wordt gebruikt voor de uitbreiding van het rolgeluid, terwijl in specifieke gevallen, zoals bij de uitbreiding van het kunstwerkaandeel van een brug de monopooluitbreiding gebruikt dient te worden. Zie paragraaf 6.2.

Als de hoek  $\nu$  een waarde aanneemt die kleiner is dan de openingshoek van de betreffende sector is nader onderzoek vereist ter bepaling van  $\Delta L_{GU}$ .

### 5.5 De overdrachtsverzwakking $\Delta L_{OD}$

De overdrachtsverzwakking  $\Delta L_{OD}$  is samengesteld uit de volgende termen:

$$(5.5) \quad \Delta L_{OD} = D_L + D_B + C_M$$

waarin  $D_L$  de verzwakking door absorptie in de lucht voorstelt,  $D_B$  de verzwakking ten gevolge van de bodeminvloed en  $C_M$  de meteorocorrectieterm.

#### 5.5.1 De luchtdemping $D_L$

Voor de berekening van  $D_L$  is het volgende gegeven nodig:

$r$  de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindingslijn [m].

De berekening verloopt als volgt:

$$(5.6) \quad D_L = r \delta_{lucht}$$

Waarbij  $\delta_{lucht}$  de luchtdempingscoëfficiënt is.  
De waarde van  $\delta_{lucht}$  wordt gegeven in tabel 5.1.

tabel 5.1 De luchtdempingscoëfficiënt  $\delta_{lucht}$  als functie van de octaafband ( $i$ )

Octaafband-index	Octaafband-middenfrequentie [Hz]	$\delta_{lucht}$ [dB/m]
1	63	0
2	125	0
3	250	0,001
4	500	0,002
5	1000	0,004
6	2000	0,010
7	4000	0,023
8	8000	0,058

#### 5.5.2 De bodemdemping $D_B$

Bij de bepaling van de bodemdemping  $D_B$  wordt de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt (symbool  $r_o$ ) verdeeld in drie afzonderlijke delen: een brongebied, een waarneembied en een middengebied.

Het brongebied heeft een lengte van 15 m, de lengte van het waarneembied bedraagt 70 m. Het resterende gedeelte van de afstand  $r_o$  tussen bron- en waarneempunt is het middengebied. Indien de afstand  $r_o$  kleiner is dan 85 m is de lengte van het middengebied nihil.

Indien de afstand  $r_o$  kleiner is dan 70 m dan is de lengte van het waarneemgebied gelijk aan de afstand  $r_o$ . Indien de afstand  $r_o$  kleiner is dan 15 m dan is de lengte van het brongebied en de lengte van het waarneemgebied elk gelijk aan de afstand  $r_o$ .

Voor elk van de drie gebieden wordt de (bodem)absorptiefractie vastgesteld. De absorptiefractie is het quotiënt van de lengte van het betreffend gebied dat niet akoestisch hard is en de totale lengte van het betreffend gebied. Als de lengte van het middengebied nihil is, wordt de absorptiefractie op één gesteld.

Voor de berekening van de bodemdemping zijn de volgende gegevens nodig:

$r_o$	De horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt [m];
$h_b$	De hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];
$h_w$	De hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m];
$B_b$	De absorptiefractie van het brongebied [ - ];
$B_m$	De absorptiefractie van het middengebied [ - ];
$B_w$	De absorptiefractie van het waarneemgebied [ - ];
$S_w$	Effectiviteit van de bodemdemping in het waarneemgebied [ - ];
$S_b$	Effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied [ - ].

Als  $h_b$  kleiner is dan nul, dient voor  $h_b$  de waarde nul aangehouden te worden; hetzelfde geldt voor  $h_w$ . Als in de betreffende sector geen afscherming in rekening wordt gebracht geldt dat  $S_w$  en  $S_b$  beide de waarde één aannemen. In geval van afscherming worden  $S_w$  en  $S_b$  berekend volgens de formules 5.11a en 5.11b in paragraaf 5.6.

De berekening verloopt volgens de formules 5.7a t/m h als gegeven in tabel 5.2.

tabel 5.2 De formules 5.7a t/m h voor de bepaling van bodemdemping  $D_b$  als functie van de octaafband (i). De cursief gedrukte symbolen vormen de waarden die voor de variabelen  $x$  en  $y$  moeten worden vervangen in de functie ( $x, y$ ).

Octaafband-index	Octaafband midden-frequentie [Hz]	Bodemdemping $D_B$ [dB]
1	63	$- 3\gamma_o(h_b+h_w,r_o)$ - 6
2	125	$[S_b\gamma_2(h_b,r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o)$ $+ [S_w\gamma_2(h_w,r_o)+1]B_w - 2$
3	250	$[S_b\gamma_3(h_b,r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o)$ $+ [S_w\gamma_3(h_w,r_o)+1]B_w - 2$
4	500	$[S_b\gamma_4(h_b,r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o)$ $+ [S_w\gamma_4(h_w,r_o)+1]B_w - 2$
5	1000	$[S_b\gamma_5(h_b,r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o)$ $+ [S_w\gamma_5(h_w,r_o)+1]B_w - 2$
6	2000	$B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + B_w - 2$
7	4000	$B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + B_w - 2$
8	8000	$B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + B_w - 2$

De functies zijn als volgt gedefinieerd:

$$(5.8a) \quad \gamma_o(x, y) = 1 - 30 \frac{x}{y} \quad \text{voor } y \geq 30x$$

$$\gamma_o(x, y) = 0 \quad \text{voor } y < 30x$$

$$(5.8b) \quad \gamma_2(x, y) = 3,0 \left[ 1 - e^{-y/50} \right] e^{-0,12(x-5)^2} + 5,7 \left[ 1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} y^2} \right] e^{-0,09x^2}$$

$$(5.8c) \quad \gamma_3(x, y) = 8,6 \left[ 1 - e^{-y/50} \right] e^{-0,09x^2}$$

$$(5.8d) \quad \gamma_4(x, y) = 14,0 \left[ 1 - e^{-y/50} \right] e^{-0,46x^2}$$

$$(5.8e) \quad \gamma_5(x, y) = 5,0 \left[ 1 - e^{-y/50} \right] e^{-0,90x^2}$$

Voor de variabelen  $x$  en  $y$  moeten de waarden van de grootheden worden vervangen die tussen haakjes achter de overeenkomstige functies uit de formules 5.7a t/m h zijn geplaatst (in cursief).

### 5.5.3 De meteocorrectieterm $C_M$ .

Voor de berekening van de meteocorrectieterm  $C_M$  zijn de volgende gegevens nodig:

$r_o$  De horizontaal gemeten afstand tussen bron en waarneempunt [m];

$h_b$  De hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];

$h_w$  De hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m].

De berekening verloopt als volgt:

$$(5.9a) \quad C_m = 3,5 - 35 \frac{h_b + h_w}{r_o} \quad \text{voor } r_o > 10 (h_b + h_w)$$

$$(5.9b) \quad C_m = 0 \quad \text{voor } r_o \leq 10 (h_b + h_w)$$

## 5.6 De schermwerking $\Delta L_{SW}$

(incl. de termen  $S_w$  en  $S_b$  uit de bodemdempingsformules 5.15a t/m h).

Indien zich binnen een sector objecten bevinden waarvan de zichthoek tenminste samenvalt met de openingshoek van de betreffende sector en waarvan tevens in redelijkheid te verwachten is dat die de geluidsoverdracht zullen belemmeren, wordt de schermwerking  $\Delta L_{SW}$  samen met een verminderde bodemdemping (vervat in de termen  $S_w$  en  $S_b$  uit formule 5.7) in rekening gebracht.

De berekeningsformule van de afscherming van een willekeurig gevormd object bevat twee termen. De eerste term beschrijft de afscherming van een equivalent ideaal scherm (een dun, verticaal vlak). De hoogte van het equivalente scherm is gelijk aan de grootste hoogte van het obstakel.

De bovenrand van het equivalente scherm dient samen te vallen met de bovenrand van het object. Als op grond hiervan meerdere locaties van het equivalente scherm mogelijk zijn, wordt hieruit die locatie gekozen die maximale schermwerking tot gevolg heeft.

De tweede term is alleen van belang als het profiel, dat wil zeggen de doorsnede in het sectorvlak, van het afschermende object afwijkt van dat van het ideale scherm. De afscherming van het object is gelijk aan de afscherming van het equivalente scherm verminderd met een profielafhankelijke correctieterm  $C_p$ . Als er meerdere afschermende objecten in een sector aanwezig zijn, wordt alleen het object in rekening gebracht dat, bij afwezigheid van de andere, de grootste afscherming zou geven.

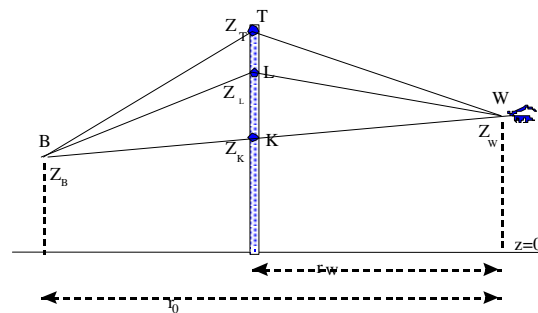
Voor de berekening van de afschermende effecten zijn de volgende gegevens nodig:

- $z_b$  De hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil (= horizontaal vlak waarin  $z = 0$ ) [m];
- $z_w$  De hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m];
- $z_T$  De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m];
- $h_b$  De hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte van het brongebied [m];
- $h_w$  De hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m];

- $h_T$  De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van de gemiddelde maaiveldhoogte binnen een strook van 5 m vanaf het scherm. Indien aan beide zijden van de afscherming verschillend, de grootste waarde van  $h_T$  nemen [m];
- $r$  De afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindingslijn [m];
- $r_w$  De horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm [m];
- $r_o$  De horizontaal gemeten afstand tussen waarneem- en bronpunt [m];
- Het profiel van het afschermend object.

Berekend dient te worden:

- de verminderde bodemdemping zoals verdisconteerd in de factoren  $S_w$  en  $S_b$  uit formules 5.7a t.m. 5.7h van paragraaf 5.5.2.
- de schermwerking  $\Delta L_{SW}$ .



figuur 5.5 Een sectorvlak met een ideaal scherm, waarop de punten K, T en L zijn aangegeven.

Voor de berekening wordt op het scherm een drietal punten gedefinieerd (zie figuur 5.5):

- K Het snijpunt van het scherm met de zichtlijn (= rechte tussen bron- en waarneempunt).
- L Het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidsstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt.
- T De top van het scherm.

De gebroken lijn BLW is een schematisering van de gekromde geluidsstraal onder meewindcondities.

Deze drie punten bevinden zich op de respectievelijke hoogten  $z_K$ ,  $z_L$  en  $z_T$  boven het referentiepeil. Voor de afstand tussen de punten K en L geldt:

$$(5.10) \quad z_L - z_K = \frac{r_w (r_o - r_w)}{26 r_o}$$

Verder geldt:

$r_L$  is de som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW



$r_T$  is de som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW.

De factoren  $S_w$  en  $S_b$  uit formules 5.7a t/m h worden als volgt berekend:

$$(5.11a) \quad S_w = 1 - \frac{r_o - r_w}{r_o} \frac{3h_e}{3h_e + h_w + 1}$$

als  $h_e < 0$  dan  $S_w = 1$

$$(5.11b) \quad S_b = 1 - \frac{r_w}{r_o} \frac{3h_e}{3h_e + h_b + 1}$$

als  $h_e < 0$  dan  $S_b = 1$

waarin  $h_e$  de effectieve schermhoogte is, gedefinieerd als:

$$(5.12) \quad h_e = z_t - z_L$$

De schermwerking  $\Delta L_{SW}$  wordt als volgt:

$$(5.13) \quad \Delta L_{SW} = HF(N_f) - C_p$$

waarin  $H$  de effectiviteit van het scherm is,  $F(N_f)$  een functie met argument  $N_f$  (het fresnelgetal) en  $C_p$  de profielafhankelijke correctieterm. Als de schermwerking  $\Delta L_{SW}$  op grond van formule 5.13 negatief wordt, moet de waarde  $\Delta L_{SW} = 0$  worden aangehouden.

