

Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai

→

Colofon Handleiding meten en rekenen Industrielawaai

Begeleidingscommissie

Ir. A.W. Bezemer – Ministerie van VROM

Ing. E.J.L. Niehoff – Ministerie van VROM

Ir. F.H.A. van den Berg – TNO Technisch Fysische Dienst TU Delft

Ing. J. Bijl – Akzo Nobel Engineering (namens BMRO VNO-NCW)

Ir. J.H. Granneman – Adviesbureau Peutz & Associés B.V.

Ir. A.I. Koffeman – Lichtveld Buis & Partners B.V.

Ing. C.A. Nierop – M+P Raadgevende Ingenieurs B.V.

Ing. R.P.A. Ros – Hoogovens Staal Infrastructuur & Services (namens BMRO VNO-NCW)

Ir. R. Witte – dgmr Raadgevende Ingenieurs B.V.

H. Wolfert – DCMR Milieudienst Rijnmond (namens IPO)

Samengesteld door:

TNO Technisch Fysische Dienst TU Delft

M+P Raadgevende Ingenieurs B.V., Aalsmeer

Adviesbureau Peutz & Associés B.V., Zoetermeer

In opdracht van:

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM)

Directoraat Generaal Milieubeheer

Directie Geluid en Verkeer

Dit is de elektronische uitgave van 2004 en bevat de errata van 1999. Verwijzingen naar bladzijnummers zijn helaas niet meer exact.

Er zijn 5 bestanden: module A, **module B**, Module C1, Module C2, en Module D

→



Inhoud

Module A Algemeen gedeelte

- 1 Inleiding
- 2 Beoordeling van geluid
- 3 Criteria voor toepassing van methode I en II
- 4 Immissiemetingen versus immissieberekeningen
- 5 Reproduceerbaarheid en representativiteit
- 6 Aspecten bij de uitvoering van metingen
- 7 Aspecten bij de beoordeling

Module B Methode I

- 1 Inleiding
- 2 Meet- en rekenmethode industrielawaai I voor eenvoudige situaties (methode I)
- 3 Immissiemetingen (methode I.1)
- 4 Bronsterktebepaling en overdrachtsberekening
- 5 Bepaling beoordelingsgrootheden
- 6 Definities

Module C Methode II

- 1 Inleiding
- 2 Meet- en rekenmethode industrielawaai voor complexe situaties (methode II)
- 3 Immissiemetingen (methode II.1)
- 4 Bronsterktebepaling
- 5 Overdrachtsmodel (methode II.8)
- 6 Substitutiemethode (methode II.9)
- 7 Hybride methoden (methode II.10)
- 8 Bepaling beoordelingsgrootheden
- 9 Definities

Module D Bijlagen

- 1 Begrippen en definities
- 2 Belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de handleiding-1981
- 3 Voorbeelden
- 4 Isolatiewaarden
- 5 Relatieve windkracht met windsnelheid

Register

→

5 Overdrachtsmodel (methode II.8)

5.1 Algemeen

Het overdrachtsmodel voor methode II is ontwikkeld voor een zo nauwkeurig mogelijke berekening van de geluidsoverdracht. Het model van methode II berekent de geluidsoverdracht in situaties waarbij sprake is van een weerssituatie met een lichte tot matige wind in de richting van het immissiepunt en waarbij de temperatuurgradiënt geen noemenswaardige invloed heeft op de verticale geluidssnelheidsgradiënt. Van de in deze overdrachtssituatie berekende geluidsimmissie wordt een procedurele meteocorrectieterm afgetrokken, die een benadering vormt van de situatie met een meteogemiddelde geluidsoverdracht (zie module A, paragraaf 5.3). Het model is vooral gemaakt voor het prognosticeren van immissieniveaus uit bronsterktemetingen en overdrachtsberekeningen in complexere situaties. Het model is getoetst op afstanden van enige tientallen meters tot één à anderhalve kilometer van de bron. Voor metingen en berekeningen over grotere afstanden wordt het overdrachtsmodel echter ook gebruikt.

Voor het overdrachtsmodel zijn computerprogramma's beschikbaar. De invoermodellen moeten door de geluidstechnicus worden opgemaakt. De nauwkeurigheid van de berekening wordt in belangrijke mate door drie factoren bepaald:

- De nauwkeurigheid van de invoergegevens (schattingen van de bedrijfsduurcorrectie, de nauwkeurigheid van de metingen die ten grondslag liggen aan een bronsterktebepaling e.d.);
- Het ontwerp van het model (simplificaties die aangebracht zijn om de werkelijkheid te kunnen modelleren, keuze van bodemhardheden, schematisering van afschermdende objecten e.d.);
- De kwaliteit van de software (de wijze waarop de rekenalgoritmen zijn geïmplementeerd).

De fouten nemen toe naarmate de situatie complexer is. De mate van deskundigheid die vereist is, neemt dan toe.

Bij de overdrachtsberekening worden de werkelijke geluidsbronnen gerepresenteerd door puntbronnen of vlakke bronnen. De bronsterkte van deze bronnen is bepaald volgens de procedure zoals omschreven in hoofdstuk 4. Deze bronsterkte kan per bedrijfstoestand en/of richting verschillen (immissierelevante bronsterkte).

5.2 Bronbeschrijving

5.2.1 *Samenvoegen van bronnen*

Indien voor een groep soortgelijke bronnen, die ongeveer gelijke hoogten hebben, ongeveer gelijke omstandigheden voor de overdracht naar het immissiepunt gelden, mag deze groep door één puntbron worden vervangen, indien de afstand van het midden van de geluidsbronnen tot het immissiepunt gelijk is aan of groter is dan anderhalf maal de grootste diameter van het betreffende brongebied, ofwel $R \geq 1,5 d$.

5.2.2 *Splitsen van bronnen*

Indien op relatief korte afstand van geluidsbronnen ($R < 1,5 d$) het geluidsimmissieniveau berekend moet worden of indien bij een uitgestrekte bron voor verschillende onderdelen andere overdrachtsomstandigheden gelden (met name voor afscherming), moet de bron worden opgedeeld in een aantal puntbronnen. Zeer sterke en/of uitzonderlijk hoog geplaatste bronnen dienen steeds apart in de berekening te worden betrokken.

Bij het opdelen van bronnen is het noodzakelijk om te weten of de deelbronnen incoherent of coherent zijn.

Incoherent

De verschillende geluidsimmissieniveaus op het beoordelingspunt ten gevolge van de deelbronnen

→

kunnen eenvoudig energetisch gesommeerd worden. Indien er geen onderlinge afscherming van de deelbronnen optreedt, kan het geluidsdrukniveau hoog oplopen (voor monopolen in theorie tot oneindig) als de afstand tot het vlak van de deelbronnen veel kleiner wordt dan de dimensies van het vlak.

Coherent

Op korte afstand $R < 1,5 d$ mag, indien er sprake is van coherente bronnen, geen opdeling in deelbronnen worden uitgevoerd zonder dat de coherentie van de bronnen mede wordt beschouwd. Op korte afstand van wanden, openingen en machinedelen moet hiermee rekening worden gehouden. De eenvoudigste vorm is isotrope afstraling. (Dit is de grondslag voor de benadering, die voor het geometrisch nabijheidsveld in paragraaf 4.3.6.2 is gegeven.)

5.3 Basisformule

Voor het berekenen van de geluidsimmissie wordt de immissierelevante bronsterkte van de verschillende bronnen verminderd met de geluidsoverdracht naar het immissiepunt, veelal het beoordelingspunt. Berekend wordt het invallend geluid.

De berekening van de geluidsoverdracht wordt uitgevoerd per bron, per immissiepunt en per octaafband volgens de formule:

$$L_i = L_{WR} - \Sigma D \quad (5.1)$$

met L_{WR} = de immissierelevante bronsterkte
 L_i = het gestandaardiseerde immissieniveau bij het immissiepunt (veelal het beoordelingspunt)
 ΣD = verzamelterm van alle verzwakkingen. Deze term bestaat uit:

$$\Sigma D = D_{geo} + D_{lucht} + D_{refl} + D_{scherm} + D_{veg} + D_{terrein} + D_{bodem} + D_{huis} \quad (5.2)$$

met D_{geo} = afname van het geluidsniveau door geometrische uitbreiding
 D_{lucht} = afname van het geluidsniveau door absorptie in lucht
 D_{refl} = afname door reflectie tegen obstakels (deze term is negatief)
 D_{scherm} = afname ten gevolge van afscherming door akoestisch goed isolerende obstakels (dijken, wallen, gebouwen)
 D_{veg} = afname vanwege geluidsverstrooiing aan en absorptie door vegetatie
 $D_{terrein}$ = afname door verstrooiing en absorptie door installaties op het industrieterrein voor zover deze niet in de overige termen is begrepen
 D_{bodem} = afname ten gevolge van reflectie tegen, verstrooiing aan en absorptie door bodem (deze term kan ook negatief zijn)
 D_{huis} = afname door reflecties tegen bebouwing in de buurt van het immissiepunt. Ook de invloed van geluidsvoortplanting door de bebouwing (reflectie, buiging, verstrooiing) wordt in deze term betrokken.

In de navolgende paragrafen wordt op verschillende dempingstermen nader ingegaan.

