

## Flankerende overdracht – akoestisch model

Kennisbank Bouwfysica

Auteur: Dictaat ct 4220 Bouwfysica II, TU-Delft Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, samengesteld door prof.ir. J.J.M. Cauberg

### 1 Directe geluidoverdracht

Een van de belangrijkste opgaven van de bouwakoestiek is het beheersen van de geluidoverdracht tussen twee ruimten/verblijfsgebieden.

In het hoofdstuk “Gezondheid” van het Bouwbesluit worden minimum eisen gesteld aan de karakteristieke isolatie-index  $I_{u,k}$  tussen besloten ruimten in een woning en een niet in de woning gelegen verblijfsgebied of besloten ruimte.

Uit kwaliteitsoogpunt worden in de praktijk ook al eisen overeengekomen die de Bouwbesluit eisen met 3 à 5 dB overschrijden. De definitie  $I_{u,k}$  brengt de totale geluidoverdracht in rekening.

Voor de geluidoverdracht van ruimte naar ruimte wordt veelal uitgegaan van de directe geluidoverdracht via de scheidingswand:

$$L_o = L_z - R_s + 10 \log S / A \quad (1)$$

Met:

$L_o$	geluidrukniveau ontvangruimte in dB
$L_z$	geluidrukniveau zendruimte in dB
$R_s$	geluidisolatie scheidingswand in dB
$S_s$	oppervlakte scheidingswand in $m^2$
$A$	geluidabsorptie in ontvangruimte in $m^2$ o.r.

Geluidoverdracht tussen ontvang- en zendruimte heeft niet alleen plaats via de directe scheidingswand, maar ook via flankerende wanden en omloopgeluid, namelijk: “in de praktijk blijkt bij een goed uitgevoerde constructie het aldus (bedoeld is met formule (1)) voorspelde geluidrukniveau 1 à 2 dB hoger te liggen ten gevolge van flankerende transmissie en geluidlekken via naden bij de randaansluitingen”.

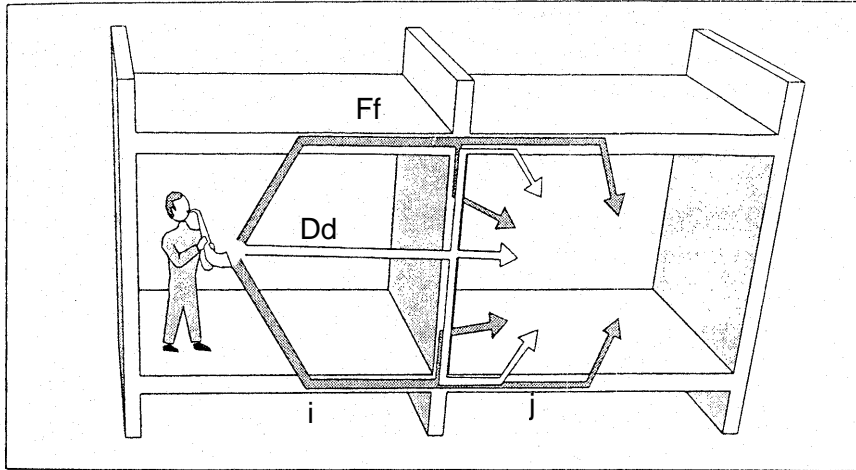
In NPR 5070 “Geluidwering in woongebouwen; voorbeelden van wand- en vloerconstructies” (1993) worden voorwaarden gesteld aan de flankerende wanden als functie van vooral de massa van de scheidingswand om de flankerende geluidoverdracht te beperken.

In deze module zal de flankerende geluidoverdracht via bouwkundige constructies (flankerende wanden) alsmede het omloopgeluid, (verlaagde plafonds/verhoogde vloeren) behandeld worden.

### 2 Flankerende geluidoverdracht

De geluidwegen die tussen twee ruimten aanwezig zijn, zijn in figuur 1 gegeven. Voor de directe weg, aangeduid als  $D_d$  is (1) van toepassing. De geluidoverdracht via de flankerende weg  $F_f$  zal aan de hand van een akoestisch model worden behandeld. Hierbij zal het geluidrukniveau in de ontvangruimte, veroorzaakt door geluidenergie die via de weg  $F_f$  van

zendruimte naar ontvangruimte komt, een relatie afgeleid worden overeenkomstig (1). Dit maakt het mogelijk om via een eenvoudig rekenschema  $D_{nT}$  en dus ook  $I_{lu,k}$  te berekenen (zie module A-32; Flankerende overdracht – rekenmethode).