$H$  wordt als volgt bepaald:

$$(5.14) \quad H = 0,25h_i 2^{i-1}$$

$i$  is hierin de octaafbandindex. De maximale waarde van  $H$  is 1.

De definitie van de functie  $F$  is gegeven in de formules 5.15a t/m f uit tabel 5.3.

De waarden van  $C_p$  volgen uit tabel 5.4.

tabel 5.3 De definitie van de functie  $F$  met als variabele  $N_f$  voor vijf intervallen van  $N_f$  (formules 5.15a t/m f)

Geldig in het interval van $N_f$		Definitie $F(N_f)$
van	tot	
$-\infty$	-0,314	0
-0,314	-0,0016	$-3,682 - 9,288 \lg  N_f  - 4,482 \lg^2  N_f  - 1,170 \lg^3  N_f  - 0,128 \lg^4  N_f $
-0,0016	+0,0016	5
+0,0016	+1,0	$12,909 + 7,495 \lg N_f + 2,612 \lg^2 N_f + 0,073 \lg^3 N_f - 0,184 \lg^4 N_f - 0,032 \lg^5 N_f$
+1,0	+16,1845	$12,909 + 10 \lg N_f$
+16,1845	$+\infty$	25

tabel 5.4 De profielafhankelijke correctieterm  $C_p$ .  $T$  is de tophoek van de dwarsdoorsnede van het object.

$C_p$	Object ( $T$ = tophoek in graden)
0 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dunne wanden waarvan de hoek met de verticaal <math>\leq 20^\circ</math></li> <li>- grondlichaam met <math>0^\circ \leq T \leq 70^\circ</math></li> <li>- alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte minder is dan twee maal de hoogte van die wand of als de wand hoger is dan 3,5m</li> <li>- alle gebouwen</li> </ul>
2 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rand van aarden baan in ophoging</li> <li>- grondlichaam met <math>70^\circ \leq T \leq 165^\circ</math></li> <li>- alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte meer bedraagt dan twee maal de hoogte van die wand en de wand niet hoger is dan 3,5m</li> <li>- geluidabsorberende* rand aan spoorzijde van perron</li> <li>- rand aan niet-spoorzijde van perron</li> <li>- rand van baan op een viaduct of brug, anders dan trogliggerbrug of M-baan</li> <li>- geluidabsorberende* rand aan spoorzijde van trogliggerbrug</li> <li>- rand aan niet-spoorzijde van trogliggerbrug</li> <li>- geluidabsorberende* rand aan spoorzijde van M-baan</li> <li>- rand aan niet-spoorwegzijde van M-baan</li> </ul>
5 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rand (niet geluidabsorberend*) aan spoorzijde van perron</li> <li>- rand (niet geluidabsorberend*) aan spoorzijde van trogliggerbrug</li> <li>- rand (niet geluidabsorberend*) aan spoorzijde van M-baan</li> </ul>

\*) zie 5.3.10

$N_f$  wordt als volgt bepaald:

$$(5.16) \quad N_f = 0,37 \varepsilon 2^{i-1}$$

met  $\varepsilon$  de 'akoestische omweg', die wordt gedefinieerd als:

$$(5.17a) \quad \varepsilon = r_T - r_L \quad \text{voor } z_T \geq z_k$$

$$(5.17b) \quad \varepsilon = 2r - r_T - r_L \quad \text{voor } z_T < z_k$$

In de gevallen waarin het profiel van het afschermend object niet overeenkomt met een van de in tabel 5.4 genoemde profielen dient een nader onderzoek naar de schermwerking van dat object te worden verricht.

Indien de spoor specifieke geluidisolatie van de afscherming minder dan 10 dB groter is dan de berekende schermwerking  $\Delta L_{SW}$  is nader onderzoek vereist naar de totale geluidsreducerende werking van de afscherming.

## 5.7 Bepaling spoor specifieke absorptie

De volgens NEN 20 354 bepaalde absorptiecoëfficiënten in tertsbanden worden **gewogen** gemiddeld, waarbij een gemiddeld A-gewogen tertsbandspectrum van de spoorverkeersspectra als weging wordt gebruikt, zie tabel 5.5.

*tabel 5.5 A-gewogen en op 0 dB genormeerd spectrum voor spoorverkeergeluid ten behoeve van de berekening van een ééngetalswaarde in dB voor de spoor specifieke absorptie en spoor specifieke geluidisolatie van geluidschermen.*

terts	spoorverkeer	
	spectrum (dB)	spectrum (dB)
100		-24,0
125		-21,0
160	-16,2	-19,2
200		-17,0
250		-15,0
315	-10,0	-13,2
400		-11,7
500		-10,8
630	-6,1	-10,4
800		-10,0
1000		-9,7
1250	-4,9	-9,4
1600		-9,4
2000		-9,4
2500	-5,0	-10,6
3150		-17,1
4000		-21,0
5000	-15,0	-24,0

De spoor specifieke absorptie  $DL_{\alpha,rail}$  kan (in navolging van EN 1793-1:1997) bepaald worden volgens:

$$(5.18a) \quad DL_{\alpha,rail} = -10 \lg \left| 1 - \frac{\sum_{i=1}^{18} \alpha_{si} 10^{0,1L_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}} \right|$$

waarbij de ratio van de sommen maximaal 0,99 is.

$DL_{\alpha,rail}$  wordt afgerond op gehele dB's en heeft een maximale waarde van 20 dB. Het eisen van een spoor specifieke absorptie met een waarde hoger dan 10 dB zal in het algemeen niet zinvol zijn.

### 5.8 Bepaling spoor specifieke geluidisolatie

De volgens NEN-EN ISO 140-3 bepaalde geluidisolatie  $R$  in terstbanden worden **gewogen** gemiddeld, waarbij een gemiddeld A-gewogen tertsbandspectrum van spoorverkeersgeluid als weging wordt gebruikt. Zie tabel 5.5. (N.B.: bij de meting wordt in aansluiting op EN 1793 voor wegverkeer het gehele scherm inclusief steunconstructies betrokken).

De spoor specifieke geluidisolatie  $DL_{R,rail}$  wordt (in navolging van EN 1793-2:1997) bepaald volgens:

$$(5.18b) \quad DL_{R,rail} = -10 \lg \left| 1 - \frac{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i} 10^{-0,1R_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}} \right|$$

$DL_{R,rail}$  wordt afgerond op gehele dB's.

### 5.9 De niveaureductie ten gevolge van reflecties $L_R$

Voor de berekening van de niveaureductie ten gevolge van de absorptie die optreedt bij reflecties zijn de volgende gegevens nodig:

- $N_{ref}$  het aantal reflecties (zie ook paragraaf 5.3) tussen bron- en waarneempunt [-]
- type reflecterend object.

De berekening verloopt als volgt:

$$(5.19) \quad \Delta L_R = N_{ref} \delta_{ref}$$

waarin  $\delta_{\text{ref}}$  de niveaureductie ten gevolge van één reflectie is. Voor gebouwen geldt voor alle octaafbanden  $\delta_{\text{ref}} = -10 \lg 0,8$ . Voor alle andere objecten is  $\delta_{\text{ref}} = 1$  voor alle octaafbanden, tenzij het object aantoonbaar geluidabsorberend is uitgevoerd. In dat geval geldt per octaafband  $\delta_{\text{ref}} = -10 \lg (1 - \alpha)$ , waarin  $\alpha$  de geluidabsorptiecoëfficiënt van het object is in de betreffende octaafband.  $N_{\text{ref}}$  kan ten hoogste de waarde 1 aannemen.

### 5.10 Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidniveau

Het A-gewogen equivalente geluidsniveau in octaafband  $i$ , symbool  $L_{eq,i}$ , wordt gegeven door:

$$(5.20) \quad L_{eq,i} = 10 \lg \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N 10^{\Delta L_{eq,i,j,n}/10}$$

waarin de betekenis van de grootheden en de uitwerking ervan analoog zijn aan die van formule 5.1a.

## 6 Meetmethoden

### 6.1 Bepaling overdrachtsverzwakking

Bij gebruik van de meetmethode ter bepaling van het equivalente geluidsniveau wordt de emissie bepaald door middel van berekening en de overdrachtsverzwakking door middel van meting. Hierbij wordt uitgegaan van de volgende formule:

$$(6.1) \quad L_{Aeq} = L_{Aeq,ref} - \Delta L_{AE}$$

waarbij:

$L_{Aeq,ref}$ : het volgens hoofdstuk 4 van dit voorschrift berekende equivalente geluidsniveau op een referentiemeetpunt [dB];  
 $\Delta L_{AE}$ : het gemiddelde verschil tussen aan dezelfde spoorvoertuig-passages gemeten sound exposure levels op het referentiemeetpunt en het waarneempunt [dB].

### 6.2 Methode voor meting en modellering van stalen kunstwerken

#### 6.2.1 Inleiding

Het rijden over een stalen kunstwerk zal in het algemeen leiden tot een toename van de geluidemissie. Deze toename bestaat uit een toename van het rolgeluid van het spoorvoertuig en de geluidafstraling van het stalen kunstwerk zelf. In standaardrekenmethode 2 wordt deze toename met een aantal extra bronnen gemodelleerd. Op het kunstwerk wordt de toename van het rolgeluid in rekening gebracht door middel van een toename van de emissieterm  $L_E$  voor de rolgeluidbronnen. De geluidafstraling van het kunstwerk zelf wordt per rijlijn apart in rekening gebracht door middel van het modelleren van een extra bronlijn gepositioneerd in het hart van elke rijlijn op het kunstwerk. De afstraalkarakteristiek van deze extra bronlijn vertoont verschillen met de afstraalkarakteristiek van het rolgeluid. Daarom heeft de bronlijn voor het kunstwerk een andere geometrische uitbreidingsterm. De meettechnische bepaling van de brugtoeslag en de modellering van deze toeslag in de standaardrekenmethode 2 voor stalen kunstwerken wordt hieronder nader uitgewerkt.

#### 6.2.2 Meettechnische bepaling van de kunstwerktoeslag

Deze methode kan worden toegepast om de brugtoeslag te bepalen uit vergelijkende immissiemetingen nabij de brug en nabij het spoor op normaal talud (aardebaan). Het geluiddrukkniveau van spoorvoertuigpassages wordt nabij de brug en nabij de aardebaan in één meetdoorsnede op gelijke afstand vanaf het hart van het spoor (HS) gemeten.

Voor het bepalen van de horizontale afstand tussen baan en microfoons moeten de volgende punten in overweging worden genomen:

- Vanwege nabijheidsveldeffecten dient de meetafstand minimaal  $1,5D$  vanaf het hart van de brug te bedragen, waarbij  $D$  een karakteristieke voor de geluidafstraling relevante afmeting in de dwarsdoorsnede van de brug is, bijvoorbeeld de plaatafmeting van het brugdek of de breedte van de brug.
- Vanwege de totale openingshoek mag de meetafstand hoogstens de helft bedragen van de afstand van de meetdoorsnede tot elk van de uiteinden van de brug, gemeten langs de brug.
- De meetafstand bedraagt tenminste 7,5 m uit het hart van het dichtstbijgelegen spoor. Bij bruggen korter dan 30 m wordt dus gemeten in het midden van de brug, waarbij rekening wordt gehouden met de beperkte lengte van de brug.

Om een te grote invloed van bodemeffecten op de aardebaan te voorkomen, wordt een meethoogte van 1,5 m boven de bovenzijde van het spoor (BS) aanbevolen bij een meetafstand van 7,5 m tot het HS. Bij een meetafstand van 25 m wordt een hoogte van 3,5 m aanbevolen.