5.3.1 D_{geo}

In de overdrachtsberekening wordt uitgegaan van uitbreiding over een hele bol volgens:

$$D_{geo} = 10 \log 4\pi r_i^2 = 20 \log r_i + 11 \quad (5.3)$$

met r_i = afstand tussen het broncentrum en het immissiepunt.

→

5.3.2 D_{lucht}

De luchtabsorptie wordt bepaald uit:

$$D_{lucht} = a_{lu}(f) \cdot r_i \quad (5.4)$$

De waarden voor de luchtabsorptiecoëfficiënt a_{lu} zijn vermeld in tabel C.5.1.

Middenfrequentie	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
octaafbanden [Hz]	2.10^{-5}	7.10^{-5}	$2,5.10^{-4}$	$7,6.10^{-4}$	$1,6.10^{-3}$	$2,9.10^{-3}$	$6,2.10^{-3}$	$1,9.10^{-2}$	$6,7.10^{-2}$
Tertsbanden [Hz] a_{lu} [dB/m]	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
f_{onder}	2.10^{-5}	7.10^{-5}	$2,5.10^{-4}$	$7,6.10^{-3}$	$1,63.10^{-3}$	$2,86.10^{-3}$	$6,23.10^{-3}$	$1,90.10^{-2}$	$6,74.10^{-2}$
f_{midden}	3.10^{-5}	$1,08.10^{-4}$	$3,8.10^{-4}$	$1,02.10^{-3}$	$1,97.10^{-3}$	$3,57.10^{-3}$	$8,76.10^{-3}$	$2,87.10^{-2}$	$1,03.10^{-1}$
f_{boven}	4.10^{-5}	$1,67.10^{-4}$	$5,5.10^{-4}$	$1,31.10^{-3}$	$2,36.10^{-3}$	$4,62.10^{-3}$	$1,27.10^{-2}$	$4,39.10^{-2}$	$1,57.10^{-1}$

TABEL C.5.1 De luchtabsorptiecoëfficiënt in dB/m in octaafbandwaarden en tertsbanden (ISO 9613-1: 1993, bij een temperatuur van 10 °C en een relatieve vochtigheid van 80%)

5.3.3 D_{refl}

Indien er geen reflecterende objecten zijn geldt: $D_{refl} = 0$ dB

Indien er wel reflecterende objecten zijn, worden hieraan de volgende eisen gesteld om in de berekening als reflecterend object te worden aangemerkt:

- het reflecterend object heeft dwars op het geluidspad afmetingen die groter zijn dan de betreffende golflengte van het geluid;
- het object wordt vanuit de bron en/of vanuit het immissiepunt gezien onder een hoek van tenminste 5° in het horizontale vlak;
- de hoogte van het object moet groter zijn dan:

$$h_b + r_{br}/16 \text{ of } h_o + r_{or}/16 \quad (5.5)$$

met r_{br} = afstand van de bron tot het reflecterend object
 r_{or} = afstand van het immissiepunt tot het reflecterend object

- het object heeft een min of meer vlakke en geluidsreflecterende wand. Bomenrijen en open procesinstallaties worden zo buitengesloten;
- het geluid kan via een reflectie (zoals bij een optische spiegeling) het immissiepunt bereiken (zie figuren C.5.1 en C.5.2).

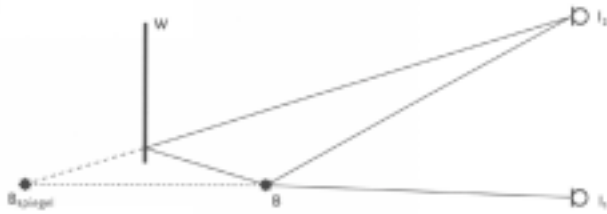
Bronsterkte van de spiegelbron

De reflectie wordt in rekening gebracht door een spiegelbron te veronderstellen. Als de overdrachtsomstandigheden voor bron en spiegelbron weinig verschillen, dan wordt geen aparte spiegelbron in rekening gebracht, en is:

$$D_{refl} = -10 \log(1 + \rho) \quad (5.6)$$

Enkele waarden voor ρ , de reflectiecoëfficiënt voor de geluidsenergie, worden gegeven in tabel C.5.2.

→



Blijkt dat de geluidsbijdrage via de reflectie sterk verschilt van de bijdrage via de directe weg, bijvoorbeeld door aanwezigheid van een afscherming (figuur C.5.3), dan wordt deze spiegelbron als een aparte bron berekend en is $D_{\text{refl}} = 0$ dB. Voor de bronsterkte van de spiegelbron geldt:

$$(L_{WR})_{\text{spiegel}} = L_{WR} + 10 \log \rho \quad (5.7)$$

Opmerkingen

- rekening moet worden gehouden met het feit dat de bronsterkte in de richting van het immissiepunt kan verschillen van de bronsterkte in de richting van het reflecterende object;
- reflecties tegen de bodem worden door toepassing van D_{bodem} in rekening gebracht;
- spiegelbronnen mogen worden verwaarloosd als hun bijdrage meer dan 7 dB onder het geluidsimmissieniveau van de bron ligt.

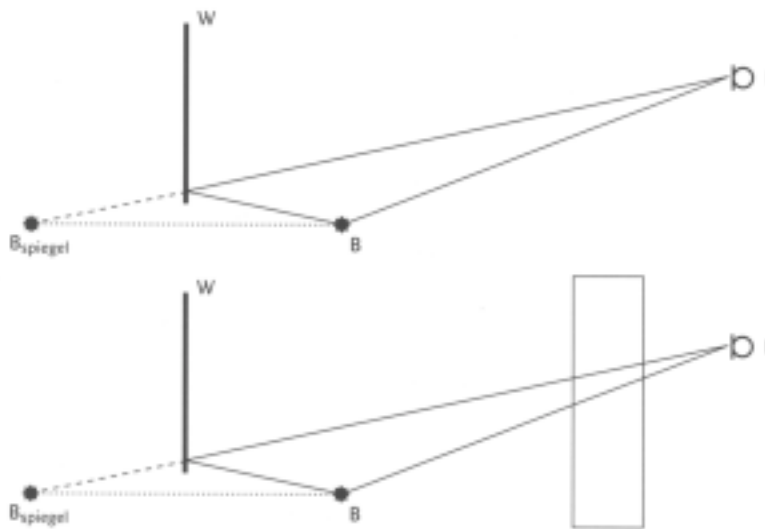
Het pad van het gereflecteerde geluid wordt gelijk aan dat van een gereflecteerde lichtstraal gedacht. De bron B wordt gespiegeld in het vlak van de reflecterende wand W.
Naar I_1 zijn geen reflecties mogelijk: $D_{\text{refl}} = 0$ dB
Naar I_2 zijn wel reflecties mogelijk: $D_{\text{refl}} = -2$ dB

FIGUUR C.5.1 Toelichting op optische spiegeling

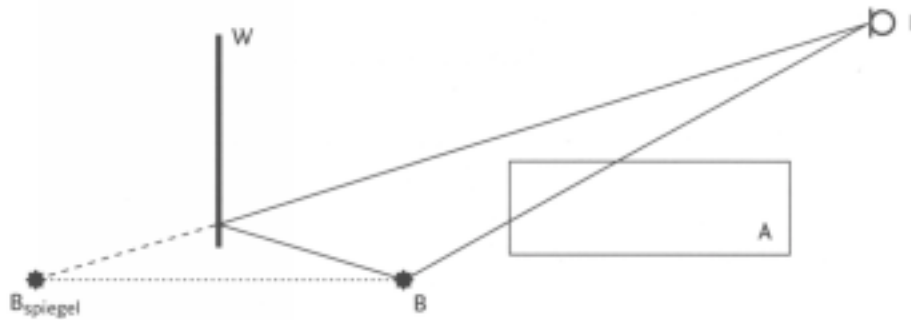
→

In beide gevallen zijn het directe geluidspad en het pad langs de reflecterende straal van gelijke grootteorde en zijn de overdrachtsomstandigheden niet sterk verschillend. Er kan met één bron gerekend worden, waarbij $D_{refl} = -2$ dB.

FIGUUR C.5.2 Geen spiegelbron, $D_{refl} = -2$ dB



→



De directe straal wordt afgeschermd door gebouw A en de gereflecteerde straal gaat langs het gebouw. De overdrachtseffecten langs de directe weg en langs de gereflecteerde weg verschillen sterk. Nu moet spiegelbron B_{spiegel} apart in rekening worden gebracht.

FIGUUR C.5.3 Wel spiegelbron in rekening brengen en $D_{\text{refl}} = 0 \text{ dB}$

Aard van het object	Reflectiecoëfficiënt ρ
vlakke harde wanden	1
wanden van gebouwen met ramen en kleine uitbouwen	0,8
fabriekswanden voor 50% bedekt met openingen, installaties en pijpen	0,4
cilinders met harde wanden (tanks, silo's)	$\frac{d \sin\left(\frac{\Psi}{2}\right)}{2r_{bm}}$
open installaties	0

d = diameter cilinder
 r_{bm} = afstand bron tot het midden van de cilinder m
 Ψ = supplement van de hoek tussen de lijnen B-m en I-m

→

TABEL C.5.2 Waarden voor de reflectiecoëfficiënt ρ

5.3.4 D_{scherm}

Eisen aan afschermende objecten

Een object wordt als scherm in rekening gebracht als:

- de massa per eenheid van oppervlakte tenminste 10 kg/m^2 bedraagt;
- het object geen grote kieren of openingen heeft; procesinstallaties, bomen e.d. worden dus niet als scherm in rekening gebracht;
- de horizontale afmeting dwars op de lijn van bron naar immissiepunt groter is dan de golflengte van het geluid. Ofwel (zie figuur C.5.4 en C.5.6): $s_1 + s_2 > \lambda$

Bij schermen van geringe hoogten wordt een correctiefactor H_f toegepast volgens formule 5.13.