figuur 1. overdrachtswegen van luchtgeluid

Voor het geluiddrukkniveau  $L_{pj}$  in de ontvangruimte ten gevolge van het geluidvermogen  $L_{wj}$  dat door het vlak  $j$  wordt afgestraald, geldt:

$$L_{pj} = L_{wj} + 10 \log \frac{4}{A} \quad (2a)$$

$$p_j^2 = \frac{W_j}{4\rho_o c_o A} \quad (2b)$$

Met:

$L_{pj}$	geluiddrukkniveau in de ontvangruimte ten gevolge van vlak $j$ in dB
$p_j$	geluiddruk in ontvangruimte ten gevolge van het vermogen $W_j$ in $N/m^2$
$L_{wj}$	afgestraald geluidvermogensniveau door vlak $j$ in dB
$W_j$	afgestraald geluidvermogen door vlak $j$ in W
$\rho_o$	soortelijke massa lucht in $kg/m^3$
$c_o$	geluidssnelheid in m/s.

Voor het geluidvermogen dat door een trillend vlak  $j$  wordt afgestraald, geldt:

$$W_j = \rho_o c_o \overline{v_j^2} S_j \sigma_j \quad (3)$$

Met:

$\overline{v_j^2}$	de tijdgemiddelde trillingssnelheid
$S_j$	oppervlakte van het wandvlak $j$ in $m^2$
$\sigma_j$	afstraalfactor van wandvlak $j$
$v_g$	gemiddelde trillingssnelheid van het wandoppervlak in m/s

Zoals  $p_{eff}^2$  de maat is voor de sterkte van geluid is het voor een trillende wand  $\overline{v_j^2}$ .

De afstraalfactor is een maat voor het geluidafstralend vermogen van een trillend vlak. De afstraalfactor is frequentieafhankelijk; voor frequenties boven de coïncidentiefrequentie is de afstraalfactor 1; onder de coïncidentiefrequentie  $\sigma < 1$ .

Voor de coïncidentiefrequentie is de afstraalfactor  $> 1$ . Behalve door de coïncidentiefrequentie wordt de afstraalfactor bepaald door de afmetingen van de wand.

De trillingsnelheid  $v_j$  van het wandvlak  $j$  wordt veroorzaakt doordat het op wandvlak  $i$  invallend geluid in de zendruimte de wand  $i$  in trilling brengt; deze trilling plant zich voort naar onder andere het vlak  $j$ . Maar op het knooppunt tussen de vlakken  $i, j$  en het scheidingsvlak  $S$  heeft een demping plaats. Dit betekent:

$$\overline{v_j^2} = d_{ij} \overline{v_i^2} \tag{4}$$

Met:

$d_{ij}$                     verbindingsdemping tussen de aangesloten constructie en de constructie  $j$

De trillingsnelheid  $\overline{v_j^2}$  van het vlak  $i$  wordt bepaald door de (directe) geluidisolatie van vlak  $i$ .

Er geldt:

$$\tau_i = \frac{W_{afgestraald,i}}{W_{invallend,i}} \tag{5}$$

$$W_{afgestraald,i} = \rho_o c_o \overline{v_i^2} \sigma_i S_i \tag{6}$$

$$W_{invallend,i} = \frac{p_z^2 S_i}{4 \rho_o^2 c_o^2} \tag{7}$$

Met:

$\tau_i$                     transmissiefactor vlak  $i$  ( $R_i = 10 \log 1/\tau_i$ )

$W_{afgestraald,i}$     het door vlak  $i$  afgestraald geluidvermogen (indien  $i$  een direct scheidingswand tussen twee ruimten zou zijn)  $W$

$W_{invallend,i}$     het op vlak  $i$  invallend geluidvermogen ten gevolge van het diffuus geluidveld in de zendruimte in  $W$

$p_z$                     geluiddruk in de zendruimte in Pa

Uit (5), (6) en (7) volgt:

$$\overline{v_i^2} = \frac{p_z^2}{4 \rho_o^2 c_o^2} \cdot \frac{\tau_i}{\sigma_i} \tag{8}$$

De flankerende geluidtransmissiefactor  $\tau_{ij}$  via de vlakken  $i$  en  $j$  zou gedefinieerd kunnen worden als het geluidvermogen dat aan de zenzijde op vlak  $i$  invalt ten opzichte van het geluidvermogen dat door vlak  $j$  wordt afgestraald. Aangezien de totale geluidoverdracht van zendruimte naar ontvangruimte de som is van de geluidoverdracht via alle vlakken, heeft het voordeel om van één referentievermogen aan de zenzijde uit te gaan. Hiervoor wordt het invallend vermogen op het directe scheidingsvlak genomen, dit is

$$W_{refZ} = W_{inS} = \frac{p_z^2}{4\rho_o c_o} S_s \quad (9)$$

Met:

$W_{refZ}$  referentievermogen aan zenzijde in W

$W_{inS}$  op de zenzijde op het directe scheidingsvlak invallend geluidvermogen in W.