Bij tussenliggende meetafstanden wordt tussen deze hoogtes geïnterpoleerd. Dit betekent dat de meethoogte zodanig wordt aangepast dat de ‘verticale zichthoek’ naar BS in de orde van  $10^\circ$  ligt.

Nabij de aardebaan wordt op één hoogte gemeten. Deze meethoogte noemen we  $h$ . Nabij de brug wordt op gemeten op twee hoogtes:  $+h$  BS en  $-h$  BS, waarbij de laagste meethoogte tenminste 1 m boven het op die locatie aanwezige bodemoppervlak moet liggen. De resultaten van deze metingen worden gemiddeld. Wanneer de resultaten van deze twee meetpunten bij de brug sterk uiteenlopen (richtlijn: meer dan 5 dB per octaafband) kan gerekend worden met de hoogste meetwaarden of dient er nader akoestisch onderzoek te worden uitgevoerd.

Bij de meting moet de representatieve operationele situatie onderzocht worden, dat wil zeggen de verdeling van gemeten spoorvoertuigen over de verschillende spoorvoertuigcategorieën en de gereden snelheid dient overeen te komen met de maatgevende situatie ter plaatse. Bij meersporige bruggen met ‘gelijkwaardige sporen’ kan volstaan worden met een toeslagmeting voor het aanliggende spoor. Bij ‘niet-gelijkwaardige sporen’ dient de toeslag voor alle sporen afzonderlijk bepaald te worden.

Voor alle meetposities wordt per spoorvoertuigpassage per spoorvoertuigcategorie het equivalente geluidniveau bepaald door te middelen over de tijd waarin het niveau hoger is dan het maximale niveau minus 3 dB. De brugtoeslag per categorie  $\Delta L_{L,brug,i}$  volgt dan uit het lineair gemiddelde verschil tussen de beide geluidmeetposities over  $n$  (tenminste 5) passages:

$$(6.2) \quad \Delta L_{L,brug,i,j} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (L_{Aeq,br,i,j,k} - L_{Aeq,ab,i,j,k})$$

met:

$i$	index octaafband
$j$	index spoorvoertuigcategorie
$k$	volgnummer meting
$L_{Aeq,br,i,j,k}$	meetresultaat bij de brug

$L_{Aeq,ab,i,j,k}$  meetresultaat bij de aardebaan

De correctie voor het verschil in totale overdrachtsverzwakking naar de meetposities vindt in een later stadium plaats.

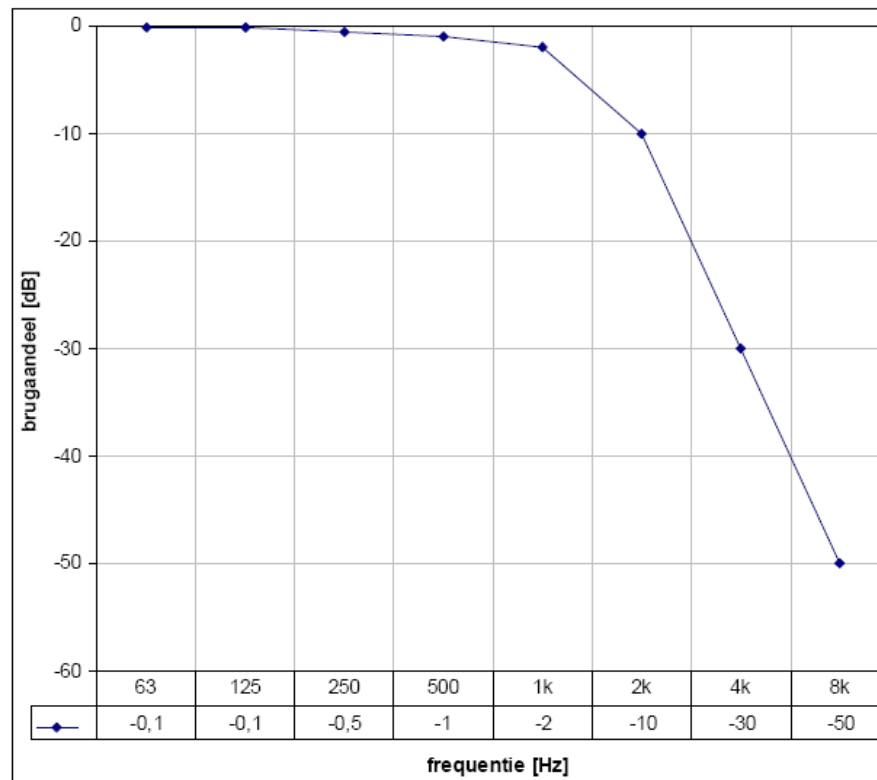
Naast geluiddrukkniveaus dient in beide meetdoorsnedes de rijnsnelheid van de spoorvoertuig bepaald te worden. Wanneer de snelheid tussen beide meetdoorsnedes meer dan 5% verschilt, dient de aardebaanmeting gecorrigeerd te worden met de emissieformules (zie 3.4). Wanneer dit verschil groter dan 25% bedraagt, is de meting niet bruikbaar voor de bepaling van de brugtoeslag. Het brugtoeslagspectrum is afhankelijk van snelheid en spoorvoertuigcategorie. De brugtoeslag mag worden toegepast op dezelfde spoorvoertuigcategorie bij snelheden die maximaal 25% afwijken van de snelheid waarvoor de toeslag bepaald is. Wanneer de brugtoeslag voor een bepaalde spoorvoertuigcategorie niet redelijkerwijs gemeten kan worden, dient voor deze spoorvoertuigcategorie de brugtoeslag overgenomen te worden van die spoorvoertuigcategorie die leidt tot de hoogste A-gewogen toeslag.

In de directe omgeving van de meetdoorsnede aardebaan dient de spoorruwheid gemeten te worden volgens de procedures omschreven in NEN-EN-ISO 3095:2005. Als de spoorruwheid in de doorsnede van de aardebaan significant hoger is dan het landelijk gemiddelde spoorruwheidsspectrum (zie TR paragraaf 3.2), moet òf een andere meetdoorsnede gekozen worden met een lagere spoorruwheid, òf de meetwaarden moeten gecorrigeerd worden voor de hoge spoorruwheid (zie paragraaf 3.4). Als de spoorruwheid op de brug significant hoger is dan de referentie, wordt verondersteld dat dit representatief is voor de brug (tenzij er aanwijzingen zijn voor het tegendeel). In het algemeen zal de brugtoeslag dus niet gecorrigeerd worden voor de hoge spoorruwheid. De brugtoeslag is dan dus deels het gevolg van de brugconstructie en deels van de hoge spoorruwheid.

### 6.2.3 Splitsing in rolgeluidtoename en kunstwerkgeluid

Ten behoeve van de modellering wordt de gemeten toename van het geluiddrukkniveau nabij de brug gesplitst in toename van geluid afgestraald door de brug en toename van rolgeluid afgestraald door de spoorstaven en de wielen. De toename van het geluid wordt bij lage frequenties (tot 1 kHz) voornamelijk veroorzaakt door kunstwerkgeluid, bij hoge frequenties door rolgeluid. De splitsing van de geluidtoename wordt eenduidig vastgelegd met het empirische brugbijdragefilter  $H_{brug,i}$  van figuur 6.1.





figuur 6.1 Spectrale karakteristiek van het filter om het brugaandeel uit het verschillenspectrum te filteren.

Het gedeelte van de geluidtoename dat wordt toegekend aan het kunstwerk wordt hiermee:

$$(6.3) \quad \Delta L_{E,brug-kunstwerk,i} = \Delta L_{I,brug,i} + H_{brug,i}$$

waarbij de correctiefactoren  $H_{brug,i}$  worden gebruikt, zoals die zijn weergegeven in figuur 6.1.

De rest van de geluidtoename wordt verrekend als een toeslag op het rolgeluid, volgens:

$$(6.4) \quad \Delta L_{E,brug-rol,i} = 10 \log(10^{\Delta L_{I,brug,i}/10} - 10^{\Delta L_{E,brug-kunstwerk,i}/10})$$

### 6.2.4 Modelling in SRM2

Het bruggeluid wordt in SRM2 verwerkt als extra emissieterm voor rolgeluid samen met een extra bronlijn op het kunstwerk voor het bruggeluid.

De toename van het rolgeluid  $\Delta L_{E,brug-rol}$  wordt als extra emissieterm opgelegd aan de bronlijnen op 0 en 0,5 m van de bovenkant van het spoor (BS). Daarbij wordt de toename van de rolgeluidemissie in gelijke proporties verdeeld over deze twee bronlijnen. Dit noemen we de rolgeluidbron. De toename van de geluidproductie als gevolg van de geluidafstraling van het kunstwerk  $\Delta L_{E,brug-kunstwerk}$  wordt gemodelleerd met een bronlijn ter lengte van het kunstwerk in het hart van het spoor (HS) op 0 m BS. Dit noemen we de kunstwerkbron.

Voor de kunstwerkbron gelden enkele speciale modelleervoorschriften.

1. De geometrische uitbreiding van de kunstwerkbron wordt beschreven met een monopooluitbreiding volgens formule 5.4b.
2. Schermen op de brug of op het talud direct aansluitend aan de het kunstwerk hebben geen invloed op deze bron. De afstraling van de brug wordt namelijk niet beïnvloed door op of vlakbij de brug staande schermen.

De bepaling van de sterkte van de extra emissietermen wordt uitgewerkt in de volgende paragraaf.

#### 6.2.5 Schalen van de bronemissies

Aan de hand van de metingen is de verhouding bepaald tussen de bijdragen aan de *immissie* op het meetpunt als gevolg van de extra rolgeluidbron en de kunstwerkbron. Echter, daarmee ligt de sterkte van en verhouding tussen de *emissiesterktes* van de twee bronnen nog niet vast. De emissiesterktes moeten zo worden geschaald dat de berekende immissietoename zowel qua verhouding als qua grootte overeenkomt met de gemeten immissietoename.

### 6.3 Methode in bijzondere omstandigheden

In bijzondere omstandigheden waar de rekenmethoden van dit besluit of de hiervoor genoemde meetmethoden geen voldoende representatief resultaat zullen geven, dient de methode volgens de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai worden toegepast. Gedacht kan worden aan wachtsporen of situaties met zeer afwijkend materieel of bijzondere spoorconstructie etc. Ook het rechtstreeks vaststellen van de equivalente geluidsbelasting kan beschouwd worden als een bijzondere omstandigheid waarvoor van geval tot geval een meetprogramma dient te worden opgesteld in overleg met de spoorwegbeheerder.

### 6.4 Apparatuur

Voor een meting van het equivalente geluidsniveau  $L_{Aeq}$  dient geschikt te worden over:

- a. twee rondomgevoelige microfoons voorzien van windkap;
- b. een akoestische ijkbron aangepast aan het gebruikte type microfoon;
- c. een windrichtingsmeter;
- d. een windsnelheidsmeter;

voorts per microfoon:

- e. een instrument waarmee de A-weging kan worden uitgevoerd (A-filter);
- f. een instrument dat een directe uitlezing geeft van het geluidsniveau in dB;
- g. een instrument dat het microfoonsignaal verwerkt tot een sound exposure level  $L_{AE}$  als bedoeld in ISO 1996-1.

Combinaties van de onder a, e, f en g genoemde elementen kunnen tot één apparaat zijn samengevoegd.

De aan genoemde apparatuur gestelde eisen zijn:

- a t/m d: de relevante eigenschappen dienen minstens te voldoen aan de eisen voor het type 1 instrument zoals omschreven in de I.E.C.Publication nr. 651.
- e: de akoestische ijkbron dient iedere twee jaar te worden geïjkt in een daartoe uitgerust laboratorium.
- g: de windsnelheidsmeter dient, inclusief aanspreekgevoeligheid, tenminste een nauwkeurigheid van 0,5 m/s te hebben in het bereik 0-3 m/s en een nauwkeurigheid van 1 m/s bij hogere windsnelheden.