Schematiseren van objecten tot scherm

Elk object wordt geschematiseerd door een vlak dun scherm met rechte verticale randen links LL' en rechts RR' . De bovenrand LR van het scherm hoeft niet horizontaal te zijn.

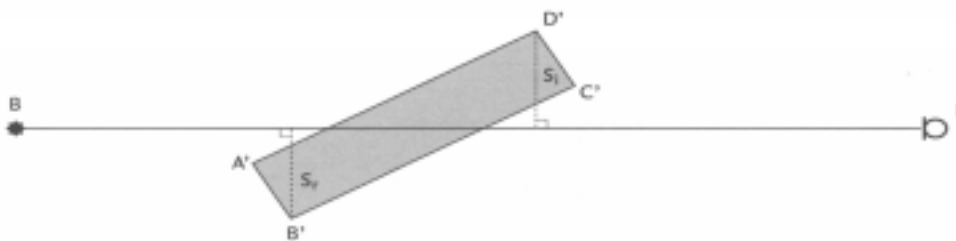
Als gebouwen afschermen en de afmetingen van het gebouw in de richting van bron naar immissiepunt niet verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de afstand tussen bron en immissiepunt, kan het gebouw worden gerepresenteerd door een prisma met een viertal rechte lijnstukken die verticaal op een rechthoekig grondvlak staan. De lijnstukken mogen ongelijk van lengte zijn. Elk zijvlak kan als scherm dienst doen.

Berekening D_{scherm}

Door de lijn bron-immissiepunt BI wordt een verticaal vlak V geplaatst. Indien één of meer schermen wordt doorsneden door lijn BF , worden op elk scherm drie punten bepaald (zie figuur C.5.5), te weten:

- K , het snijpunt van de lijn BI met het scherm;
- T , de top van het scherm in vlak V (snijpunt V met lijn LR);
- Q , het snijpunt van het (verlengde) schermvlak met een gekromde geluidsstraal, die de geluidsoverdracht beschrijft als het scherm er niet zou zijn (kromtestraal = $8r$).

Het punt Q ligt altijd boven K en wel op een afstand Δh , die volgens onderstaande formule wordt



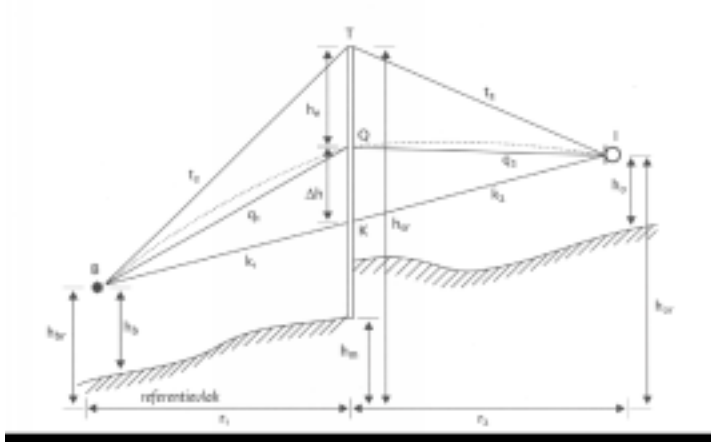
berekend uit de horizontale afstand bron-scherm r_1 en de horizontale afstand immissiepunt-scherm r_2 volgens:

$$\Delta h = \frac{r_1 r_2}{16(r_1 + r_2)} \quad (5.8)$$

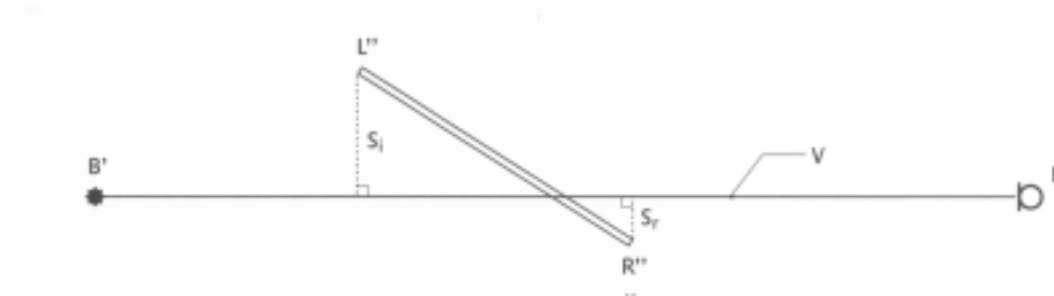
→

De afstand tussen Q en T is de effectieve schermhoogte h_e . Als Q boven T ligt is h_e negatief.

FIGUUR C.5.4 *Toelichting bij de bepaling van s^l en s_r bij een gebouw*



FIGUUR C.5.5 Toelichting op de geometrische parameters bij de berekening van D_{scherm}



FIGUUR C.5.6 Toelichting op de berekening van D_{scherm}

Er worden drie situaties onderscheiden, die vervolgens behandeld worden:

- V snijdt geen enkel scherm;
- V snijdt één scherm;
- V snijdt meer dan een scherm.

a. V snijdt geen scherm

In het geval dat vlak V geen enkel afschermend object snijdt, kunnen slechts grote, hoge objecten in de omgeving van de lijn van bron naar immissiepunt het geluidsveld van een puntbron beïnvloeden. Bij de berekening worden deze diffracties buiten beschouwing gelaten.

$$D_{\text{scherm}} = 0 \text{ dB} \quad (5.9)$$

Opmerking: door de splitsing van geluidsbronnen in kleinere deelbronnen wordt het effect van de discontinuïteit wel/geen afscherming sterk afgezwakt.

→

b. V snijdt één scherm

Uit de plaats van de punten K, Q en T enerzijds en de punten B en I anderzijds kunnen de lengten van de rechte verbindinglijnen $k_1 = BK$, $k_2 = KI$, $q_1 = BQ$, $q_2 = QI$, $t_1 = BT$ en $t_2 = TI$ worden berekend (zie figuur C.5.5).

Hieruit is de verticale omweg e_v te bepalen volgens:

$$\text{Als T boven K ligt: } e_v = t_1 + t_2 - q_1 - q_2 \quad (5.10)$$

$$\text{Als T onder K ligt: } e_v = 2(k_1 + k_2) - t_1 - t_2 - q_1 - q_2$$

De horizontale omwegen worden berekend door de situatie op het horizontale referentievlak te projecteren. De projecties van B en I zijn B' en I' en de rechten LL' en RR' snijden het referentievlak in L' en R' (zie figuur C.5.6).

$$\text{De rechter omweg: } e_r = B'R'' + R''I' - r_1 - r_2 \quad (5.11)$$

$$\text{De linker omweg: } e_l = B'L'' + L''I' - r_1 - r_2$$

Van elk van de omwegen wordt een Fresnelgetal N bepaald:

$$\begin{aligned} N_v(f) &= 0,0059 e_v f \\ N_r(f) &= 0,0059 e_r f \\ N_l(f) &= 0,0059 e_l f \end{aligned} \quad (5.12)$$

Voor de frequentie f wordt bij berekening in octaafbanden de middenfrequentie van de laagste tertsband in de octaafband ingevuld (deze is gelijk aan $f_{oct}/2^{1/2}$) en bij berekening in tertsbanden de middenfrequentie van de betreffende tertsband. Uit het Fresnelgetal wordt de afscherming per schermrand berekend, uitgaande van de veronderstelling dat elke rand oneindig lang is. De bijdragen van de verschillende overdrachtswegen worden gesommeerd. D_{scherm} wordt gecorrigeerd indien de hoogte van het scherm boven het laagste van de twee aan het scherm grenzende maaivelden ($h_{sr} - h_{ma}$) klein is. Voor obstakels die sterk afwijken van een ideaal dun scherm wordt een term ΔD in rekening gebracht in formule (5.13).

Indien $N_v \leq -0,1$

$$D_{scherm} = 0 \text{ dB}$$

Indien $N_v > -0,1$

$$D_{scherm} = 10H_f \left[\log \left(\frac{1}{20N_v + 3} + \frac{1}{20N_r + 3} + \frac{1}{20N_l + 3} \right)^{-1} \right] - \Delta D \quad (5.13)$$

waarbij: $H_f = (h_{sr} - h_{ma}) f / 250$ als $(h_{sr} - h_{ma}) f / 250 < 1$
 $H_f = 1$ als $(h_{sr} - h_{ma}) f / 250 \geq 1$
 ΔD : zie tabel C.5.3

ΔD [dB]	Betreft
-----------------	---------

→

0	- alle gebouwen; - dunne wanden met een helling kleiner dan 20° met de verticaal; - grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld niet meer dan 70° bedragen
0	grondlichamen uit de groep $\Delta D = 2$ als boven op het grondlichaam een obstakel uit bovenstaande categorie staat dat tenminste even hoog is als het grondlichaam
2	- grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld tussen 70° en 165° liggen; grondlichamen met daarop een obstakel uit de eerste groep $\Delta D = 0$ dat minder hoog is dan het grondlichaam
Als $D_{\text{scherm}} \leq 0$ dB dan wordt $D_{\text{scherm}} = 0$ dB Als $D_{\text{scherm}} \geq 20$ dB dan wordt $D_{\text{scherm}} = 20$ dB	

TABEL C.5.3 De waarden voor ΔD van obstakels die van de ideale schermvorm afwijken

Opmerking: indien het scherm veel breder is dan hoog gaat de formule 5.13 over in de formule van het oneindig lange scherm ($\Delta D = 0$ verondersteld).

$$D_{\text{scherm}} = 10H_f \log(2\alpha N_v + 3) \quad (5.14)$$

c. Vlak V snijdt twee of meer schermen.

