

# Absorptiemechanismen

Kennisbank Bouwfysica

Auteur: ir. L. Nederlof, prof.ir. J.J.M. Cauberg

## 1 Poreuze absorberende materialen

De poreuze absorptiematerialen zijn het meest bekend. Tapijten, gordijnen, poreuze platen van organisch materiaal, glas- en steenwol, poreuze pleisters en ook de kleding van de mens zijn voorbeelden van dit type.

Zij ontlenen hun absorptie aan de aanwezigheid van doorgaande poriën, die in verbinding staan met de lucht. De opvallende geluidgolf zet zich voort in het materiaal; in de poriën – met poreuze wanden – ondervinden de trillende luchtdeeltjes weerstand door wrijving en dat kost energie; er treedt geluidabsorptie op. Sluit men de poriën af door op het materiaal een laag verf, papier of pleister aan te brengen, dan gaat de absorptie verloren.

Materialen met een gesloten celstructuur zoals gasbeton – dus afgesloten luchtcellen in plaats van kanaalvormige poriën – absorberen niet of zeer weinig.

Bestaat de constructie uit een poreuze laag van enkele centimeters, bevestigd tegen de harde wand, dan zal de golf in de poreuze laag reflecteren tegen de harde wand, op zijn terugweg verder worden verzwakt en vervolgens weer gedeeltelijk uittreden, aldus de reflectiecoëfficiënt van de constructie verhogend. Een ander deel zal weer aan het buitenoppervlak materiaalwaarts worden gekeerd; het spel herhaalt zich, enz..

De volgende grootheden bepalen de geluidabsorptie van een materiaal:

- specifieke stromingsweerstand R;
- laagdikte;
- frequentie;
- poriënstructuur;
- wijze van bevestigen;
- porositeit.

## 2 Specifieke stromingsweerstand

Hoe nauwer de poriën, des te sterker de luchtwrijving en des te sterker de demping van de lopende golf in het poreuze materiaal is. Een maat voor deze demping is de zogenaamde specifieke stromingsweerstand R van het materiaal, gedefinieerd door de vergelijking:

$$-\frac{dp}{dx} = Rv \quad (1)$$

Met:

$\frac{dp}{dx}$	drukgradiënt in het materiaal in [Pa/m]
R	specifieke stromingsweerstand in [N s/m <sup>4</sup> ]
v	aanstroomsnelheid in [m/s]

Deze formule brengt tot uitdrukking, dat er een evenredigheid bestaat tussen de drukgradiënt dp/dx in het materiaal en de aanstroomsnelheid v door het materiaal. Hoe groter dp/dx voor

een bepaalde  $v$ , des te dichter is het poreuze materiaal en des te groter is ook  $R$ . Het ligt voor de hand te onderstellen, dat  $R$  niet te klein mag zijn, want anders is de wrijving te gering. Echter,  $R$  mag stellig ook niet te groot zijn; immers, de poriën zijn te nauw en dan zal een te kleine fractie van de invallende intensiteit in het materiaal doordringen. De golf "schrikt" reeds bij de eerste aanraking met het fijnporeuze materiaal en wordt grotendeels gereflecteerd door het oppervlak van de wandbekleding.

De volgende gegevens dienen om een globaal idee te geven van de specifieke stromingsweerstand  $R$  van praktische materialen:

Luchtige glaswol of steenwol	$10^4$ SI
Platen van glaswol of steenwol	$10^5$ SI
Vrij dichte houtvezelplaten, zachtboard	$10^6$ SI
Sommige poreuze steensoorten, metselwerk	$10^7$ SI

### 3 Laagdikte

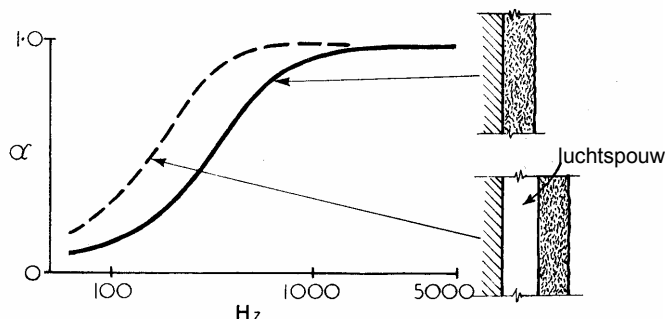
De laagdikte is ook belangrijk. Immers, er is een zekere dikte nodig om de ingedrongen golf langzaam te dempen.

Lage  $R$  is nodig om de golf te verleiden om in het materiaal te dringen. Echter, des te lager  $R$ , des te dikker moet de laag zijn om de ingedrongen golf voldoende te verzwakken. Zo is het duidelijk, dat een lage  $R$  in combinatie met een grote laagdikte gunstig is. Echter, is  $R$  groot, dan is een grote laagdikte zinloos.

Uit deze redeneringen is het duidelijk, dat men om redelijk te absorberen niet te dunne lagen kan gebruiken. Bij een te dunne laag is óf de specifieke weerstand te laag om de ingetreden golf voldoende te verzwakken óf de weerstand te hoog om de invallende golf in voldoende mate te verleiden in het materiaal te dringen.