## 6.5 Meteorologische randvoorwaarden

Niet gemeten mag worden:

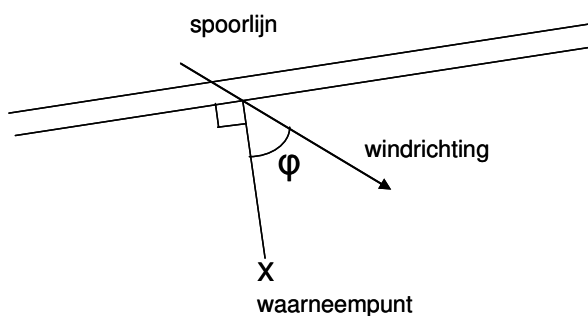
- bij dichte mist (zicht ~ 200 m);
- tijdens neerslag;
- bij harde wind (gemeten windsnelheid > 15m/s op 10m hoogte);
- als de akoestische eigenschappen van de spoorweg en de bodem tussen spoorweg en waarneempunt ten gevolge van bepaalde weersomstandigheden afwijken van de normale situatie;
- als de weersomstandigheden niet voldoen aan het meteoraam als gegeven in tabel 6.1. Slechts voor relatief kleine afstanden ( $R < 10 (h_b + h_w)$ ) is het meteoraam niet van toepassing, mits er geen sprake is van afscherming.

Onder afscherming wordt hier verstaan de situatie waarbij het zicht op de spoorweg vanuit het waarneempunt voor meer dan 30° wordt belemmerd. Hierbij wordt alleen gelet op objecten die zich binnen de openingshoek van de in het meteoraam toegestane windrichtingen bevinden.

tabel 6.1 *Het meteoraam waarin:*

- $u$  = *de gemiddelde windsnelheid tijdens de geluidsmeting, op 10 m hoogte in het open veld nabij de meetlocatie; de nauwkeurigheid waarmede  $u$  bepaald moet worden is 1 m/s voor  $u > 2$  m/s en 0,5 m/s voor kleinere  $u$ .*
- $\varphi$  = *de gemiddelde hoek tussen de gemiddelde windrichting tijdens de meting en de kortste verbindingslijn tussen het waarneempunt en de spoorweg.*
- meteorologische dag* = *de periode tussen 1 uur na zonsopgang en 1 uur voor zonsondergang*
- meteorologische nacht* = *de periode tussen 1 uur voor zonsondergang en 1 uur na zonsopgang.*

	toegestane windsnelheden	Toegestane windrichtingen
meteorologische dag	oktober t/m mei $u > 1$ m/s juni t/m september $u > 2$ m/s	$-80 < \varphi < +80$ graden
meteorologische nacht	$u > 1$ m/s	



figuur 6.1 Definitie van de windrichtingshoek.

## 6.6 De meetplaats

Het referentiemeetpunt wordt zodanig gekozen dat voldaan is aan de voorwaarden gesteld aan de berekening van het equivalente geluidsniveau volgens paragraaf 4.4 van dit voorschrift. Het punt wordt zo dicht mogelijk bij de spoorweg gesitueerd, doch niet dichterbij dan 25 meter.

Bij de keuze van het referentiemeetpunt wordt vermeden dat reflecties tegen gebouwen en andere obstakels het meetresultaat beïnvloeden .

Als de meting van  $L_{AE}$  dient ter vaststelling van de geluidsbelasting van de gevel van een (nog) niet bestaand gebouw, moet de microfoon worden geplaatst in het geplande gevelvlak. Als de meting van  $L_{AE}$  dient ter vaststelling van de geluidsbelasting van de gevel van een bestaand gebouw, moet de microfoon 2 m voor die gevel worden geplaatst. In dit geval wordt het gemeten equivalente geluidsniveau verminderd met 3 dB.

De directe omgeving van de microfoon en het gebied tussen de spoorweg en de microfoon moet in normale toestand zijn. Er mogen zich geen niet-permanente objecten bevinden, die van invloed zijn op het meetresultaat

De microfoon moet met een zodanige constructie worden bevestigd dat tijdens de meting geen bewegingen mogelijk zijn. De constructie mag geen invloed uitoefenen op het meetresultaat.

**De microfoon dient met zijn gevoeligste richting omhoog te zijn georiënteerd.**

### De meetprocedure

De verdeling van gemeten spoorvoertuigen over de verschillende spoorvoertuigcategorieën dient ongeveer overeen te komen met de maatgevende verkeerssamenstelling op het betreffende spoorweggedeelte.

Het aantal spoorvoertuigpassages per meting dient tenminste vijf te bedragen.

De meetapparatuur moet voor en na de meting worden geïjkt met de ijkbron. Het verschil tussen beide ijkmetingen mag niet groter dan 1 dB zijn.

Andere geluiden dan van het spoorwegverkeer op het betreffende spoorweggedeelte mogen het meetresultaat niet zodanig beïnvloeden dat een afwijking van 0,5 dB of meer optreedt.

Het aantal metingen dat in een gegeven situatie noodzakelijk is, wordt gegeven in tabel 6.2. Wanneer volgens tabel 6.2 meer dan één meting is voorgeschreven moet elke meting op een andere dag worden uitgevoerd. Het eindresultaat in geval van meerdere metingen wordt gegeven door:

$$(6.5) \quad L_{Aeq} = 10 \lg \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{\frac{L_{Aeq,i}}{10}}$$

waarin  $L_{Aeq,j}$  het volgens formule 6.1 voor meting  $j$  berekende equivalente geluidsniveau is.  $N$  is het aantal metingen dat in de betreffende situatie is vereist.

tabel 6.2 *Het minimum aantal metingen afhankelijk van afstand en aanwezigheid van afscherming.*

afstand	Minimum aantal metingen	
	zonder afscherming	met afscherming
$R > 10(h_b + h_w)$	1	1
$10(h_b + h_w) < R \leq 20(h_b + h_w)$	1	2
$20(h_b + h_w) < R$	2	3

## 7 Emissieregister

Het emissieregister bevat ten minste de volgende gegevens:

1. een kaart met daarop aangegeven de ligging van de sporen die de emissieregisterbeheerder in beheer heeft
2. een beschrijving van de sporen met begin en eindpunt en eventuele stations en de kilometrering daarvan;
3. de verkeersintensiteiten per spoor in eenheden per uur, gemiddeld over een jaar, voor de dag, de avond en de nacht periode, onderscheiden naar remmende en niet remmende spoorvoertuigen en naar spoorvoertuigcategorie.
4. de gemiddelde snelheden per spoorvoertuigcategorie, per traject, indien nodig per periode.
5. per spoor de spoorconstructie en de daarin voorkomende kunstwerken, overwegen, wissels, en eventuele andere bijzonderheden.
6. Een overzicht van emissiekenmerken van spoorvoertuigen en spoorconstructies die niet behoren tot de spoorvoertuigcategorieën, zoals genoemd in paragraaf 1.2.

Deze gegevens dienen beschikbaar te zijn voor het jaar 1987 en voor tenminste de drie laatste jaren.

Aangezien deze gegevens rechtstreeks gebruikt moeten kunnen worden voor akoestisch onderzoek, dienen zij aan minimumeisen te voldoen wat betreft nauwkeurigheid. Hierbij moet de doelmatigheid niet uit het oog worden verloren: het verzamelen en bijhouden van de gegevens kost een hoeveelheid inspanning, die exponentieel kan toenemen indien er te grote eisen aan worden gesteld.

Per hierboven bedoelde gegevenssoort zijn de minimumvereisten als volgt:

### 1. kaart

De kaart moet een eenduidige koppeling leggen tussen de gegevensverzameling en het spoortraject. Een bepaald schaalniveau is hiervoor niet te geven, daar dit afhangt van de complexiteit. In de meeste gevallen is schaal 1:25.000 toereikend, maar in sommige stedelijke gebieden is 1:10.000 noodzakelijk. Een traploos instelbare elektronische versie moet voor elk traject de koppeling met de gegevens kunnen aangeven.

### 2. sporen

Begin en eind van elke spoor dienen in meters nauwkeurig te worden aangeduid. Bij een meersporig traject tevens een aanduiding om welk spoor het gaat. Voor wat betreft de ligging van de stations volstaat een globale aanduiding met een nauwkeurigheid van 100 m, alsmede de naam.

### 3. verkeersintensiteiten

Het gebruik van het spoor dient per spoor aangegeven te worden, in eenheden per uur, af te ronden op 0,1 eenheid. De opgave geschiedt per spoorvoertuigcategorie zoals beschreven in hoofdstuk 1, over de dag, de avond en de nachtperiode.

#### **4. snelheidsprofielen**

Per spoorvoertuigcategorie wordt aangegeven met welke snelheden het traject - gemiddeld- over het jaar bereden wordt. Daarbij wordt aangegeven waar de spoorvoertuigen bij normale uitvoering van de dienstregeling van hun remmen gebruik maken. Indien het nodig is meerdere snelheidsprofielen te gebruiken, wordt aangegeven welk aandeel van de spoorvoertuigen van welk profiel gebruik maakt (zie ook: verkeersintensiteiten). Snelheden worden afgerond op ten hoogste 5 km/h.

#### **5. bovenbouw**

De ligging -begin en eind- van de in hoofdstuk 1 beschreven constructies wordt aangegeven met een nauwkeurigheid van 1 meter. In zeer complexe situaties (meerdere wissels over afstanden minder dan 100 m) kan volstaan worden met het aangeven van het aantal onderbrekingen over de complexe situatie, in afhankelijkheid van het totaal aantal wissels.

#### **6. Emissiekenmerken**

Als een nieuw type spoorvoertuig -elk spoorvoertuig dat niet kan worden ingedeeld in de eerste negen categorieën zoals genoemd in paragraaf 1.2- gebruik maakt van een gezoneerd spoor dienen de emissiekenmerken bekend te zijn. Omdat de uitvoerder van het onderzoek verplicht is de resultaten aan de emissieregisterbeheerder op te sturen, kunnen deze in het register worden opgenomen.

#### **7. schermen (niet verplicht)**

Indien de ligging van schermen in het emissieregister wordt opgenomen, dan dienen de volgende gegevens opgenomen te zijn:

- begin en eind stand in meters
- spoor waaraan scherm ligt
- aanduiding of scherm links of rechts staat
- hoogte in dm

#### **8. hoogteligging (niet verplicht)**

De hoogteligging dient per minstens 100 meter spoor in dm boven NAP te zijn gegeven.

## **8 Toelichting reken- en meetvoorschrift**

### **8.1 Wijzigingen t.o.v. versie december 2006**

De belangrijkste wijziging van de versie augustus 2009 t.o.v. de versie december 2006 betreft de actualisatie van de categorie-indeling. Bij de actualisatie is in de eerste plaats bezien wat het huidige in omloop zijnde materieel is. De reeds eerder opgenomen elf categorieën zijn op zich in stand gebleven, maar de indeling van treintypen over die categorieën is wel gewijzigd. Ook was er aanleiding van enkele categorieën de aanduiding te wijzigen. In de tweede plaats zijn ook de meest recent bekende emissiemetingen aan treinmaterieel betrokken. Dit heeft voor de meeste emissiekenmerken van de categorieën geen wijziging opgeleverd. Wel wordt er nu een onderscheid gemaakt in de emissie bij snelheden onder en boven de 160 km/h voor categorie 9: schijf+blokgeremd hogesnelheidsmaterieel. Daarnaast is de emissie van de eerder gereserveerde categorieën 10 en 11 voor respectievelijk lightrailmaterieel en goederenmaterieel met alternatieve blokremmen ingevuld. De laatste categorie betreft het veelal als stille goederentreinen aangeduide materieel.

Een andere wijziging betreft de spoor specifieke geluidsisolatie. Nieuw is paragraaf 5.8 waarin de bepaling van de spoor specifieke geluidsisolatie is opgenomen. Dit heeft ook tot enkele kleine aanpassingen in paragraaf 5.7 en een vernummering van bestaande paragrafen 5.8 en 5.9 geleid.