$S_s$  oppervlakte van het directe scheidingsvlak in  $m^2$

Voor de situatie dat er geen direct scheidingsvlak aanwezig is, wordt  $S_s = 10 m^2$  verondersteld.

Voor de transmissiefactor  $\tau_{ij}$  (dat wil zeggen de geluidoverdracht tussen zendruimte en ontvangruimte via de vlakken i en j) laat zich berekenen:

$$\tau_{ij} = \frac{W_j}{W_{inS}} = d_{ij} \tau_i \frac{S_j}{S_s} \cdot \frac{\sigma_j}{\sigma_i} \quad (10)$$

Probleem bij de toepassing van (10) is, dat de afstraalfactoren  $\sigma_j$  en  $\sigma_i$  vaak niet nauwkeurig genoeg bekend zijn.

In de akoestiek is het reciprociteitsbeginsel geldig, dat wil zeggen dat de transmissiefactor gelijk blijft als de vlakken i en j verwisseld worden of:

$$\tau_{ij} = \tau_{ji} \quad (11)$$

Dit toegepast op (10) geeft de vergelijking:

$$d_{ij} \tau_i \frac{S_j}{S_s} \cdot \frac{\sigma_j}{\sigma_i} = d_{ji} \tau_j \frac{S_i}{S_s} \cdot \frac{\sigma_i}{\sigma_j} \quad (12a)$$

$$\left( \frac{\sigma_j}{\sigma_i} \right)^2 = \frac{\tau_j}{\tau_i} \cdot \frac{d_{ji}}{d_{ij}} \cdot \frac{S_i}{S_j} \quad (12b)$$

Substitutie van (12) in (10) leidt tot:

$$\tau_{ij} = \sqrt{\tau_i \tau_j} \sqrt{d_{ij} d_{ji}} \cdot \sqrt{\frac{S_i S_j}{S_s}} \quad (13)$$

$$R_{ij} = \frac{R_i}{2} + \frac{R_j}{2} + \bar{D}_{ij} + 10 \log \sqrt{\frac{S_s^2}{S_i S_j}} \quad (14)$$

Met:

$$\bar{D}_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} = \text{richting gemiddelde verbindingsdemping in dB}$$

$D_{v,ij}$   $10 \log d_{ij}$  = verbindingsdemping in dB

$R_i$  geluidisolatie vlak i in dB

$R_j$  geluidisolatie vlak j in dB

$R_i$  en  $R_j$  zijn de geluidisolaties van deze vlakken in de werkelijke situatie, dat wil zeggen met inbegrip van de demping aan de randen. Als redelijke benadering kan voor  $R_i$  respectievelijk  $R_j$  de meetwaarde uit het laboratorium worden gebruikt.

Zoals het geluidrukniveauverschil tussen zend- en ontvangruimte conform 1 te berekenen is met behulp van de situatieonafhankelijke grootheid  $R$  en de situatieafhankelijke grootheden  $S$  en  $A$ , kan ook voor de trillingsoverdracht een vergelijkbare opzet gekozen worden, namelijk

$$\overline{D}_{ij} = K_{ij} - 10 \log \frac{l_{ij}}{\sqrt{S_i S_j}} \quad (15)$$

Met:

$\overline{D}_{ij}$	verschil in trillingssnelheid tussen de vlakken $i$ en $j$ voor een concrete situatie in dB
$K_{ij}$	genormaliseerde situatie onafhankelijke trillingsdemping in dB
$l_{ij}$	lengte contactvlak tussen de vlakken $i$ en $j$ in m
$S_i$	oppervlak van vlak $i$ in $m^2$
$S_j$	oppervlak van vlak $j$ in $m^2$

$K_{ij}$  omschrijft de trillingsoverdracht op een genormaliseerde manier en onafhankelijk van de situatie. Of anders gezegd, uitgaande van  $K_{ij}$  kan de feitelijke demping  $\overline{D}_{ij}$  berekend worden als van de feitelijke situatie  $l_{ij}$ ,  $S_j$  en  $S_i$  bekend zijn.

Formule (14) laat zich nu als volgt omvormen tot de basisformule voor de flankerende geluidoverdracht::

$$\begin{aligned} R_{ij} &= \frac{R_i + R_j}{2} + \overline{D}_{ij} + 10 \log \frac{S_s}{\sqrt{S_i S_j}} \\ &\approx \frac{R_i + R_j}{2} + K_{ij} - 10 \log \frac{l_{ij}}{\sqrt{S_i S_j}} + 10 \log \frac{S_s}{\sqrt{S_i S_j}} \\ &\approx \frac{R_i + R_j}{2} + K_{ij} + 10 \log \frac{S_s}{l_{ij}} \end{aligned} \quad (16)$$