We onderscheiden hier twee situaties namelijk:

- c.1 de algemene situatie;
- c.2 het bijzondere geval waarbij zowel dichtbij de bron als dichtbij het immissiepunt een scherm staat en waarbij de onderlinge afstand tussen de schermen groot is.

c.1 Algemene situatie

We onderscheiden:

- Voor geen of slechts één van de schermen geldt $h_e \geq 0$.
In deze gevallen wordt alleen het scherm met de grootste verticale omweg berekend volgens de procedure van het enkele scherm. (Dit betekent, in het geval dat h_e kleiner dan nul is, dat met het scherm dat in absolute waarde gerekend de kleinste omweg bezit verder wordt gerekend).
- Meer schermen met $h_e \geq 0$.
Voor de berekening van D_{scherm} wordt een goede benadering gevonden door de D_{scherm} van het meest afschermd object te bepalen met de procedure van het enkele scherm. Gebouwen e.d. worden in deze berekening vereenvoudigd tot een enkel scherm waarbij de zijpaden worden berekend langs de verticale hoeklijnen met de grootste horizontale omweg.

Als de onderlinge afstand r_{12} (zie figuur C.5.7) tussen de schermen voldoet aan:

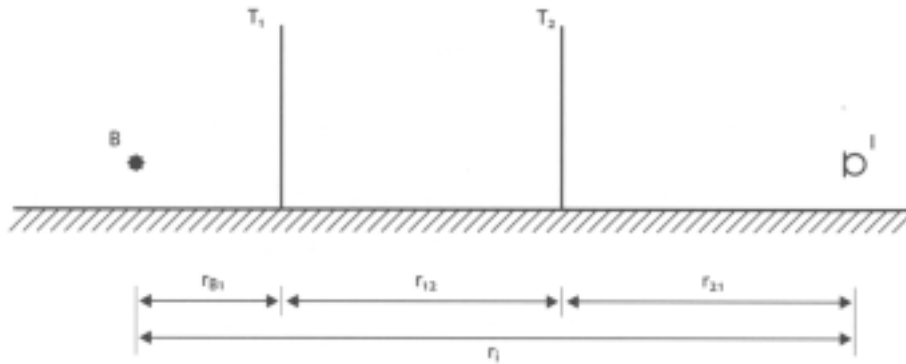
$$\frac{r_{12}}{r_i} > 0,2$$

kan de volgende rekenprocedure worden gebruikt, die in figuur C.5.8 schematisch wordt aangegeven:

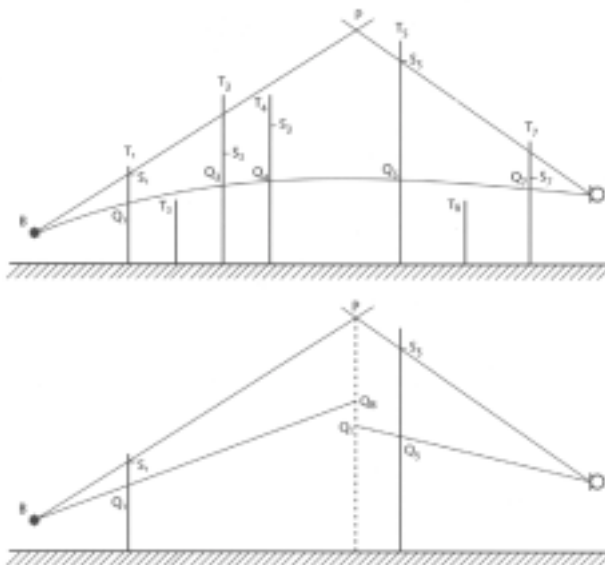
1. Alle schermen met $h_e < 0$ worden verwijderd.
2. Van de overgebleven schermen wordt het punt S_i (berekend bij scherm i) bepaald. S_i ligt op een afstand s onder de top van het scherm.

→

$$s = h_e \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{h_e}{s_l} + \frac{h_e}{s_r}} \right] \quad (5.15)$$



s_l en s_r zijn hierin de afstand van de linker- en rechterzijkant tot V. Bij gebouwen zijn dit de afstanden van de verst verwijderde verticale hoeklijnen van het gebouw ter linker- en rechterzijde van V.



FIGUUR C.5.7 De geometrie bij meerdere schermen tussen bron en immisiepunt

→

FIGUUR C.5.8 Toelichting op de berekening van D_{scherm} bij meerdere schermen

3. De verbindinglijnen tussen bron B en S_j en tussen het immissiepunt I en S_i worden bepaald. Vervolgens wordt de lijn BS_j geselecteerd, die vanuit de bron gezien de grootste elevatie heeft. Tevens wordt de lijn IS_k geselecteerd, die vanuit het immissiepunt gezien de grootste elevatie heeft.
4. Indien de lijnen BS_j en IS_k hetzelfde scherm betreffen, wordt D_{scherm} berekend door voor dit scherm de procedure van het enkele scherm te volgen. In de overige gevallen wordt het snijpunt P van de lijnen BS_j en IS_k bepaald. Door dit snijpunt wordt een verticale lijn, p, gedacht. Op p worden twee punten bepaald te weten:
 - Q_B , snijpunt p met de lijn BQ_j ;
 - Q_I , snijpunt p met de lijn IQ_k .

Bepaal de hypothetische omweg eh

$$\epsilon_h = BP + PI + - BQ_B - IQ_I \quad (5.16)$$

5. Vervolgens wordt D_{scherm} berekend door

$$D_{\text{scherm}} = 10 \log (0,118 \epsilon_h f + 3) \quad (5.17)$$

met f = de middenfrequentie van de laagste tertsband in een octaafband bij berekening
in octaafbanden of de middenfrequentie van de tertsband bij berekening in tertsbanden.

De waarde van D_{scherm} wordt in deze situatie als volgt begrensd:

$$4,8 \leq D_{\text{scherm}} \leq 20 \text{ dB}$$

c.2 Bijzondere situatie

Een bijzondere rekenprocedure kan worden gevolgd als een scherm zich relatief dicht bij de bron bevindt (scherm 1) en een ander dicht bij het immissiepunt (scherm 2). Voorwaarde is dat (zie figuur C.5.9).

$$r_{B1} < 0,2 r$$

$$r_{I2} < 0,2 r$$

D_{scherm} is nu de som van twee termen.

→

$$D_{\text{scherm}} = D_1 + D_2$$
$$0 \leq D_{\text{scherm}} \leq 40 \text{ dB}$$

FIGUUR C.5.9 Toelichting op de geometrie bij een bijzondere situatie

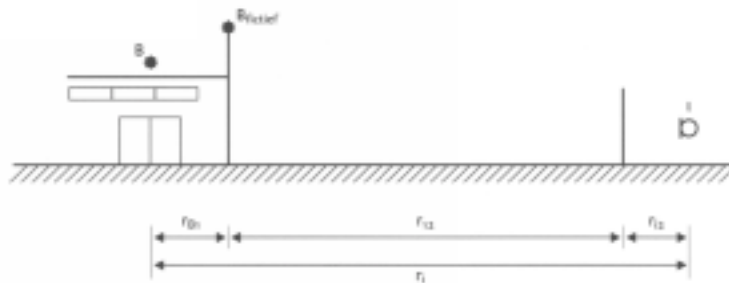
D_1 wordt bepaald volgens de procedure van het enkele scherm voor scherm 1. Indien voor scherm 1 geldt $h_e \geq 0$, dan wordt voor de berekening van D_2 een fictieve bron aangenomen op de top van scherm 1. Is $h_e < 0$, dan wordt geen fictieve bron aangenomen maar wordt met de werkelijke plaats van de bron gerekend. D_2 wordt berekend volgens de procedure van het enkele scherm. Aanbevolen wordt, als de afscherming nabij het immissiepunt groter is dan die bij de bron, de procedure om te draaien en eerst de afscherming nabij het immissiepunt te berekenen en vervolgens met een (fictief) immissiepunt de afscherming bij de bron. Als meer schermen bij bron en/of immissiepunt aan bovenstaande voorwaarde voldoen, worden de schermen met de hoogste waarde voor $(D_1 + D_2)$ gebruikt in de berekening.

De nauwkeurigheid van toepassing van de methode voor het berekenen van lage schermen wordt beperkt door reflecties in het bron- of immissiegebied. Ook voor hoog gelegen schermen en grote afstanden tussen bron en immissiepunt neemt de betrouwbaarheid van de methode af ten gevolge van atmosferische invloeden. Spreidingen van + 5 dB in het niveau kunnen optreden. In uiterst kritische situaties kan het gewenst zijn de resultaten te verifiëren met behulp van daarvoor meer geëigende overdrachtsrekenmodellen zoals het golffrontextrapolatiemodel. Deze modellen zijn echter niet eenvoudig toepasbaar en vragen veelal lange rekentijden en zijn niet algemeen toegankelijk (zie hoofdstuk 7).