In tabel 5.4 is voorts de afbakening voor de toepassing van een tophoekcorrectie van 0 dB of 2 dB voor constructies bestaande uit schermen op wallen aangepast. Eis voor de toepassing is dat voor de toepassing van een correctie van 0 dB het scherm ten minste even hoog als de onderliggende wal moet zijn. Met het oog op de huidige praktijksituaties, waarbij hogere schermen op wallen worden geplaatst dan voorheen gebruikelijk, heeft TNO recent aangegeven dat er geen aanleiding is een correctie van 2 dB toe te passen voor situaties waarin de hoogte van het scherm boven het grondlichaam groter is dan 3,5 meter. Tabel 5.4 is daarom zo gewijzigd dat voor gecombineerde wal/scherminconstructies de eis van ten minste de helft van de hoogte voor het scherm niet meer geldt voor schermen die hoger zijn dan 3,5 meter om een tophoekcorrectie van 0 dB toe te passen.

Daarnaast zijn de eerder als errata gepubliceerde “Correcties op de methode voor modellering van stalen kunstwerken” behorend bij de versie december 2006 in deze versie opgenomen.

Voor het overige is het rekenvoorschrift inhoudelijk niet aangepast, zodat er nu geen breuk met de versie van december 2006 en het voorschrift uit 1996 ontstaat. De beschreven methode voldoet aan de laatste stand van de techniek en is in overeenstemming met internationale standaarden.



## 8.2 Spoorvoertuigcategorieën

### 8.2.1 Bepaling spoorvoertuigcategorieën

In het voorschrift is bepaald dat al het verkeer onder dienstregelingnummer over een gezoneerd spoor toegedeeld moet worden aan een van de genoemde spoorvoertuigcategorieën. Bij inzet van nieuw materieel kan dit worden toegekend aan een bestaande spoorvoertuigcategorie. Hiervoor moeten metingen worden gedaan volgens TR procedure A. Indien nieuw materieel niet kan worden ingedeeld in een van de spoorvoertuigcategorieën, bijvoorbeeld als het materieel stiller is dan de bestaande spoorvoertuigcategorieën, dan worden de emissiekentallen volgens de TR procedure B vastgesteld. Door een wijziging van deze bijlage kunnen de nieuwe emissiekentallen worden opgenomen in een nieuw te creëren spoorvoertuigcategorie.

Bij emplacements kan er twijfel ontstaan over het toedelen van het verkeer dat op basis van dit voorschrift berekend moet worden (en dus onder het regime van het Besluit geluidhinder valt) en verkeer dat genormeerd wordt op grond van de Wet Milieubeheer en berekend wordt met het voorschrift "Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai". Het algemene uitgangspunt is, dat een zelfde spoorvoertuigbeweging slechts onder een van beide regimes meetelt. Om pragmatische redenen is ervoor gekozen om spoorvoertuigbewegingen die onder zgn. dienstregelingsnummer worden uitgevoerd, te berekenen met deze regeling. Deze spoorvoertuigen zijn veelal te herkennen omdat zij 3 koplichten voeren, in tegenstelling tot rangerende spoorvoertuigen, die 1 koplicht voeren.

## 8.3 Emissiegetallen (hoofdstuk 2 en 3)

De vaststelling van emissiegetallen vindt plaats per emissietraject, dat wil zeggen per spoorweggedeelte waarover de emissie van spoorvoertuiggeluid min of meer constant kan worden verondersteld. Voordat de emissiegetallen kunnen worden berekend moet dus eerst de ligging van de emissietrajecten worden bepaald of anders geformuleerd: de plaatsen op de spoorweg waar de overgangen tussen de emissietrajecten liggen.

In principe liggen deze overgangen op plaatsen waar één of meer van de invoergegevens van de emissieberekening op een voor het eindresultaat relevante wijze veranderen.

In de praktijk betekent dit dat de emissietrajectovergangen zullen liggen:

- a. Op plaatsen waar de verkeersintensiteiten veranderen, dus ter plaatse van de wissels van samenvloeiende c.q. splitsende spoorwegen.
- b. Op plaatsen waar de gemiddeld gereden snelheden veranderen, zoals ter plaatse van het ingaan c.q. opheffen van snelheidsbeperkingen. Voor deze trajecten wordt als snelheid de gemiddeld gereden snelheid in dat traject in de emissieberekening ingevoerd.

c. Op plaatsen waar de spoorstaafbevestiging wijzigt van het ene type naar het andere. De typen die hierbij worden onderscheiden zijn: houten of betonnen dwarsliggers (waarbij "zigzagbeton" qua geluidemissie valt onder het type hout) en directe spoorstaafbevestiging op bijvoorbeeld betonnen of stalen onderbouwconstructies .

d. 30 meter voor en na een spoorweggedeelte met niet-doorgelaste spoorstaven.

e. 30 meter voor en na de uiterste spoorstaafonderbrekingen van een spoorweggedeelte waar zich twee of meer wissels met een onderlinge afstand van minder dan 50 meter bevinden.

Als toepassing van bovenstaande leidt tot emissietrajecten korter dan een tiende van de afstand tussen dit emissietraject en het waarneempunt dan kunnen deze worden verwaarloosd. Daarmee is tevens aangegeven dat er geen minimale afmeting van een emissietraject is vastgesteld. Dit zal naast de verhouding met de naastgelegen emissietrajecten immers ook afhankelijk zijn van de afstand -en daarmee de relatieve zichthoek- tot het emissietraject.

Op plaatsen waar een gebied met spoorstaafonderbrekingen start of eindigt zoals bij voegenspoorstaven, wissels en kruisingen kan, in geval van korte opeenvolging van emissietrajectovergangen, de afstand van 30 meter zoveel kleiner genomen worden als nodig. Voor berekeningen volgens de Standaardrekenmethode 1 worden de emissiegetallen bepaald over een lengte van vier maal de loodrechte afstand tussen het waarneempunt en de spoorweg; deze lengte is symmetrisch ten opzichte van de loodlijn van het waarneempunt op de spoorweg. Op deze wijze is voor het gehele spoorweggedeelte dat gelegen is binnen het aandachtsgebied dat voor deze rekenmethode is gedefinieerd, de emissie bekend.

Wordt de berekening uitgevoerd met behulp van de standaardrekenmethode 2 dan is bepaling van emissiegetallen nodig over een twee maal zo grote lengte als boven omschreven.

Voor ieder emissietraject worden twee typen emissiegetallen vastgesteld: één getal voor de berekening volgens hoofdstuk 2 in dB en voor de berekening volgens hoofdstuk 3 acht getallen voor 2 bronhoogten ieder, 16 getallen totaal per traject. Voor eenvoudige situaties (1 of 2 dicht bij elkaar gelegen sporen) is steeds één getal of serie getallen gegeven. Het geluid wordt dan geacht geëmitteerd te worden in het hart van het spoor. De hartlijn van het spoor vormt dan de rijlijn zoals die in de rekenmethoden wordt gehanteerd. Wanneer gewenst is om meer rijlijnen in de berekening te betrekken wordt, als geen nadere gegevens voorhanden zijn, het betreffende emissiegetal gelijkelijk over beide rijlijnen verdeeld. In complexe of asymmetrische situaties worden de emissiegetallen gespecificeerd per rijlijn gegeven.

Dit deel van het voorschrift geeft de formules waarmee, uitgaande van de verkeersintensiteit, spoorvoertuigcategorie, remfractie en baantoestand het emissiegetal is te berekenen.

Het emissiegetal per octaafband wordt berekend voor meerdere bronhoogten. Vooral voor het berekenen van afscherming is deze verfijning noodzakelijk gebleken. Wanneer spoorvoertuigen die uitgerust zijn met zogenaamde blokremmen hun remming uitvoeren verschuift de bron van de geluidemissie duidelijk naar boven. De verschillende baancorrectiefactoren zijn afhankelijk van het materieeltype. De onderscheiden factoren dekken vrijwel alle baantypen die in de praktijk worden aangetroffen. Een uitzondering vormen onder andere nog de stalen viaducten, waarvoor vooralsnog geen eenduidige regels te geven zijn. Bij de vaststelling van emissiegetallen voor een dergelijk viaduct zal de baancorrectieterm door (verschil)meting moeten worden vastgesteld. De Thalys (categorie 9) rijdt altijd in een vaste samenstelling van 8 rijkswagen en 2 motorwagens (10 eenheden). Hoewel deze verschillende emissies hebben, kunnen zij dan toch als één categorie gezien worden. Indien noodzakelijk kunnen de motorrijtuigen toch apart berekend worden, omdat de emissiekentallen daarvoor gegeven zijn.

Het emissiegetal ter plaatse van stalen bruggen en andere niet in dit voorschrift genoemde kunstwerken en baanconstructies kan door middel van meting worden bepaald. Hierbij wordt de meetmethode volgens hoofdstuk 6 als uitgangspunt gebruikt.

De emissiegetallen voor dieselmaterieel en sommige elektrische locs bevatten niet het aandeel van de geluidsproductie bij acceleratie en stationair draaien. Omdat dit uitlaatgeluid en ventilatorgeluid hoog geëmitteerd wordt, dient bedacht te worden dat het aanbrengen van schermen op plaatsen waar geregeld materieel accelereert of stationair draait nauwelijks zin heeft als met dit uitlaatgeluid geen rekening worden gehouden. De huidige rekenmethode voorziet niet in het vaststellen van de geluidsbelasting in deze gevallen. Een methode zoals beschreven in de "Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai" zal dan meer voor de hand liggen.

De emissieformules zijn geldig vanaf 40 km/h. Voor situaties waarbij de werkelijke snelheid lager is dan 40 km/h kan gerekend worden met de emissie horend bij 40 km/h, wat over het algemeen een lichte overschatting van de werkelijke emissie zal geven.

### 8.3.1 Effect van akoestisch slijpen

Formule 3.3d kan gebruikt worden in situaties waarin structureel sprake is van een fors hogere spoorruwheid dan het landelijk gemiddelde dat de basis is voor dit rekenvoorschrift. De formule 3.3d is echter met name bedoeld om de mogelijkheid te bieden de geluidreducerende effecten in de berekening te verwerken van het onderhouden van het spoor in een toestand met extra lage spoorruwheid. Deze bronmaatregel bestaat uit het eenmalig aanbrengen van de extra lage spoorruwheid en het vervolgens onderhouden van dit lage ruwheidsniveau. Door inzet van speciale slijptreinen en slijptechnieken is dit mogelijk en men spreekt ook wel van "akoestisch slijpen". Essentieel is dat de spoorwegbeheerder dit speciale onderhoud naar behoren vorm geeft. Belangrijk onderdeel daarbij is een jaarlijkse controle van het ruwheidsniveau van de sporen. Deze monitoring kan de spoorwegbeheerder vorm geven door handmetingen te laten uitvoeren, maar ook meetsystemen vanaf spoorvoertuigen zijn hiervoor wellicht geschikt. Onze minister kan nadere regels vaststellen voor de wijze waarop deze monitoring moet plaatsvinden.

### 8.3.2 Toeslag voor kunstwerken

Het is mogelijk het rolgeluid afkomstig van het spoor op een kunstwerk te bepalen op dezelfde wijze als omschreven in TR procedure C. Er wordt een spoorwegoverdracht bepaald die de geluidskarakteristiek van het kunstwerk bevat. Dit kan de toeslagwaarden uit de tabellen in de hoofdstukken 2 en 3 vervangen.

