

Gevelreflectie: gebruik de juiste meetafstand!

De invloed van de afstand van de microfoon tot de gevel op de meetwaarde

Er wordt af en toe slordig omgesprongen met de gevelcorrectie. Het goed toepassen van de gevelcorrectie is echter van groot belang voor een goede beoordeling van het geluid bij woningen. Voor bedrijven kan daar veel van afhangen, als dit het verschil maakt tussen wel of niet voldoen aan een vergunde waarde.

Door: Theo Campmans

Over de auteur:

Ir. Th.B.J. Campmans is adviseur lawaai- en trillingsbeheersing bij LBP|SIGHT.

INLEIDING

Er wordt af en toe slordig omgesprongen met de gevelcorrectie. Het op de juiste wijze toepassen van de gevelcorrectie is van groot belang voor een goede beoordeling van het geluid bij woningen. Voor bedrijven kan daar veel van afhangen, als dit het verschil maakt tussen wel of niet voldoen aan een vergunde waarde.

Het is inmiddels algemeen gebruikelijk dat het invallende geluid moet worden beoordeeld. Dit is dan ook vastgelegd in de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai – 1999 (HMRI).



FIGUUR 1: PRAKTIJSITUATIE WAARBIJ GEMETEN IS OP CA. 0,5 M VAN DE GEVEL

Als je voor een gevel meet, dan heeft het gereflecteerde geluid invloed op de gemeten waarde. De Handleiding schrijft voor dat je op 2 m voor het midden van de gevel het geluid moet meten. Die afstand lijkt op het eerste gezicht wat arbitrair. Je zou wellicht kunnen denken dat bij een harde gevel als gevolg van de reflectie een verdubbeling optreedt van het geluid, en dus een toename van 3 dB. Want bij optelling van twee geluidsniveaus van dezelfde sterkte geldt een toename van 3 dB ten opzichte van het enkele geluidsniveau. Maar waarom zou je niet wat dichterbij de gevel meten? In diverse praktijksituaties is vastgesteld dat controlerende instanties een afwijkende afstand gebruiken, soms minder dan 0,5 m, zoals getoond in de foto in figuur 1.

In dit artikel wordt ingegaan op het belang van het hanteren van de juiste afstand bij het meten. Ook wordt een alternatieve meetafstand genoemd met de daarbij horende correctie.

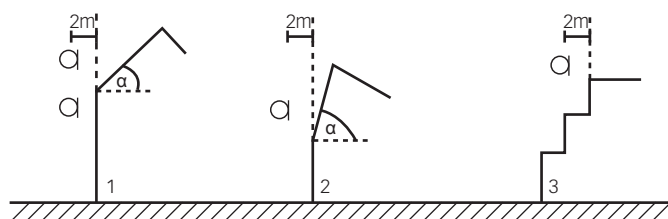
WAT ZEGT DE HANDLEIDING PRECIES?

Bij de beoordeling van geluid voor industriële situaties is de HMRI maatgevend. Hier wordt een klein stukje uit paragraaf 7.3.1 weergegeven over de waarde van de gevelcorrectie C_g , wanneer deze toegepast moet worden en hoe gemeten moet worden.

De gevelcorrectieterm C_g

Tenzij uitdrukkelijk gespecificeerd, wordt het niveau van het invallende geluid (dus zonder bijdrage van reflectie tegen een achterliggende gevel) bepaald. Indien het meetpunt direct vóór een gevel is gesitueerd, wordt op het gestandaardiseerde immissieniveau L , een procedurele gevelcorrectieterm C_g van 3 dB in mindering gebracht om het invallende geluid te bepalen (zie figuur A.7.6.). De in figuur A.7.6. aangegeven afstand van 2 m voor de gevel dient bij metingen in acht te worden genomen.

In het geval dat door het bevoegd gezag uitdrukkelijk wordt aangegeven dat inclusief gevelreflectie moet worden beoordeeld, dient de meetlocatie bij voorkeur zodanig te zijn gekozen dat deze gevelreflectie wordt gemeten.



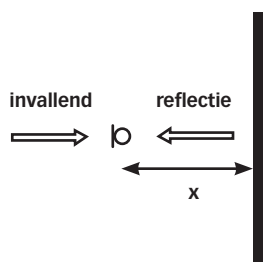
Dwarsdoorsnede huis 1: $C_g = 3$ dB voor de onderste microfoon c.q. beoordelingspositie
 $C_g = 0$ dB ($\alpha < 70^\circ$) voor de bovenste microfoon c.q. beoordelingspositie
 Dwarsdoorsnede huis 2: $C_g = 3$ dB ($\alpha > 70^\circ$)
 Dwarsdoorsnede huis 3: $C_g = 3$ dB

FIGUUR A.7.6 Toelichting op gevelreflectie

Uit de HMRI blijkt dat een keuze gemaakt moet worden: of meten met de gevelreflectie, of meten zonder gevelreflectie. Als gemeten wordt inclusief gevelreflectie, dan is er maar één goede afstand, namelijk op 2 m voor de gevel. Hierna zal een vereenvoudigde theoretische beschouwing worden gegeven over de invloed van de meetafstand, en dus wat er gebeurt als er op een afwijkende afstand wordt gemeten.