5.3.5 D_{veg}

Indien zich in het gekromde geluidspad (zie formule 5.8) van geluidsbron naar immissiepunt dichte vegetatie bevindt, bestaande uit een combinatie van bomen, struiken of heesters, zodanig dat het zicht volledig verdwenen is, mag daarvoor een geluidsreductie worden gehanteerd. Deze geluidsreductie in de overdracht is frequentie-afhankelijk en is opgenomen in tabel C.5.4. Als extra eis voor het toepassen van deze reductie geldt dat de hoogte van de vegetatie tenminste 1 m hoger dient te zijn dan de hoogte van het gekromde geluidspad ter plaatse van de afscherming (zie figuur C.5.10).

In de praktijk zal slechts in uitzonderingsgevallen aan de eisen van ondoorzichtbaarheid worden voldaan. Indien verschillende afzonderlijke vegetaties, die voldoen aan deze specificaties, de gekromde straal doorsnijden (regelbeplanting) mag de reductie voor iedere groep afzonderlijk worden toegepast.



De reductie geldt zowel voor de zomer als de winter, mits aan de eisen van ondoorzichtbaarheid wordt voldaan. Voor veel beplantingen zal dit in de winter niet het geval zijn. De volgens tabel C.5.4 te

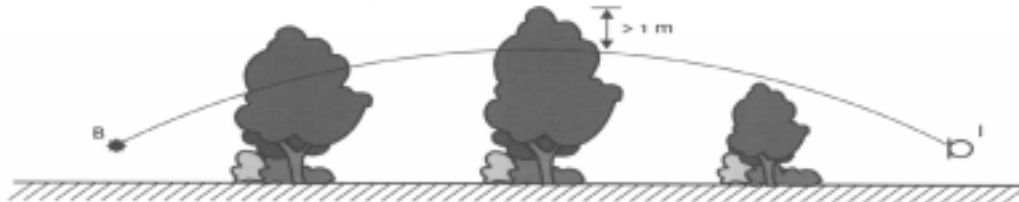
→

berekenen reductie mag dan slechts voor de helft in rekening worden gebracht. Voorts mag in geen geval met meer dan 4 beplantingsstroken worden gerekend.

Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Dveg [dB]	0	0	1	1	1	1	2	3

TABEL C.5.4 *Geluidsreductie die in rekening kan worden gebracht voor één strook dichte vegetatie, welke meer dan 1 m boven het gekromde geluidspad van bron naar immissiepunt uitsteekt*

→



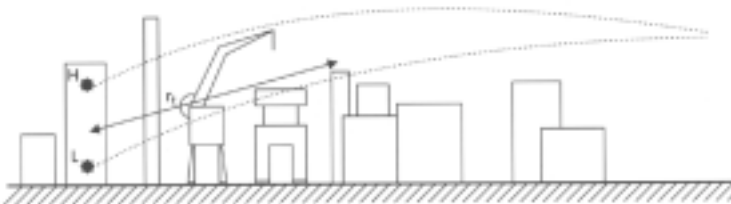
FIGUUR C.5.10 Het gekromde geluidspad gaat door twee 'regels' vegetatie

5.3.6 D_{terrein}

Op industrieterreinen kan, door geluidsverstrooiing als gevolg van de aanwezigheid van installaties en objecten op het terrein, een extra verzwakking optreden. Deze wordt samengevat onder de term D_{terrein} . Als D_{terrein} in rekening wordt gebracht mag geen schermwerking van schermen op het bedrijfsterrein worden toegepast. D_{terrein} is zeer specifiek voor het type terrein, de dichtheid van obstakels en de hoogte daarvan. Het verdient daarom aanbeveling D_{terrein} door metingen vast te stellen, waarbij de meethoogte overeen moet komen met de geluidsstraal die naar de (verder gelegen) relevante immissiepunten gaat. Voor bedrijven met open procesinstallaties kan voor planningsdoeleinden met drie typen diffuse afschermende objecten worden gerekend. Hiervoor wordt het volgende indicatieve model gehanteerd.

$$D_{\text{terrein}} = t(f) \cdot r_t \tag{5.18}$$

$$D_{\text{terrein}} \leq D_{\text{max}}$$



met $t(f)$ =
 frequentie-afhankelijke
 factor voor de
 geluidsverzwakking door
 industrieterreinen, de
 indicatieve waarden van $t(f)$
 staan in tabel C.5.5.
 r_t =
 het deel van de

gekromde geluidsstraal, dat door de 'open' installaties gaat (zie ook figuur C.5.11). Als de geluidsstraal zich voornamelijk boven de installaties bevindt kan dit deel niet tot r_t worden gerekend.

D_{max} = maximale type-afhankelijke dempingswaarden (zie tabel C.5.5).

→

FIGUUR C.5.11 Toelichting r_t

Midde nfrequ entie octaaf bande n [Hz]	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	D_{\max} [dB]
type A	0	0	0,02	0,03	0,06	0,09	0,1	0,1	0,1	10
type B	0	0	0,04	0,06	0,11	0,17	0,2	0,2	0,2	20
tanke n-park en	0	0	0,002	0,005	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02	10

TABEL C.5.5 Geluidsverzwakking $t(f)$ in dB/m door verstrooiing door, reflectie tegen, en afscherming door open procesinstallaties (deze tabel is indicatief)

Bovengenoemde typen installaties kunnen gedefinieerd worden als:

- Type A: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad hebben van circa 20%;
- Type B: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad van meer dan 20% hebben.
- Tanken-parken: open procesinstallaties waar vele (opslag)tanks staan opgesteld.

De waarden uit de tabel dienen met de nodige voorzichtigheid te worden toegepast en gelden uitsluitend ter indicatie. Indien het toepassen van andere waarden (bijvoorbeeld verkregen uit metingen of anderszins) leidt tot betrouwbaarder resultaten, hebben deze de voorkeur.

5.3.7 D_{bodem}

In de term D_{bodem} zijn de effecten van absorptie door, reflectie tegen en verstrooiing aan de bodem verdisconteerd.

→

FIGUUR C.5.12 *Onderverdeling van bodemgebieden*

D_{bodem} wordt per octaafband bepaald. Het model is geschikt voor 'breedbandige' geluiden. Bij de berekening in tertsbanden wordt voor alle tertsbanden binnen de octaafband dezelfde waarde voor D_{bodem} aangehouden als voor de octaafband.

Geometrie

In het model wordt een drietal gebieden onderscheiden (zie figuur C.5.12).

a. Brongebied

Het gebied dat vanaf de bron in de richting van het immissiepunt een lengte heeft van r_b .

$$\begin{aligned} r_b &= 30 h_b & \text{als } r_i &\geq h_b \\ r_b &= r_i & \text{als } r_i < 30 h_b \end{aligned} \quad (5.19)$$

b. Ontvangergebied

Het gebied dat vanaf het immissiepunt in de richting van de bron een lengte heeft van r_o .

$$\begin{aligned} r_o &= 30 h_o & \text{als } r_i &\geq h_o \\ r_o &= r_i & \text{als } r_i < 30 h_o \end{aligned} \quad (5.20)$$

c. Middengebied

Dit is het gebied tussen bron- en ontvangergebied. Overlappen het bron- en ontvangergebied elkaar dan wordt geen middengebied verondersteld.

Aard van de bodem

De volgende bodemtypen worden onderscheiden met behulp van de bodemfactor B.

a. Harde bodems: B = 0

Dit zijn alle bodems die bestaan uit asfalt, bestrating, water, beton en alle bodems waarop veel reflecterende en geluidsverstrooiende objecten staan zoals open procesinstallaties e.d. Vele industrieterreinen zijn als hard aan te merken.

b. Absorberende bodems: B = 1

Absorberende bodems zijn alle bodems waarop vegetatie voor kan komen met weinig of geen



geluidsverstrooiende objecten. Voorbeelden zijn grasland, akkerland met en zonder gewas, bossen, heide, tuinen.

c. Gedeeltelijk absorberende bodems: B = n/100

Als een gebied voor n% uit absorberende bodem bestaat, dan is de bodemfactor

→

$$B = n/100 \quad (5.21)$$

Berekening van D_{bodem}

De term D_{bodem} is uit een drietal deeltermen opgebouwd die het effect van de bodem in het bron-, en immissiegebied en eventueel het midden gebied aangeven.

$$D_{bodem} = D_{b,br} + D_{b,ont} + D_{b,mid} \quad (5.22)$$

De berekening van $D_{b,br}$ en $D_{b,ont}$ is volledig analoog. De berekening van het effect van het middengebied gaat op een andere wijze.

Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{b,br}$ of $D_{b,ont}$ [dB]
31,5	-3
63	-3
125	$-1 + B_b (a(h) + 1)$
250	$-1 + B_b (b(h) + 1)$
500	$-1 + B_b (c(h) + 1)$
1000	$-1 + B_b (d(h) + 1)$
2000	$-1 + B_b$
4000	$-1 + B_b$
8000	$-1 + B_b$
met:	$a(h) = 3,0e^{-0,12(h-5)^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 5,7e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} r_i^2}\right)$
	$b(h) = 8,6e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$
	$c(h) = 14,0e^{-0,46h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$
	$d(h) = 5,0e^{-0,90h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$

TABEL C.5.6 De bodemverzwakking in het bron- en immissiegebied

Opmerking: voor $h = h_0 = 5$ m geldt:

$$a(5) = 3,0 \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 0,6 \left(1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} r_i^2}\right) \quad (5.23)$$

$$b(5) = 0,9 \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

→

$$c(5) = 0,0$$

$$d(5) = 0,0$$

$D_{b,br}$

$D_{b,br}$ wordt berekend uit de afstand r_i tussen bron en immissiepunt, de bodemfactor B_b van het brongebied en de (gecorrigeerde) bronhoogte h . De bodemfactor B_b blijft betrokken op de echte bronhoogte h_b .

De hoogte h is gelijk aan de bronhoogte tenzij er afscherming optreedt met een positieve verticale omweg ($D_{scherm} \geq 4,8$) en bovendien de bronhoogte minder dan 5 m bedraagt. In dat geval geldt:

$$h = h_b \text{ als } h_b \geq 5 \text{ m of } h_e \leq 0 \quad (5.24)$$

$$h = h_b + \frac{r_i - r_{bs}}{r_i} h_e \text{ als } h_b < 5 \text{ m en } h_e > 0$$

Voor uitstralende dakvlakken is een aangepaste berekening van de bodemfactor nabij het brongebied opgenomen, zie hiervoor paragraaf 4.7.4.

N.B. Bij de rondommethode wordt bij bepaling van immissieniveaus uitgegaan van $D_{b,br} = -1$.

$D_{b,ont}$

De berekening van $D_{b,ont}$ is analoog aan $D_{b,br}$ (zie tabel C.5.6).

$D_{b,mid}$

De verzwakking ten gevolge van het middengebied wordt bepaald uit de bodemfactor van het middengebied B_m en de factor m (zie tabel C.5.7).

Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{b,mid}$ [dB]
31,5 en 63	-3 m
125 en hoger	+3 m ($B_m - 1$)
met:	
$m = 0$ als $r_i \leq 30 (h_b + h_o)$ $m = 1 - 30 (h_b + h_o)/r_i$ als $r_i > 30 (h_b + h_o)$	

TABEL C.5.7 De bodemverzwakking in het middengebied

5.3.8 D_{huis}

In het geval dat meervoudige reflecties nabij het immissiepunt een rol spelen, wordt aangeraden voor deze situatie een hybride methode toe te passen (zie hoofdstuk 7). Bij enkelvoudige reflecties kan de bijdrage via de reflectie worden berekend. De reflecterende objecten moeten voldoen aan de criteria die in paragraaf 5.3.3 zijn genoemd, waarbij dan voor 'de bron' 'het immissiepunt' moet worden gelezen. De berekening gaat verder analoog (zie paragraaf 5.3.3).

Voor het bepalen van een 'gemiddelde dempingsterm voor woongebieden' kan gebruik worden gemaakt van [C.8] en [C.9]. Met die methode kan voor een specifieke stedenbouwkundige situatie de term ' D_{huis} '

→

worden berekend, zijnde een gemiddelde waarde voor het betreffende gebied.

→

6 Substitutiemethode (methode II.9)

Het doel van de substitutiemethode is het met een kunstbron (veelal een luidspreker) bepalen van de overdrachtsverzwakking tussen de locatie van een bestaande bron en de locatie van een immissiepunt. Bij deze methode moeten drie metingen worden verricht (meestal per octaafband):

- de immissierelevante bronsterkte van de kunstbron;
 - het geluidsdruk niveau op het immissiepunt, veroorzaakt door de kunstbron;
 - óf het geluidsdruk niveau op het immissiepunt afkomstig van de echte bron
- óf de immissierelevante bronsterkte van de echte bron.

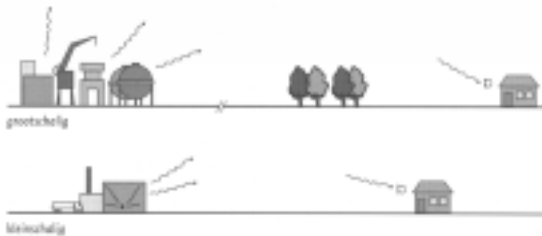
Afhankelijk van de laatstgenoemde meting, kunnen de resultaten van de geluidsmetingen als volgt gebruikt worden:

- als de immissie ten gevolge van de bestaande bron bekend is, kan de emissie van deze bron worden bepaald;
- als de emissie van een bron bekend is, kan de immissie ten gevolge van die bron worden bepaald.

Mogelijke fouten

In de praktijk treden bij toepassing de volgende problemen op:

- Indien slechts één positie van de kunstbron wordt gehanteerd, kunnen zeer grote interferentie-effecten optreden. De meeste industriële bronnen hebben enige omvang en een diffuse uitstraling. Een kunstbron is klein van afmeting en vertoont een min of meer gerichte uitstraling. Hierdoor treedt ten aanzien van o.a. reflecties en bodemdemping een andere overdrachtsverzwakking op dan bij de te onderzoeken bron. In dat geval kan een beter resultaat verkregen worden door de bron op meerdere plaatsen en in verschillende richtingen te laten uitstralen en hierover te middelen.
- De kunstbron kan vaak niet exact op de plaats van de werkelijke bron staan. In plaats daarvan zal de kunstbron vaak vóór of boven de te onderzoeken bron moeten worden geplaatst. De substitutie is dan niet volledig.
- Door het combineren van de bovengenoemde drie metingen worden onnauwkeurigheden geïntroduceerd. Allereerst is in die zin de reproduceerbaarheid van het zendvermogen van de kunstbron noodzakelijk. Vervolgens moeten de metingen zeer nauwkeurig uitgevoerd kunnen worden om in het eindresultaat, alleen al op basis van meetfouten, een nauwkeurigheid te kunnen bereiken die valt binnen enkele dB's. Deze nauwkeurigheid heeft betrekking op iedere octaafband die voor het eindresultaat van belang is.
- Stoorgeluid kan het resultaat van de geluidsmetingen beïnvloeden. Zodoende moet het stoorgeluidsniveau bij de drie metingen in het algemeen laag zijn (zie paragraaf 3.5.3), en de immissierelevante bronsterkte van de kunstbron zeer hoog. Deze eisen blijken in veel praktijksituaties niet goed haalbaar. Een controle hierop kan worden uitgevoerd door de kunstbron intermitterend aan en uit te zetten.



Bij kleinschalige industriële situaties is de fout, genoemd onder punt d, veelal te vermijden door het kiezen van een krachtige kunstbron. Indien rond de kunstbron, als gevolg van veelvuldige reflecties, een diffuus veld optreedt (afgesloten ruimte, binnenplaats e.d.) zijn de fouten onder punt a en b ook goed te onderdrukken, zodat dan het gebruik van de substitutiemethode tot betrouwbare resultaten kan leiden.

→

FIGUUR C.6.1 *De toepassing van een kunstbron in groot- en kleinschalige situaties*

Toepassingen

Bij grootschalige industriële situaties is de methode zelden geschikt voor het meten van volledige, grote overdrachtstrajecten tussen bron en immissiepunt, in verband met de bovengenoemde oorzaken van systematische en toevallige fouten. Wel kunnen in een dergelijk geval de geluidsverzwakking over delen van het overdrachtstraject worden gemeten en worden gecombineerd met berekeningen.

Zie hybride methoden (hoofdstuk 7).

Substitutiemethoden kunnen veelvuldig worden toegepast bij het optreden van contactgeluid in de vorm van reciprociteitsmetingen. Dit wordt hier niet nader besproken doch er wordt verwezen naar [C.4], [C.5] en [C.6].

Rapportage

De rapportage moet, naast de in paragraaf 3.7 genoemde punten, aandacht besteden aan de vier aangegeven oorzaken van fouten als hiervan sprake is tijdens geluidsmetingen

→

7 Hybride methoden (methode II.10)

Onder hybride-methoden wordt verstaan:

- dat berekeningsresultaten worden gecontroleerd en bijgesteld op basis van meetresultaten, verkregen op gekozen punten tussen bron en immissiepunt (meest voorkomende vorm), óf;
- dat onbetrouwbaar geachte meetresultaten (stoorgeluid, instrumentatie, weersinvloeden) op basis van berekeningen worden gecontroleerd (zie toepassing 3).

Het verdient bijna altijd aanbeveling meet- en berekeningsresultaten met elkaar te vergelijken, ten einde fouten te vermijden. In complexe situaties wordt dit sterk aanbevolen. Deze vergelijking dient op dB(A)-waarde te gebeuren, maar ook op spectraal niveau. Het kan voorkomen dat de dB(A)-waarde goed overeenkomt, maar dat spectraal zeer grote verschillen bestaan.

Hybride-methoden kunnen in vele vormen worden toegepast. Derhalve wordt hier volstaan met enkele voorbeelden van toepassingen.