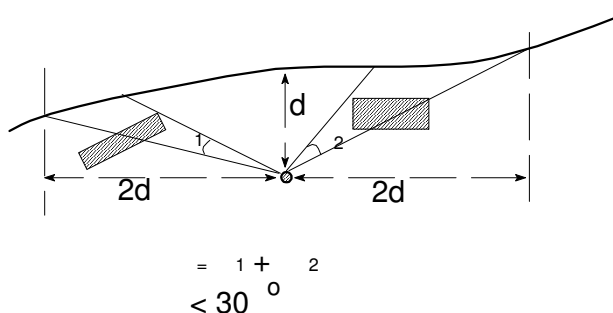
## 8.4 Standaardrekenmethode 1 (hoofdstuk 4)

### Geometrische definiëring van de situatie

Aan de Standaardrekenmethode 1 ligt ten grondslag dat de spoorweg over een bepaalde afstand bij benadering recht moet zijn. De toetsing ten aanzien van het recht-zijn van de spoorweg is gedemonstreerd in *figuur 4.1*. De modellering van de situatie houdt in dat de rekenmethode niet toepasbaar is in de gevallen waarin de as van de werkelijke spoorweg een der gearceerde gebieden van *figuur 4.1* doorsnijdt. In zulke gevallen kan het rekenschema wel vaak als indicatieve methode worden gebruikt. Voor de beoordeling van bepaalde eigenschappen wordt in het model alleen het (belangrijkste) spoorweggedeelte tussen de begrenzingslijnen beschouwd. De gehele spoorweg wordt echter in rekening gebracht.

### Geluidafschermdende objecten

De Standaardrekenmethode 1 is gebaseerd op grotendeels vrij zicht vanuit de waarnemer (het punt waarin het  $L_{Aeq}$  wordt bepaald) op de spoorweg. Er wordt daarbij vanuit gegaan dat de som van alle hoeken waarover obstakels het zicht van de waarnemer op het spoorwegverkeer belemmeren niet groter is dan  $30^\circ$ . Een en ander is geïllustreerd in figuur 9.1. Het bovenstaande geeft tevens het toepassingsbereik van de rekenmethode aan met betrekking tot obstakels tussen spoorweg en waarnemer. Voorbeelden van geluidafschermdende objecten zijn: gebouwen, schermen, wallen en het oplopend talud langs verdiept gelegen spoorbanen. Voor spoorbanen in ophoging geldt ook het grondlichaam als afscherming voor het geluid in neerwaartse richting. De Standaardrekenmethode 1 is derhalve niet geldig voor waarneempunten gelegen lager dan de bovenkant van de spoorstaven. Voor lage waarneempunten kan met de methode een (overschatte) indicatie van het werkelijke  $L_{Aeq}$  worden verkregen.



figuur 8.1 Horizontale projectie van het aandachtsgebied ter illustratie van het toepassingscriterium voor de afscherming

### Emissievariatie

De Standaardrekenmethode 1 gaat ervan uit dat de spoorweg tussen de begrenzingslijnen geen al te grote variaties vertoont ten aanzien van de emissie.

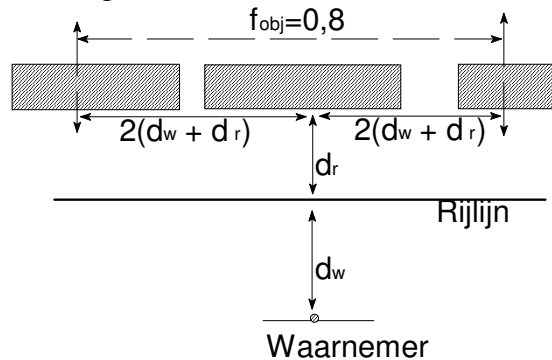
### Afstandscriterium

Het criterium dat de afstand tussen waarneempunt en as van het spoor ten minste anderhalf maal de afstand tussen de buitenste spoorstaven moet bedragen, is gesteld omdat in dat geval de uit meer dan één spoor bestaande spoorwegen kunnen worden gemodelleerd als één rijlijn gelegen ter plaatse van de as van het spoor. Als niet aan het criterium kan worden voldaan wordt de berekening uitgevoerd per spoor (of combinatie van sporen die wel aan het criterium voldoen), waarna de afzonderlijke uitkomsten energetisch worden gesommeerd.

### Reflectieterm

De reflectieterm  $C_{reflectie}$  brengt de geluidsniveauperhoging in rekening als gevolg van reflecties van het geluid tegen akoestisch harde oppervlakken langs en aan de overzijde van de spoorweg. Akoestisch harde oppervlakken zijn bijvoorbeeld gevels, muren en niet-geluidsabsorberende schermen.  $C_{reflectie}$  wordt bepaald door de parameters  $d_r$ ,  $d_w$  en  $f_{obj}$  die in figuur 9.2 met een voorbeeld worden toegelicht. In dit voorbeeld is de objectfractie  $f_{obj}$  gelijk aan 0,8, waaruit voor de reflectieterm de waarde van 0,8 dB volgt.

Voor reflecterende vlakken die niet geheel evenwijdig aan de spoorweg staan (afwijkingen  $> 20^\circ$ ) kan de rekenmethode ook worden toegepast.  $C_{reflectie}$  wordt dan enigszins overschat.



figuur 8.2 Voorbeeld van de vaststelling van de parameters bij de berekening van de reflectieterm  $C_{reflectie}$ . Uit de horizontale projectie blijkt dat  $d_r < 4d_w$  zodat de reflectieterm bij het  $L_{aeq}$  in rekening moet worden gebracht.

### Afstandsterm

Naarmate de afstand tot de geluidsbron groter is wordt de door de bron in een bepaalde richting uitgestraalde geluidsenergie over een groter oppervlakte verdeeld en het geluidsniveau dus lager. De afstandsfactor  $D_{afstand}$  brengt dit effect in rekening voor een lijnbron.

### Verzwakkingsterm ten gevolge van de luchtabsorptie

De betrekking waarmee de luchtdemping wordt berekend, is geldig voor afstanden tot circa 1000 m tot de as van de spoorweg.

### Verzwakkingsterm ten gevolge van het bodemeffect

Voor de bepaling van  $B$  is het van belang erop te wijzen dat slechts niet verharde grond (grasland, landbouwgrond, bosgrond, enz.), in tegenstelling tot wateroppervlakten, asfalt, beton, klinkers, trottoirtegels, enz.) - al of niet begroeid - bijdraagt aan de bodemverzwakking. In bepaalde configuraties is het mogelijk dat de bodemverzwakking  $D_{bodem}$  negatief wordt.

## 8.5 Standaardrekenmethode 2 (hoofdstuk 5)

### Algemeen

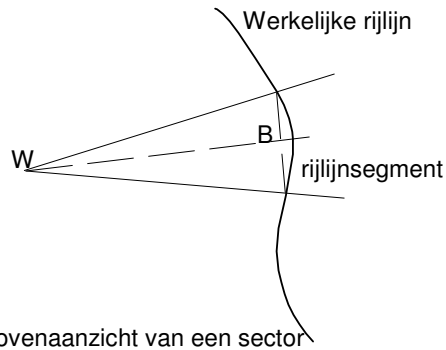
Het toepassingsgebied van de Standaardrekenmethode 2 is ruimer dan dat van de Standaardrekenmethode 1 en de meetmethoden als gegeven in hoofdstuk 6. Deze methode dient dan ook te worden toegepast in de gevallen waarin, de ander methoden onvoldoende leiden tot een voor de betreffende situatie representatief equivalent geluidsniveau. Omdat het onmogelijk is om in dit besluit een methode te geven die in alle gevallen toepasbaar is, wordt per onderdeel van de rekenmethode aangegeven onder welke omstandigheden nader onderzoek op dat onderdeel noodzakelijk is. Uitvoerenden van nader onderzoek worden geacht een grote mate van deskundigheid te bezitten, terwijl aan de rapportage hoge eisen worden gesteld.

Het overdrachtsmodel dat in de Standaardrekenmethode 2 wordt gehanteerd, met name het gedeelte betreffende de bodemdemping en de schermwerking, is gebaseerd op het gekromde stralenmodel bij meewindcondities. Bij de berekening van de schermwerking, volgens de theorie van Maekawa, wordt de kromming van de geluidsstralen verdisconteerd door de werkelijke schermhoogte met een ineffectief deel te verminderen. De bij dit overdrachtsmodel veronderstelde meewindcondities zijn echter niet representatief als meteorologisch gemiddelde. Door een meteocorrectieterm op te nemen in het model wordt een 'meteogemiddeld' equivalent geluidsniveau  $L_{Aeq}$  verkregen.

In dit deel worden de emissiegetallen per emissietraject, gespecificeerd per octaafband, als bekend verondersteld. De geometrische invoergegevens zullen veelal afkomstig zijn van goed gedetailleerd kaartmateriaal (horizontale projectie en verticale doorsneden van de relevante objecten). Terwille van de automatische verwerking zullen deze gegevens alleen geschematiseerd in de berekening worden ingevoerd (gekromde lijnen worden benaderd door rechte lijnstukken, de hoogte van glooiend maaiveld wordt met een gemiddelde waarde aangegeven, akoestisch niet relevante details worden weggelaten, enzovoort). Dit maakt de invoer van gegevens een bezigheid die een zeker akoestisch inzicht vereist. Met name in complexe akoestische situaties dient bij de rapportage zowel het oorspronkelijk kaartmateriaal als de geschematiseerd ingevoerde geometrie toegevoegd te worden.

### Begripsbepalingen

Bij de berekening van de overdracht (bodemeffect, schermwerking en meteocorrectie) wordt uitgegaan van puntbronnen. Per sector wordt daartoe de bron, die strikt genomen een stukje lijnbron (het rijlijnsegment) is, gelokaliseerd gedacht in één punt, hier het bronpunt genoemd.



figuur 8.3 Illustratie bij het begrip rijlijnsegment.

### De Hoofdformule

De gegeven formules 5.1a en 5.1b zijn afgeleid uit de definitie van het equivalente geluidsniveau  $L_{Aeq}$  die volgens ISO/DIS 1966 part 1 luidt:

$$(8.1) \quad L_{Aeq} = 10 \lg \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt$$

waarin  $t_1$  en  $t_2$  respectievelijk de begin- en de eindtijd zijn van een gespecificeerd tijdsinterval in seconden,  $p_A(t)$  de momentane A-gewogen geluidsdruk (in Pa) en  $p_0$  de referentiegeluidsdruk van 20  $\mu$ Pa is.

De constante van  $-58,6$  hierin is het gevolg van het feit dat:

- de emissie-term  $L_E$  het geluidvermogen per kilometer representeert i.p.v. per meter;
- de openingshoek in de geometrische uitbreidingsterm ( $\Phi$ ) in graden is i.p.v. in radialen;
- de constante  $1/4\pi$  ontbreekt in de geometrische uitbreidingsterm.

Dit leidt tot een term  $+10 \lg (1/1000) \cdot (\pi/180) \cdot (1/4\pi) = -58,6$  dB.

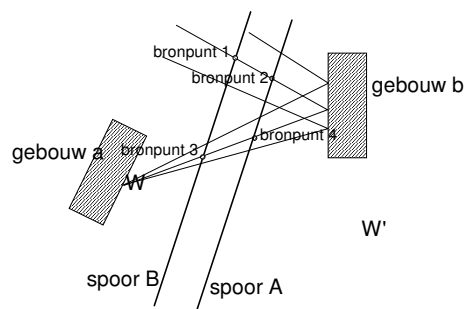
In de Wet geluidhinder zijn drie intervallen gespecificeerd, te weten de dagperiode lopende van 07.00-23.00 uur, de avondperiode lopende van 19.00-23.00 uur en de nachtperiode lopend van 23.00-07.00 uur. Alle termen in het rechterlid van formule 1b dienen te zijn voorzien van één of meer van de indices  $i, j$ , of  $n$ , omdat de berekening hier slechts betrekking heeft op één octaafband, één sector en één bronpunt, is omwille van de duidelijkheid afgezien van de vermelding van de indices.