INVLOED REFLECTIE OP GELUIDDRUKNIVEAU

Nu gaan we kijken naar de theorie van de reflectie van geluid, waarbij we aannemen dat de reflectie volledig is. De optelling van het invallende met het gereflecteerde geluid levert niet de gebruikelijk 3 dB toename op, omdat die optelregel geldt voor incoherent geluid. Het gereflecteerde geluid is coherent met het invallende geluid, en het faseverschil tussen invallend en gereflecteerd geluid bepaalt dan het resultaat. Geluid in fase telt op tot + 6 dB en geluid in tegenfase dooft helemaal uit. De fase wordt bepaald door de extra afgelegde weg in verhouding tot de golflengte van het geluid. Dit is dus afhankelijk van de frequentie. De situatie is vereenvoudigd gemodelleerd met de microfoon op een gegeven meetafstand x vanaf de harde gevel, zoals weergegeven in figuur 2.



FIGUUR 2: SITUATIESCHETS MET INVALLEND EN GEREFLCTEERD GELUID

De totale geluidsdruk wordt berekend met de volgende formule¹:

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{in}} \left| 1 + e^{j \cdot 4 \cdot \pi \cdot f \cdot x / c} \right| = P_{\text{in}} \cdot \sqrt{2 + 2 \cdot \cos \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot f \cdot x}{c} \right)}$$

met:

- P_{tot} = totale geluidsdruk (invallend + reflectie) [Pa]
- P_{in} = invallend geluid [Pa]
- x = afstand tussen gevel en microfoon [m] (de "extra weglengte" L van het gereflecteerde geluid is dus: $2 \cdot x$)
- c = geluidssnelheid [m/s] (hier gerekend met 340 m/s)
- f = frequentie [Hz]

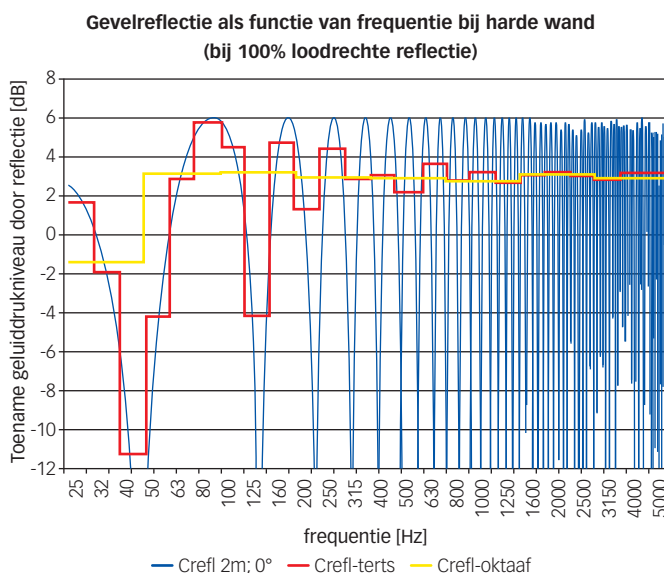
In deze benadering wordt er van uitgegaan dat het invallende geluid loodrecht invalt op de gevel van de woning. Als het geluid niet loodrecht invalt, maar onder een hoek, dan wordt de formule enigszins anders, maar dat maakt voor het principe niet veel uit.

De maximale optelling treedt op als de cosinus = +1. Deze treedt op bij een extra weglengte $2 \cdot x = n \cdot \lambda$ ($n = 1, 2, 3, \dots$). De maximale uitdoving treedt op als de cosinus = -1. Deze uitdoving treedt op bij een extra weglengte $2 \cdot x = \frac{1}{2} + m \cdot \lambda$ ($m = 0, 1, 2, \dots$).

De werkelijke toename van het geluidsdruk niveau op de microfoon ten gevolge van de gevelreflectie is daarmee²:

$$C_{\text{refl}}(f) = 10 \cdot \log \left[2 + 2 \cdot \cos \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot f \cdot x}{c} \right) \right] \text{ dB}$$

Deze invloed van de gevelreflectie is in figuur 3 grafisch weergegeven voor de meetafstand tot de gevel van 2 m.