### 4 Frequentie

De absorptiecoëfficiënt zal natuurlijk wel van de frequentie afhangen. Zelfs ligt het direct voor de hand te onderstellen, dat voor de absorptie van de lage tonen - die uiteraard een grote golflengte hebben - overeenkomstig dikke lagen nodig zijn (zie figuur 1, waarin de absorptiecoëfficiënt van minerale wol als functie van de dikte is weergegeven).



figuur 1. geluidabsorptiecoëfficiënt van minerale wol

## 5 Porositeit

Ten slotte moet nog als eigenschap - die het absorptiegedrag mede bepaalt – de porositeit worden genoemd; dat is de procentuele luchtinhoud van het materiaal. Grote porositeit is over het algemeen gewenst. Het is niet moeilijk hieraan te voldoen. De poriën moeten wel voor het geluid bereikbaar zijn.

## 6 Poriënstructuur

Bij dezelfde luchtweerstand kan de poriënstructuur nog verschillend zijn. Het materiaal kan bij voorbeeld korrelig of vezelig zijn. De invloed van de structuur op de geluidabsorptie wordt aangegeven met een structuurfactor  $s$ , die een maat is voor de onregelmatigheid van de poriën. Voor praktijkrichtlijnen ligt  $s$  doorgaans ergens tussen 1 en 10.

De invloed van  $s$  op de absorptie-eigenschappen is tweeledig:

1. met stijgende  $s$  komen er uitgesproken maxima en minima in de krommen;
2. grote  $s$  doet de gemiddelde absorptie bij de hoge tonen dalen, bij de lage stijgen.

$s = 1$  treft men aan bij materialen met honingraatstructuur, dat wil zeggen evenwijdige rechte poriën loodrecht op het oppervlak.  $s > 1$  wijst op poriën in andere richting, grillig poriënverloop, enz.

Daar het essentieel is voor het absorberen in poreuze lagen, dat de golf in het materiaal kan dringen, dient het oppervlak van poreuze materialen te worden ontzien. Reiniging, verfraaiing en in het algemeen oppervlakbehandeling met welk doel dan ook kan schadelijk zijn; de poriën moeten open blijven. Er zijn de laatste jaren materialen op de markt gekomen met een schijnbaar gesloten oppervlak. Echter, het is microporeus en kan, desgewenst met water en zeep, gereinigd worden. Andere materialen zijn zo grof poreus, bij voorbeeld sommige houtwolcement- of houtwolmagnesietplaten, dat dichtverven van de poriën nauwelijks tot de mogelijkheden behoort. Over het algemeen dient men echter voorzichtig te zijn met oppervlakbehandelingen.

## 7 Bevestigingswijze

Ook in de wijze van bevestiging van de poreuze laag zijn er mogelijkheden om de absorptiecoëfficiënt te beïnvloeden. Brengt men een poreuze laag ter dikte van enkele centimeters aan op een stijl- en regelwerk (zie figuur 1) zodat er een luchtlaag van enkele centimeters ontstaat tussen poreuze laag en muurconstructie, dan zijn de absorptie-eigenschappen vrijwel gelijk aan die van een poreuze laag ter dikte van de som der dikten van poreuze laag en luchtlaag. Dit lijkt (en is soms) kostenbesparend; echter, vergeet de kosten van het stijl- en regelwerk niet.

## 8 Bescherming

Vanwege de kwetsbaarheid en bezwaren van vervuiling is men soms geneigd poreuze materialen te bedekken met een geperforeerde plaat van metaal, hardboard, gips, asbestcement of hout. Als het perforatiepercentage groter is dan 20% en als de onderlinge afstand der openingen niet groter is dan 2 cm, kan worden aangenomen, dat de absorptie-eigenschappen door het aanbrengen van de beschermende laag niet veranderd zijn. Is het

perforatiepercentage kleiner en/of de afstand tussen de openingen groter, dan neemt de absorptie bij de hoge tonen merkbaar af (zie geperforeerde absorberende panelen). Bij een vezelig materiaal (bij voorbeeld glaswol) mag men dit materiaal met een heel dunne folie afdekken om te voorkomen dat de vezeltjes in de ruimte komen, en toch de absorberende eigenschappen van het materiaal waarborgen. Opdat de folie de verschillende frequenties nagenoeg ongestoord zal doorlaten, moet de dikte ervan voldoen aan:

$$2\pi \cdot f \cdot \rho \cdot d \leq 400, \quad (2)$$

Waarbij:

f	bovenste grensfrequentie in Hz,
$\rho$	dichtheid in $\text{kg/m}^3$
d	dikte in m

Wanneer voor  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  wordt genomen, moet - om de frequentie tot 4000 Hz niet te verstoren - voor de dikte gelden:

$$2\pi \cdot 4000 \cdot 1000 \cdot d \leq 400$$

Waaruit voor d volgt::

$$d \leq 16 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 16 \mu\text{m}$$

Voor dikkere folies gaan de absorberende eigenschappen van bij voorbeeld de glaswol achter het folie volledig verloren, net als bij verven.

Er is voor een geperforeerde plaat als afdekking van een poreus absorptiemateriaal een frequentie te berekenen, waarboven de absorptie zal afnemen ten gevolge van de invloed van de plaat. Deze frequentie  $f_1$  kan worden gevonden uit:

$$f_1 = 35000 \frac{d}{b^2}, \quad (3)$$

Waarbij:

d	diameter van de gaten in mm;
b	afstand tussen de middelpunten van twee gaten in mm.

Voor  $d = 5 \text{ mm}$  en  $b = 20 \text{ mm}$  wordt zo bij voorbeeld gevonden:

$$f_1 = \frac{35000 \cdot 5}{400} = 440 \text{ Hz}$$