De sommatie over de index  $n$  (van 1 t/m  $N$ ) beschrijft de (energetische) superpositie van de afzonderlijke bijdragen van de rijlijnen. De sommaties over de indices  $i$  (van 1 t/m 8) en  $j$  (van 1 t/m  $J$ ) zijn de numerieke integraties over de frequentie (octaafbanden) en de totale openingshoek van het waarneempunt (sectoren). In de meeste gevallen is het voldoende om alle sectoren een openingshoek van  $5^\circ$  toe te kennen. Sectoren met een openingshoek kleiner dan  $5^\circ$  kunnen nodig zijn omdat bij discontinuïteit in de geometrie (hoeken van gebouwen, uiteinden van schermen en dergelijke) en in de verkeersgegevens (bij verandering van het emissiegetal) sectorgrensvlakken gelegd moeten worden. De totale openingshoek van het waarneempunt kan twee waarden hebben, te weten: a. 180 graden indien het  $L_{Aeq}$  dient ten behoeve van de vaststelling van de geluidsbelasting van een gevel, of b. 360 graden indien het  $L_{Aeq}$  dient ten behoeve van de vaststelling van de geluidsbelasting op een geluidsgevoelig terrein.

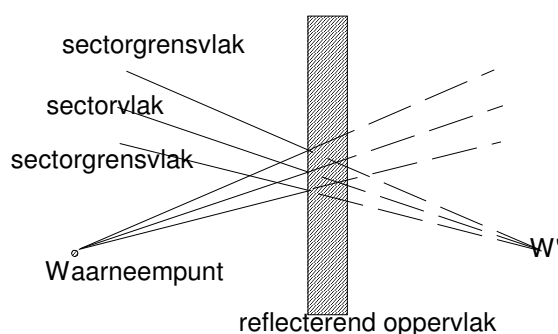
### Reflecties

De constructie van een sector voor de berekening van de invloed van reflecties verloopt zoals aangegeven in *figuur 8.4*. Het gedeelte van de onreflecteerde sector rechts van het reflecterend oppervlak wordt vervangen door het spiegelbeeld ervan ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Het gespiegelde sectordeel hoort schijnbaar bij het waarneempunt  $W'$  dat het spiegelbeeld is van het werkelijke waarneempunt  $W$ .



*figuur 8.4 De constructie van een sector na reflectie.*

In *figuur 8.5* is een voorbeeld gegeven van een sector die ten gevolge van een reflectie voor de tweede maal een spoorweg snijdt. De bijdrage van de getekende sector aan het equivalente geluidsniveau  $L_{Aeq}$  moet hier worden berekend uit de superpositie van de bijdragen van de bronpunten 3 en 4 (direct) en de bronpunten 1 en 2 (via reflectie). Bij reflecterende oppervlakken die een hoek van  $5^\circ$  of meer met de verticaal maken, staat niet à priori vast of het gereflecteerde geluid het waarneempunt bereikt. Een nader onderzoek is in dit geval vereist om aan te tonen in welke mate geluidsreflecties het  $L_{Aeq}$  van de betreffende sector beïnvloeden. De bijdrage van reflecterende oppervlakken die met de verticaal een grotere hoek maken dan  $30^\circ$  en het geluid opwaarts weerkaatsen (schuine daken en dergelijke) kunnen worden verwaarloosd, zodat nader onderzoek in dat geval overbodig is. Bij oneffenheden van het reflecterend oppervlak moet bij gevels gedacht worden aan balkons, galerijen, trappenhuisen en dergelijke. Als het bron- of waarneempunt zicht op korte afstand hiervan bevinden kan het verstrooiend effect van de oneffenheden leiden tot geluidsniveaus die niet overeenkomen met de uitkomsten van deze rekenmethode. Een nader onderzoek, bijvoorbeeld praktijk- of schaalmodelmetingen, kan hierin uitkomst brengen. Als het waarneempunt zich op de gevel bevindt (dit is het geval wanneer de geluidsbelasting van de gevel moet worden vastgesteld), is bovenstaande uiteraard niet van toepassing op het waarneempunt.



*figuur 8.5* Voorbeeld van een sector die door een reflectie tweemaal een spoorweg snijdt.

In feite wordt het oppervlak van een object per sector benaderd door een plat vlak. Als deze benadering géén goede beschrijving van de werkelijke situatie is, kan in veel gevallen het verdelen van het oppervlak over meerdere sectoren met een kleinere openingshoek de oplossing zijn. Is dit niet het geval dan is nader onderzoek vereist, bijvoorbeeld in de vorm van praktijk- of schaalmodelmetingen.

### **De overdrachtdemping $L_o$**

#### **Luchtdemping $D_L$**

De gegeven waarden van lucht zijn afgeleid uit het tertsbandspectrum ISO-DIS 3891 bij  $10^\circ\text{C}$  en 80% relatieve vochtigheid. Met name bij de hoge frequentiebanden is enige compensatie geïntroduceerd voor het sterk dispersieve karakter van de absorptie.

### **Bodemdemping $D_B$**

De indeling in drie bodemgebieden is noodzakelijk omdat bij het aangenomen gekromde-stralen model bodemreflecties optreden in de nabijheid van de bron zowel als de waarnemer en, bij voldoende grote afstand tussen bron en waarnemer, tevens in het tussenliggende gebied. Elk van die gebieden kan een andere bodemgesteldheid hebben, zodat bij de berekening drie verschillende absorptiefracties benodigd zijn.

Onder akoestisch hard worden hier verstaan: klinkers, asfalt en andere wegverhardingen, wateroppervlakken en dergelijke. Niet akoestisch hard zijn: grasland, landbouwgrond met en zonder gewas, zandvlakten, grond onder vegetatie enz.

### **De schermwerking $L_{sw}$**

Aangezien dit onderdeel van het rekenmodel alleen geschikt is om de bijdrage van het geluid dat via diffractie over een object het waarneempunt bereikt te verrekenen, moet het aandeel van de geluidstransmissie door het object te verwaarlozen zijn.

Met andere woorden, de isolatie van het object moet belangrijk hoger zijn dan de berekende schermwerking om als afscherming in aanmerking te komen.

Gebouwen, aarden wallen en dergelijke voldoen hier in het algemeen wel aan, ten aanzien van schermen, muren en soortgelijke objecten moet gelden dat de massa per eenheid van oppervlakte tenminste  $10\text{kg/m}^2$  bedraagt en er zich geen grote kieren of openingen ('akoestische lekken') in bevinden. Aangetoond is dat een afwateringsspleet aan de onderzijde van een scherm van niet meer dan 10 cm hoogte en onder de bovenzijde van het spoor geen meetbare invloed heeft op de werking van het scherm.

De schermwerking in dit voorschrift is gebaseerd op een aantal gevalideerde metingen en berekeningen, die echter niet voor alle denkbare situaties representatief zijn. In de meeste gevallen zijn de benaderingen uit dit voorschrift conservatief en wordt de schermwerking onderschat. De toepassing van een lager geluidsscherm is dan wellicht mogelijk als dit door nader onderzoek kan worden onderbouwd. Dit nader onderzoek kan ook bestaan uit een inventarisatie van in het verleden reeds uitgevoerde onderzoeken, bijvoorbeeld schaalmodel onderzoek, aan soortgelijke schermen in vergelijkbare omstandigheden

In elk geval dient nader onderzoek plaats te vinden in de volgende situaties:

- Bij toepassing van een reflecterend geluidsscherm, waarbij wordt afgeweken van formule 5.2. De benadering van de werkelijke schermhoogte door een effectieve schermhoogte volgens formule 5.2 is een conservatieve benadering; onderzoek van een aantal situaties heeft dit aangetoond.
- Voor schermen hoger dan 4,0 meter boven de bovenkant van het spoor is de feitelijke schermwerking waarschijnlijk geringer dan zou worden berekend.
- Voor de berekening van de effecten van geluidsschermen op kortere afstand uit het hart van het spoor dan 4,5 meter, waarbij het wenselijk is het effect van deze kortere afstand in rekening te brengen.

### **De spoor specifieke absorptie**

Het in paragraaf 5.7 opgenomen spoorverkeersspectrum ter bepaling van de spoor specifieke absorptie is gebaseerd op de aanwezigheid van tenminste 50% goederenverkeer (meer laag frequent geluid). Voor situaties met minder goederenverkeer is de feitelijke spoorstaafspecifieke absorptie meestal groter en zal het resultaat wat verkregen wordt door gebruik te maken van het opgegeven spectrum aan de veilige kant zitten.

### **De spoor specifieke geluidisolatie**

De geluidisolatie van zwaardere bouwmaterialen zoals beton en steen alsmede van aarden wallen, is over het algemeen voldoende om te voorkomen dat geluid door het scherm heen een bijdrage levert bij de waarnemer; het meeste geluid gaat immers via buiging over de schermrand heen. Bij toepassing van lichtere bouwmaterialen (bijvoorbeeld bij deuren of bij dilatatievoegen) en hoge schermen (3 tot 4m schermhoogte) en bij waarneempunten zeer dicht achter het scherm (tot 10m) is voorzichtigheid geboden. Bij schermen met een hoogte van 2m boven BS moet de spoorverkeersspecifieke geluidisolatie tenminste 25 dB bedragen, bij 4m hoge schermen is dat 30 dB.

### **Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidsniveau**

Voor een nauwkeurige bepaling van het equivalente geluidsniveau binnen woningen is het gewenst dat met beschikt over het octaafbandspectrum van het voor de gevel heersende geluidsveld. Op de beschreven wijze verkrijgt men een achttal waarden voor de equivalente geluidsniveaus in de onderscheiden octaafbanden. De A-weging is hierin reeds verdisconteerd. Het verdient in alle gevallen aanbeveling om naast het equivalente geluidsniveau in dB ook het octaafbandspectrum te vermelden bij de rapportage.

## **8.6 Meetmethode (hoofdstuk 6)**

### **Bepaling overdrachtsverzwakking**

De hier beschreven meetmethoden dienen voor het bepalen van de overdrachtsverzwakking en voor het bepalen van de brugtoeslag.

De methoden hebben een hybride karakter, dat wil zeggen dat de bepaling van het equivalente geluidsniveau plaatsvindt door een combinatie van een meting en een berekening. De berekening wordt uitgevoerd voor een referentiepunt dat zodanig wordt gekozen dat de Standaardrekenmethode 1 (SRM 1) kan worden gebruikt. Het meetgedeelte van de methode bestaat uit een bepaling van het verschil in de geluidsoverdracht tussen het referentiepunt en het werkelijke meetpunt. Dit laatste gebeurt door over een aantal treinpassages het gemiddelde verschil in het sound exposure level  $L_{AE}$  te meten. Het equivalente geluidsniveau ter plaatse van het meetpunt volgt dan uit formule 6.1; het is gelijk aan het  $L_{Aeq}$  op het referentiepunt  $L_{Aeq,ref}$  verminderd met het gemeten overdrachtsverschil  $\Delta L_{AE}$ .

Het voordeel van deze methode is dat tijdens de meting geen tellingen van het aantal passerende spoorvoertuigen hoeft plaats te vinden, noch dat snelheidsmetingen behoeven te worden uitgevoerd. De methode is ook onafhankelijk van variaties in de bovenbouwconstructie; het is zelfs mogelijk het  $L_{Aeq}$  te bepalen langs baangedeelten waarvan de bovenbouw onbekend is. (De gegevens voor het aandachtsgebied van het referentiepunt moeten natuurlijk wel bekend zijn).

In principe is er geen beperking aan de langs de spoorweg gemeten afstand tussen de beide meetpunten (de afstand  $M_{ref} - M'$  in de tekening). Als er echter tijdens de gemeten passages verandering in het rijgedrag langs dit traject optreden (snelheidsverloop, remmen) dan dient deze verandering min of meer overeen te komen met het normale rijgedrag ter plaatse.