FIGUUR 3: INVLOED LOODRECHTE GEVELREFLECTIE OP GEMETEN GELUIDDRUKNIVEAU BIJ MEETAFTAND 2 M

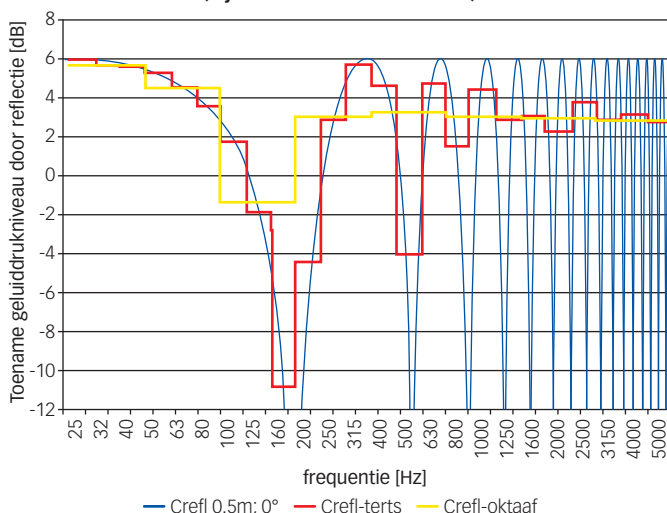
In de grafiek zijn drie lijnen weergegeven: de dunne blauwe lijn als functie van de frequentie, de rode lijn het gemiddelde per tertsbands en de gele lijn het gemiddelde per octaafband, op basis van een vlak spectrum. In de grafiek is te zien dat de maxima zich laten zien als een invloed van +6 dB en dat er tussen elke twee maxima een uitdooffrequentie is. De eerste uitdooffrequentie ligt bij 42 Hz.

Uit figuur 3 blijkt dat het gemiddelde per tertsbands pas boven 500 Hz minder dan 1 dB afwijkt van 3 dB. De tertsbands gemiddelden liggen tussen +6 dB en -11 dB. Het gemiddelde per octaafband is al vanaf de 63 Hz octaafband nagenoeg gelijk aan 3 dB. Dat betekent dat de gevelcorrectie van 3 dB klopt voor breedbandig geluid boven de 31,5 Hz octaafband. Let op dat bij tonaal geluid leidt het meten voor de gevel tot een invloed die sterk kan afwijken van 3 dB. Dat is overigens in de HMRI deels ondervangen door de opmerking in paragraaf 3.4.2 dat bij tonale componenten in de onderste 4 octaafbanden (31,5 Hz - 250 Hz) bij de meting heen en weer moet worden gezwaaid. Dan moet daarbij overigens vooral ook van en naar de gevel toe gezwaaid worden. Dat is in de praktijk in elk geval niet zo bij een onbewaakte meetpost. Overigens wordt opgemerkt dat de eenvoudige benadering van een volledig vlakke harde reflectie, zeker voor de 31,5 Hz band, te eenvoudig is voor de beschrijving van een reflectie tegen een enkele woning. De afmeting van de woning ligt dan in dezelfde orde-grootte als de golflengte van het geluid, en er zal geen vlakke reflectie meer optreden. Alleen bij de reflectie tegen een groot (flat)gebouw zal bij 31,5 Hz de gehanteerde benadering nog bruikbaar zijn. Het aantal praktijk-situaties waarbij de 31,5 Hz octaafband een rol speelt is overigens zeer beperkt.

AFWIJKENDE MEETAFASTANDEN

Als de meetafstand niet 2 m wordt genomen, maar 0,5 m, wat we bij een controlemeting in de praktijk tegenkwamen, dan wordt de invloed van de gevelreflectie weergegeven in figuur 4.