Toepassing 1

Een drietal bronnen is gelegen op 500 tot 700 m afstand van het immissiepunt. In dezelfde richting als het immissiepunt veroorzaakt de brongroep een bepaald geluidsniveau in een woonwijk. Aan de rand van de wijk komt het op 10 m hoogte gemeten geluidsniveau overeen met het berekende geluidsniveau. In de bebouwing treden echter verschillen op tussen de meet- en berekeningsresultaten. De metingen tussen de bebouwing worden betrouwbaar geacht (er zijn meerdere metingen per meetpunt verricht). De berekening van de geluidsoverdracht in de bebouwing is echter gebaseerd op bepaalde kengetallen. Deze overdrachtsberekening mag voor het traject in de bebouwing voor elk van de bronnen op dezelfde wijze worden bijgesteld.

Een zelfde bijstelling mag plaatsvinden indien de industrie ver van het immissiepunt verwijderd is, en de meet- en berekeningsresultaten op grote hoogte (bijvoorbeeld 10 m) overeenstemmen, terwijl op geringe hoogte (bijvoorbeeld 1,5 m) het niveau moet worden vastgesteld. Indien door de specifieke aard van de bodem het bodemeffect niet nauwkeurig berekend kan worden, kan het bodemeffect worden bepaald met behulp van het gemiddelde meetresultaat verkregen op 1,5 m hoogte.

Toepassing 2

De geluidsemmissie van één of een aantal individuele bronnen kan in een immissierelevante bronsterkte voor het hele bronterrein worden omgerekend door de overdrachtsweg op het terrein in rekening te brengen (bijvoorbeeld met behulp van een isolatieberekening (paragraaf 4.7), D_{ref} , D_{terrein} en D_{scherm} (zie hoofdstuk 5)). Deze berekende immissierelevante bronsterkte kan worden gecontroleerd door het bepalen van de bronsterkte van het hele terrein op basis van:

- een rondom-meting (zie paragraaf 4.4);
- geluidsimmissiemetingen rond het terrein en uit deze resultaten met de geconcentreerde bronmethode (zie paragraaf 4.2) de bronsterkte van het hele terrein te bepalen.

Uit de vergelijking van de berekende en de gemeten resultaten kan een bijstelling van de berekende overdrachtsverzwakking plaatsvinden.

Toepassing 3

Metingen waarbij weersinvloeden een belangrijke rol hebben gespeeld, dan wel waarbij (mogelijk) stoorgeluid aanwezig was, kunnen worden gecontroleerd door een emissiebepaling aangevuld met een overdrachtsberekening of door metingen op een dichter bij de bron gelegen punt, waarbij een extrapolatieberekening wordt toegepast.

Deze controle wordt vooral aanbevolen bij geluidsmetingen op grote afstand van de bron, omdat daar het spectrum van het omgevingsgeluid en het spectrum van de bron minder goed van elkaar zijn te onderscheiden. Vaak blijkt dat in bepaalde octaafbanden het stoorgeluid van invloed is, terwijl dit met het gehoor niet waarneembaar is.

→

Tot de Hybride methoden kunnen evenzeer gerekend worden de overdrachtsmodellen, gebaseerd op golffront extrapolatie en het gebruik van geavanceerde meetsystemen, gebaseerd op microfoon arrays. Met name in zeer complexe situaties waar de conclusies kunnen leiden tot grote gevolgen, kan het toepassen van andere technieken dan in methode II omschreven, leiden tot meer inzicht. In al deze gevallen dient de rapportage vergezeld te gaan van een uitgebreide documentatie van de toegepaste techniek.

→

8 Bepaling beoordelingsgrootheden

8.1 Bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$

De representatieve bedrijfssituatie kan bestaan uit verschillende bedrijfstoestanden.

Per bedrijfstoestand wordt het gestandaardiseerde immissieniveau L_i bepaald uit het energetisch gemiddelde van de verrichte (geldige) geluidsmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor stoorgeluid.

Wanneer de metingen en uitwerkingen zijn uitgevoerd in frequentiebanden kan hieruit het totale gestandaardiseerde immissieniveau L_i in dB(A) worden berekend door de A-gewogen geluidsniveaus in de beschouwde frequentiebanden energetisch te sommeren.

Wanneer de metingen direct in dB(A) zijn uitgevoerd, wordt hieruit direct het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau L_i per bedrijfstoestand verkregen.

Het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$ in dB(A) ten gevolge van een bepaalde bedrijfstoestand wordt bepaald uit het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau.

$$L_{Aeqi,LT} = L_i - C_b - C_m - C_g \quad (8.1)$$

De **bedrijfsduurcorrectieterm** C_b brengt de periode T_b in rekening zolang de bedrijfstoestand tijdens een beoordelingsperiode T_o (dag, avond, nacht) duurt.

$$C_b = -10 \log (T_b / T_o) \quad (8.2)$$

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld, de volgende beoordelingsperioden aanhouden:

- dagperiode: 07.00-19.00 uur; $T_o = 12$ uur
- avondperiode: 19.00-23.00 uur; $T_o = 4$ uur
- nachtperiode: 23.00-07.00 uur; $T_o = 8$ uur

De **meteocorrectieterm** C_m wordt berekend uit:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10 (h_b + h_o) \quad (8.3)$$

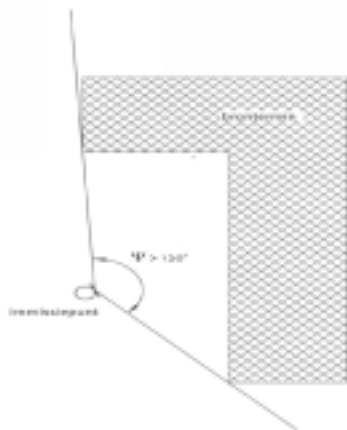
$$C_m = 5 - 50 \left(\frac{h_b + h_o}{r_i} \right) \text{ als } r_i > 10 (h_b + h_o)$$

Indien de meting een bronterrein betreft dat onder een zichthoek $\Psi > 120^\circ$ vanuit het immissiepunt wordt gezien en waarbij $r_i > 10 (h_b + h_o)$, dienen de metingen plaats te vinden bij windrichtingen die gelijkmatig zijn verdeeld over deze zichthoek (zie figuur C.8.1).

De meteocorrectieterm bedraagt dan:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10 (h_b + h_o) \quad (8.4)$$

$$C_m = 5 - 50 \frac{(h_b + h_o)}{r_i} \left(1 - 0,3 \cdot \frac{\Psi}{180} \right) \text{ als } r_i > 10 (h_b + h_o)$$



FIGUUR C.8.1 Definitie zichthoek Ψ

De **gevelcorrectieterm C_g**

Tenzij uitdrukkelijk anders gespecificeerd, wordt het niveau van het *invallende* geluid (dus zonder bijdrage van reflectie tegen een achterliggende gevel) gemeten. Indien het meetpunt direct vóór een gevel is gesitueerd, wordt op het gestandaardiseerde immissieniveau (L_i) een procedurele gevelcorrectieterm C_g van 3 dB in mindering gebracht om het invallende geluid te bepalen.

In het geval dat uitdrukkelijk wordt aangegeven dat inclusief gevelreflectie moet worden beoordeeld, dient de meetlocatie bij voorkeur als zodanig te zijn gekozen.

8.2 Bepaling beoordelingsniveau $L_{A,r,LT}$

Wanneer op het *beoordelingspunt* binnen het totaal aanwezige geluidsniveau, vanwege de betreffende inrichting een geluid met een duidelijk tonaal of een impulsachtig karakter kan worden waargenomen, wordt op het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau van de betreffende bedrijfstoestand tijdens welke dit specifieke karakter optreedt een toeslag berekend van:

- tonaal: $K_1 = 5$ dB;
- impuls: $K_2 = 5$ dB.

Per bedrijfstoestand wordt maximaal één toeslag in rekening gebracht.

Wanneer op het beoordelingspunt binnen het totaal aanwezige geluidsniveau, vanwege de betreffende inrichting geluid met een duidelijk muziekkarakter wordt waargenomen, wordt op het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de betreffende bedrijfstoestand een toeslag berekend van: $K_3 = 10$ dB.

Indien deze toeslag wordt toegepast, wordt voor deze per bedrijfstoestand geen toeslag meer voor tonaal of impulsgebied toegepast. De totale toeslag kan daarom niet groter zijn dan 10 dB.

→

Het langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau per bedrijfstoestand (kortweg deelbeoordelingsniveau) $L_{Ari,LT}$ wordt voor elke afzonderlijke beoordelingsperiode als volgt bepaald:

$$L_{Ari,LT} = L_{Aeqi,LT} + K_x \quad (8.5)$$

Hierin komt K_x overeen met K_1 , K_2 of K_3 .

Het totale beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ wordt voor elke beoordelingsperiode bepaald uit de energetische sommatie van de deelbeoordelingsniveaus volgens:

$$L_{Ar,LT} = 10 \log \sum 10^{\frac{L_{Ari,LT}}{10}} \quad (8.6)$$

8.3 Bepaling beoordelingsniveau L_{etmaal}

Indien diverse bedrijfstoestanden binnen één beoordelingsperiode optreden worden de deelbeoordelingsniveaus energetisch gesommeerd. Als de verschillende bedrijfstoestanden wel in dezelfde beoordelingsperiode maar niet in hetzelfde etmaal optreden, mogen de desbetreffende niveaus niet (energetisch) gesommeerd worden. Dan dient eerst per beoordelingsperiode (dag, avond en nacht) het beoordelingsniveau te worden bepaald. De beoordelingsperiode met de hoogste beoordelingsniveau is in dat geval bepalend voor de representatieve bedrijfssituatie.