Hoewel de meeste moderne meetapparaten beschikken over de mogelijkheid om sound-exposure levels te bepalen, kan het echter voorkomen dat slechts het equivalente geluidsniveau per passage kan worden gemeten.  $L_{AE}$  kan dan worden verkregen door het  $L_{Aeq}$  te corrigeren voor de registratieduur van de passage ( $T_p$ , uitgedrukt in seconden) volgens de volgende formule:

$$(8.2) \quad L_{AE} = L_{Aeq} + 10 \lg T_p$$

### **Methode kunstwerktoeslag**

#### **Toepassing van de methode voor meting en modellering van bruggen**

De methode kan gebruikt worden voor stalen bruggen met eventuele geluidschermen of geluid afschermdelen, onder de aanname dat het geluidscherm alleen effect heeft op het rolgeluid (de dipoolbronnen). Ook kan de methode gebruikt worden om het effect van de plaatsing van een geluidscherm te berekenen. Wel is voorzichtigheid geboden bij toepassing van zeer hoge schermen (hoger dan 4 m), doordat andere effecten een rol kunnen gaan spelen, zoals geluidafstraling door het scherm zelf.

Bij betonnen kunstwerken is de emissie tengevolge van rolgeluid en bruggeluid verwerkt in de betreffende bovenbouwcorrectie. Deze werkwijze mag worden toegepast in situaties met geluidschermen of afschermdelen met een hoogte tot 2 m boven de bovenkant van de spoorstaven. Bij toepassing van schermen hoger dan 2 m op een betonnen kunstwerk is de methode voor meting en modellering van bruggen bruikbaar, waarbij een vlak brugbijdragefilter van 0 dB<sup>1</sup> voor alle octaafbanden gehanteerd dient te worden. Bij twijfel of een kunstwerk moet worden aangemerkt als een betonnen of als een stalen kunstwerk is de constructie van het brugdek (de brugonderdelen direct onder de spoorstaafbevestiging dan wel de ballast) maatgevend. Voor bruggen korter dan 10 m behoeft de methode niet te worden toegepast omdat deze niet als een apart deeltraject in rekening worden gebracht.

---

<sup>1</sup> Hiernaar dient nader onderzoek verricht te worden; Dit brugbijdragespectrum zal in het algemeen tot conservatieve resultaten leiden.

Voor situaties waarbij nader onderzoek vereist is omdat het brugaandeelfilter niet toepasbaar is (zie bovenstaande opmerkingen) is het mogelijk om met een methode voor het bepalen van het rolgeluid (zoals opgenomen in TR paragraaf 2.4 en 2.4.6.) het brug- en rolgeluidaandeel te meten.

Aangegeven is dat bij meersporige bruggen volstaan kan worden met meting van de toeslag van één spoor, mits het gelijkwaardige sporen zijn. Dit is ook van toepassing voor de zogenaamde "aanbruggen", situaties waarbij de brug in de lengterichting uit meerdere delen bestaat. Ook dan kan onder de voorwaarde dat het gelijkwaardige brugdelen zijn, volstaan worden met meting van één deel.

### **Schalen van de bronemissies**

De emissiesterktes moeten zo worden geschaald dat de berekende immissietoename zowel qua verhouding als qua grootte overeenkomt met de gemeten immissietoename.

Deze schaling kan bijvoorbeeld gebeuren met een iteratieve procedure. Eerst worden emissiesterktes voor de rolgeluid- en kunstwerkbron aangenomen. Vervolgens wordt het immissieverschil tussen aarden baan en kunstwerk ten gevolge van beide bronnen berekend. Als waarneempunten worden daarbij de meetpunten genomen.

Het verschil tussen het berekende en gemeten immissieverschil als gevolg van beide bronnen wordt nu in mindering gebracht op de emissie. Vervolgens kan de berekening opnieuw worden uitgevoerd met de aangepaste emissiesterktes. Het berekende immissieverschil moet nu gelijk zijn aan het gemeten immissieverschil. Hiermee zijn de extra emissietermen op juiste wijze in de ORM verdisconteerd.

### **Correctie voor afwijkende spoorruwheid**

Wat betreft spoorruwheid moet voorkomen worden dat een niet-representatieve situatie beoordeeld wordt. De emissiegetallen van een doorgaand spoor (tabel 3.1) zijn gebaseerd op de gemiddelde spoorruwheid in Nederland. Dit is consistent met het onderhoudsregime van het spoor: zeer ruwe spoorstaven wordt op een gegeven moment geslepen en dan is het weer een tijdje glad. Er is echter niets bekend over de gemiddelde spoorruwheid op stalen bruggen en de aanname dat de actuele spoorruwheid representatief is voor de brug is plausibel. Bij het bepalen van de brugtoeslag wordt wel een ruwheidscorrectie toegepast voor de meetdoorsnede op de aardebaan, maar niet voor de brug. De brugtoeslag is dan dus deels het gevolg van de brugconstructie en deels van de hoge spoorruwheid. Deze keuze heeft twee consequenties:

1. De berekende geluidniveaus in de omgeving van de brug zo goed mogelijk overeenkomen met de werkelijk waar te nemen niveaus;
2. Het slijpen van de spoorstaven op de brug als geluidreducerende maatregel meegenomen worden; in dit geval dient ook bij de meetdoorsnede op de brug de spoorruwheid bepaald te worden volgens NEN-EN-ISO 3095:2005.

Middels deze methode kan een zogenaamde brugtoeslag bepaald worden die vervolgens in een octaafband model verwerkt kan worden. Het brugdek dient hierbij als absorberend gemodelleerd te worden. Het eventuele water aan weerszijden van de brug dient als akoestisch hard bodemgebied gemodelleerd te worden.

### **Methode voor bijzondere situaties**

In bijzondere situaties (zoals wachtsporen of complexe stationssituaties) of voor het rechtstreeks bepalen van een equivalente geluidsbelasting zijn de hier beschreven methoden niet geheel toereikend. In het eerste geval kan de methode volgens de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai uitkomst bieden. In het tweede geval zal door een akoestisch deskundige in overleg met de spoorwegbeheerder een meetplan opgesteld moeten worden, opdat een voldoende representatief resultaat kan worden bereikt.

### **Apparatuur**

Het genoemde instrumentarium is een "minimumpakket". In de praktijk zal blijken dat afhankelijk van de aard en de frequentie van de metingen meer apparatuur is benodigd om de uitvoering van de metingen te vergemakkelijken. In de meetpraktijk wordt al vaak gebruik gemaakt van de mogelijkheid het microfoonsignaal vast te leggen op magneetband en verwerking te laten plaatsvinden in het laboratorium. De gebruikte bandrecorder en het bandmateriaal moeten qua dynamisch bereik, frequentie karakteristiek en vervormingseigenschappen zodanig zijn dat de instrumentatieketen met bandrecorder gelijkwaardig is aan een instrumentatieketen waarbij ter plaatse het microfoonsignaal wordt geanalyseerd. Naast een opname van de akoestische ijkbron, is een elektrische calibratie ter controle van de frequentie karakteristiek van het bandmateriaal aan te raden. De resultaten hiervan dienen bij de rapportage te worden vermeld evenals het gebruikte type bandrecorder en bandmateriaal.

### **De meetplaats**

Omdat op het referentiemeetpunt de geluidsbelasting dient te worden berekend met de Standaardrekenmethode 1 spreekt het voor zich dat bij de keuze van dit punt de toepassingsvoorwaarden voor deze rekenmethode in acht moeten worden genomen. De voorkeursafstand van 25 m hangt samen met het feit dat op die afstand de rekenmethode het meest nauwkeurig is en bovendien de minste problemen met stoorgeluid behoeven te worden verwacht.

Op de omschreven manier wordt het equivalente geluidsniveau bepaald op een punt in het gevelvlak veroorzaakt door het op het gevelvlak invallend geluidsveld.

Onder normale toestand dient hier te worden verstaan de toestand van de meetplaats zonder dat metingen worden verricht. De meetapparatuur moet dus zodanig worden opgesteld dat geen ongewenste reflecties worden veroorzaakt. Tot geparkeerde personenauto's wordt een minimale afstand van vijf meter aangehouden; voor vrachtwagens is dit tien meter. Als metingen voor een gevel worden uitgevoerd zijn de ramen in de nabijheid van de microfoon gesloten.

In de meeste gevallen kan met een statief worden gewerkt, waarmee aan de gestelde voorwaarden eenvoudig kan worden voldaan. Bij uitzondering kan worden gewerkt met een "hengel" of een kabelbevestiging.

Voor condensatormicrofoons met een diameter van een halve inch of minder is deze eis minder kritisch, maar omwille van de eenduidigheid blijft ze ook hier gehandhaafd.

### **De meetprocedure**

Vanwege het feit dat de geluidsoverdracht frequentieafhankelijk is, is ook de verdeling van het geëmitteerde geluidsvermogen over de verschillende octaafbanden van belang. Deze zogenaamde spectrale verdeling dient daarom tijdens de metingen ongeveer overeen te komen met de normaal ter plaatse voorkomende verdeling. De keuze van de materiaalsoorten waaraan de meting wordt verricht, dient daarom min of meer representatief te zijn voor de normale (= jaargemiddelde) dienstregeling. Deze voorwaarde is echter niet zo kritisch; significante fouten kunnen bijvoorbeeld optreden als gemeten wordt aan een lichte materieelsoort (sprinters), terwijl het nachtelijk goederenvervoer maatgevend is.

De invloed van andere geluiden dan van het spoorverkeer op het betreffende spoorweggedeelte (de stoorgeluiden) veroorzaken dat een hoger geluidsniveau wordt gemeten dan het immisnieniveau van het te meten spoorverkeer. Stoorgeluiden kunnen onder andere worden veroorzaakt door: industrieën, wegverkeer, windgeruis langs de microfoon, vogels, spelende kinderen etc. Als wordt gemeten in het vlak van een nog niet bestaande gevel is ook het geluid dat door het geplande gebouw zal worden afgeschermd stoorgeluid. Het onderkennen van stoorgeluiden en het schatten van de sterkte ervan in verhouding tot de sterkte van het te meten spoorwegverkeerslawaaï zijn zaken die meestal op het gehoor moeten geschieden en dus een zekere ervaring van de meettechnicus zullen eisen.

Bij de rapportage van iedere meting dient een beschouwing te zijn over het waargenomen stoorgeluid tijdens de meting. Deze dient te bestaan uit een beschrijving van de stoorgeluidbronnen (aard en locatie) en een (vaak subjectieve) indicatie van de invloed ervan op het meetresultaat.

Op relatief grote afstanden van de spoorweg en met name in geval van afscherming wordt de invloed van windfluctuaties op het meetresultaat zo groot dat één meting een onvoldoende representatief beeld van de geluidssituatie geeft. Meerdere metingen zijn dan noodzakelijk. Indien mogelijk moeten de metingen onder andere weersomstandigheden (binnen het meteoraam) worden uitgevoerd. Als grote verschillen (groter dan 6 dB) optreden wordt aangeraden een extra meting bij lage windsnelheden uit te voeren.



## 8.7 Gebruik emissieregister (hoofdstuk 7)

De uitvoerder van het akoestisch onderzoek dient in principe voor gegevens omtrent ligging en gebruik van de spoorweg uit te gaan van het emissieregister. Voor wat betreft de verkeersintensiteiten bevat het register de gegevens uit het peiljaar 1987 en van het meest recente jaar (om de “heersende geluidsbelasting” te kunnen bepalen). Omdat er omtrent de prognose voor het maatgevend jaar in de toekomst geen generieke uitspraken kunnen worden gedaan, is dat deel van het emissieregister vervallen. Voor een eerste indruk kan het handig zijn om toch een indicatie van de prognose op te nemen. Ook verdient het aanbeveling om niet alleen het meest recente kalenderjaar op te nemen, maar de drie meest recente jaren. Dit om een “wijziging van een spoorweg” te kunnen toetsen aan het wettelijke intensiteitscriterium dat uitgaat van het gemiddelde over de laatste drie jaar.

Van de akoestische onderzoeker wordt verwacht dat hij alle door hem verzamelde gegevens, ook die uit het emissieregister, kritisch beoordeelt op kwaliteit en betrouwbaarheid. Bij onduidelijkheden, twijfel over de juistheid van de gegevens of onvoldoende gegevens (bij bijvoorbeeld zeer complexe situaties) dient de akoestisch onderzoeker met de emissieregisterbeheerder in contact te treden.