Het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ wordt voor de verschillende beoordelingsperioden vastgesteld:

- dagperiode: $L_{dag} = L_{Ar,LT}$ (07.00-19.00 uur);
- avondperiode: $L_{avond} = L_{Ar,LT}$ (19.00-23.00 uur);
- nachtperiode: $L_{nacht} = L_{Ar,LT}$ (23.00-07.00 uur).

De etmaalwaarde L_{etmaal} (deze waarde is gelijk aan de geluidsbelasting B_i) komt overeen met de hoogste van de volgende waarden:

- L_{dag}
- $L_{avond} + 5 \text{ dB}$
- $L_{nacht} + 10 \text{ dB}$

Voor zonebeheer en hogere waardeprocedures wordt altijd het invallend geluidsniveau bedoeld en worden geen toeslagen voor impulsachtig, tonaal of muziekgeluid toegepast.

8.4 Maximaal geluidsniveau L_{Amax}

De beoordeling van geluiden die kortstondig optreden geschiedt aan de hand van het maximale A-gewogen geluidsniveau L_{Amax} . Het maximale geluidsniveau L_{Amax} is de hoogste aflezing in de meterstand 'fast', verminderd met de meteocorrectieterm C_m (zie paragraaf 8.1).

Bij de gemeten waarde dient te worden vermeld waardoor het maximale niveau wordt veroorzaakt.

→

9 Definities

Symbol	Eenheid	Omschrijving
β	°	hoek tussen de normaal op het uitstralende oppervlak en de denkbeeldige lijn met het immissiepunt
ϵ_h/ϵ_v	m	Horizontale of verticale omweg om scherm
θ	°	Hoek tussen de nul graden richting en de richting waarbij de gevoeligheid van een richtmicrofoon met 3 dB is teruggevallen
λ	m	Golflengte
ρ	-	Reflectiecoëfficiënt voor de geluidsenergie
Σ	-	Stralingsfactor of afstralgraad
σ_n	-	Standaarddeviatie van het gemiddelde
Ψ	°	Hoek waaronder het brongebied vanuit de waarnemer wordt gezien
φ	°	Windhoek
Ω	steradianen	Ruimtehoek
a_{lu}	dB/m	Frequentie-afhankelijke dempingsfactor voor de luchtabsorptie
B	-	Bodemfactor
B_b	-	Bodemfactor van het brongebied
B_i	dB(A)	Geluidsbelasting op het immissiepunt vanwege het industrieterrein
B_m	-	Bodemfactor van het middengebied
B_o	-	Bodemfactor van het ontvangergebied
C_b	dB	Bedrijfsduurcorrectieterm per beoordelingsperiode
C_d	dB	Diffusiecorrectie
C_g	dB	Gevelreflectieterm
C_m	dB	Meteocorrectieterm
C_{stoor}	dB	Stoorgeluidscorrectie
d	m	Bron- of brongebieddiameter
$d_{k,k+1}$	m	Afstand tussen punten gelegen op een meetlijn
d_{ref}	dB	Diameter van het referentielichaam bij een lijnbron
d_z	m	Afstand tussen zwaailijnen
D_{xxx}	dB	Symbol voor verzwakkingsterm
DI	m	Richtingsindex (directivity index)

→

ΔD	dB	Tophoekcorrectieterm
f	Hz	Frequentie
f_{onder}	Hz	Laagste frequentie in een bepaalde tertsband
f_{boven}	Hz	Bovenste frequentie in een bepaalde tertsband
h_b	m	Bronhoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_e	m	Effectieve schermhoogte
h_m	m	Hoogte van meetpunt ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{ma}	m	Hoogte maaiveld ten opzichte van referentievlak
h_o	m	Beoordelingshoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{sr}	m	Hoogte van het scherm ten opzichte van referentievlak
l	-	Immissiepunt
I_s	W/m ²	Intensiteitsvector op oppervlak S
K_x x = 1, 2 of 3	dB	Toeslagen voor tonaal (x = 1), impulsachtig (x = 2) en muziekgeluid (x = 3)
l	m	Lengte van een lijnbron of meetlijn
$L_{\text{Aeq,LT}}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau
L_{Amax}	dB(A)	Maximale A-gewogen geluidsniveau
$L_{\text{Ari,LT}}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau
$L_{\text{Ar,LT}}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau
$L_{\text{Aeq,T}}$	dB(A)	A-gewogen equivalent geluidsniveau ten opzichte van een referentiedruk van 20 μPa over de periode T
$L_{\text{dag}}/L_{\text{avond}}$ $L_{\text{nacht}}/L_{\text{etmaal}}$	dB(A)	Beoordelingsniveau $L_{\text{Ar,LT}}$ voor respectievelijk de dag-, avond-, nacht- en etmaalperiode
$L_{\text{eq,T}}$	dB	Equivalent geluids(druk)niveau ten opzichte van een referentiedruk van 20 μPa over de periode T
L_i	dB/dB(A)	Gestandaardiseerd immissieniveau
$L_{i,\text{ref}}$	dB/dB(A)	Gestandaardiseerd immissieniveau op het referentiepunt
L_k	dB/dB(A)	Geluids(druk)niveau op punt k gelegen op een meetlijn bij rondommethode
L_p	dB/dB(A)	Geluids(druk)niveau op de denkbeeldige meetlijn
$\langle L_S \rangle$	dB/dB(A)	Geluids(druk)niveau op het denkbeeldige meetvlak
L_v	dB/dB(A)	Snelheidsniveau
L_W	dB/dB(A)	Geluidsvermogeniveau van de bron

→

L_{WR}	dB/dB(A)	Immissierelevante bronsterkte
ΔL_{α}	dB	LuchtabSORPTIETERM bij rondommethode
ΔL_F	dB	Nabijheidsveldcorrectieterm bij rondom- en aangepast meetvlak-methode
ΔL_M	dB	Richtmicrofooncorrectieterm bij rondommethode
ΔL_S	dB	Term die het uitstralende oppervlak in rekening brengt
n	-	Normaalvector op oppervlak S
N	-	Aantal meetpunten of metingen
N_x	-	Fresnelgetal
Q	-	Verhouding tussen oppervlak referentievlak meetvlak
r_{bm}	m	Afstand tussen bron en het midden van cilinder m
r_{br}	m	Afstand tussen bron en reflecterend object
r_{geb}	m	Horizontale afstand van een lijn tussen bron en immissiepunt dat boven een gebouw ligt
r_i	m	Afstand tussen bron en immissiepunt
r_{im}	m	Afstand tussen immissiepunt en het midden van cilinder m
r_{or}	m	Afstand tussen immissiepunt en reflecterend object
r_t	m	Lengte van het deel van de geluidsstraal dat door 'open' installaties heen gaat
R	m	Afstand tussen bron en meetpunt ten behoeve van bronsterktebepaling
R_i	dB	Geluidsisolatie van wanddeel i
R_m	m	Gemiddelde afstand tussen het bron(terrein) en de meetlijn
S_m	m ²	Oppervlak van het meetvlak bij aangepast meetvlakmethode c.q. het door de meetlijn omsloten grondoppervlak bij de rondommethode
S_p	m ²	Oppervlak van het bronterrein
S_{ref}	m ²	Oppervlak van het referentielichaam
S_k	m ²	Oppervlak van deelvak k
S_i	m ²	Oppervlak van wanddeel i
s_l, s_r	m	Horizontale afmeting van afscherming dwars op de lijn van bron naar immissiepunt
$t(f)$	-	Factor voor de geluidsverzwakking door industrieterreinen
T_b	uren	Bedrijfsperiode
T_m	minuten	Meetperiode

→

T_0	uren	Beoordelingsperiode
U_x	m/s	Windsnelheid op x m hoogte
$v(t)$	m/s	Snelheid als functie van de tijd
v_0	m/s	Referentiesnelheid (10^{-9} m/s)
W_0	W	Referentie geluidsvermogen (10^{-12} W)
W	W	Geluidsvermogen van een bron

→

Literatuurlijst

- [C.1] ISO 9613-1: 1993: Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere
- [C.2] IEC 1400-1: 1998: Wind turbine generator systems – Part 2: Acoustic noise measurement techniques
- [C.3] ISO 8297: 1994: Acoustics – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering method
- [C.4] L. Cremer, M. Heckl en E. E. Ungar, 'Structure-Borne Sound', Springer Verlag 1973 Berlin, blz. 506 e.v.
- [C.5] H. F. Steenhoek, T. ten Wolde, 'The reciprocal measurements of mechanical- acoustical transfer functions', Acustica 23 (1970), 301.
- [C.6] K. J. Buhler en J. Feldmann, 'Ein Messverfahren zur Bestimmung von Körperschallanregung und -übertragung', Acustica 42 (1979) p. 108-113.
- [C.7] Ir. M.L.S. Vercammen en ir. P.H. Heringa 'Berekening afstralgraad verschillende constructies' ICG rapport IL-HR-13-04,1989.
- [C.8] Dr. Ing. A. von Meier en Dr. G.J. van Blokland, 'Uitbreiding van industriegeluid in woonwijken met betrekking tot sanering industrielawaai', ICG rapport GF-HR-01-03 (1989).
- [C.9] Ir. A. Moerkerken, 'Handleiding ter berekening van de geluidverzwakking in woonwijken in het kader van de sanering industrielawaai', ICG rapport GF-HR-01-05 (1989).