**Gevelreflectie als functie van frequentie bij harde wand
(bij 100% loodrechte reflectie)**

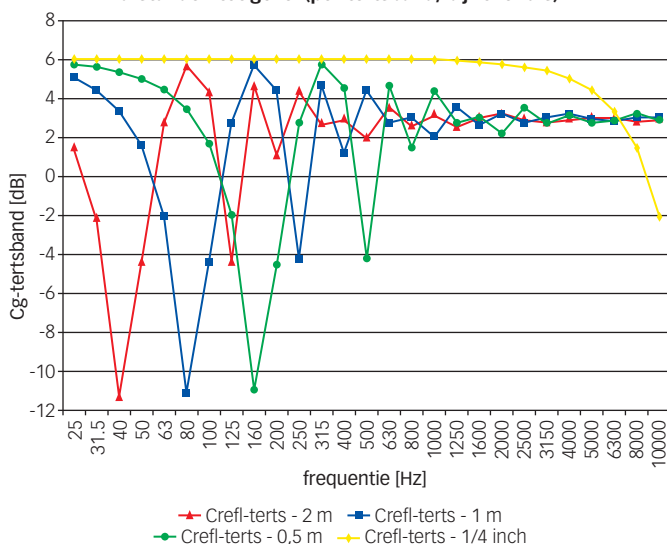


FIGUUR 4: INVLOED LOODRECHTE GEVELREFLECTIE OP GEMETEN GELUIDDRUKNIVEAU BIJ MEETAFASTAND 0,5 M

De grafiek in figuur 4 is qua vorm dezelfde als figuur 3, maar dan twee octaafbanden opgeschoven, omdat de afstand 4 x kleiner is geworden. De invloed van de reflectie wijkt hier bij de 125 Hz octaafband sterk af van 3 dB. Het toepassen van een correctie van 3 dB leidt dan tot een verkeerde beoordeling. Hoe dit in een praktijkgeval in zijn totaliteit uitpakt, hangt af van het spectrum van het invallende geluid. De invloed kan zowel positief als negatief zijn. In figuur 4 is te zien dat bij de laagste frequenties de invloed door reflectie 6 dB is. Bij die frequenties is, vanwege de grote golf- lengte, de hele optelling (nagenoeg) in fase.

In grafiek 5 is de invloed van de gevelreflectie in tertsbanden weergegeven voor 4 verschillende afstanden: 2 m; 1 m; 0,5 m en 1/4" (6,35 mm). De laatste waarde is de afstand als een normale 1/2" microfoon tegen de harde gevel aan wordt gehouden, en dus de kortste afstand die met een gewone microfoon zonder speciale aanpassingen haalbaar is.

Effect gevelreflectie op gemeten waarde bij verschillende afstanden tot gevel (per tertsband; bij roze ruis)



FIGUUR 5: INVLOED LOODRECHTE GEVELREFLECTIE OP GEMETEN GELUIDDRUKNIVEAU BIJ VERSCHILLENDE MEETAFASTANDEN

In figuur 5 is goed te zien dat elke halvering van de afstand leidt tot een grafiek die precies 1 octaaf is opgeschoven. De grafiek bij 1/4 afstand is zover opgeschoven, dat voor de frequenties tot 2500 Hz de toename door reflectie 6 dB bedraagt ("in fase optelling") met daarboven een geleidelijke afname. In de praktijk zijn de 4 en 8 kHz octaafbanden zelden van belang. Als geluid bij 4 en 8 kHz niet van belang is, dan kan de meting "op de gevel" gebruikt worden. Dan moet een correctie $C_g = 6$ dB worden toegepast om het invallende geluidniveau te bepalen. Als frequenties boven 2500 Hz een rol spelen, dan kan daarvoor frequentieafhankelijk gecorrigeerd worden. Deze methode van meten op een hard vlak en corrigeren leidt tot een nauwkeuriger waarde dan de huidige methode volgens HMRI.

Om bovenstaande reden wordt bij het bepalen van de bronsterktes van windturbines gemeten op de bodem, waarbij de microfoon op een hard reflecterend bord ligt met een diameter van minimaal 1 m. Bij windturbines werkt dit goed, omdat daarbij de bron een grote hoogte heeft. Het bijkomende voordeel is dan dat er geen invloed is van de omliggende bodem op het meetresultaat.

OPMERKING T.A.V. LAAGFREQUENT GELUID

Het is bij laagfrequent geluid van belang om goed met gevelreflecties om te gaan. Als er bijvoorbeeld bij invallend geluid op een woning een belangrijke bijdrage is in de 31,5 Hz octaafband, dan kan op 2 m voor de gevel door uitdoving een lager geluidniveau gemeten worden dan het werkelijk invallende geluidniveau. Ook kunnen er verkeerde conclusies getrokken worden over de laagfrequentie gevelgeluidwering. Deze is bij woningen bij lage frequenties reeds vrij gering. Op 2 m afstand wordt een te lage waarde van het invallende geluid gemeten. Dit leidt dan tot een onderschatting van de werkelijke gevelgeluidwering. Als lage frequenties van belang zijn, dan moet het invallende geluidniveau bij voorkeur bepaald worden door een meting kort voor de gevel, met een correctie van 6 dB.

CONCLUSIES

Concluderend kan gesteld worden dat het bepalen van invallend geluid volgens de HMRI van belang is om op de juiste afstand van 2 m voor de gevel te meten. Bij het meten op kortere afstanden kunnen aanmerkelijke fouten worden gemaakt, die afhangen van de exacte meetafstand en het spectrum van het geluid. Een betere methode zou zijn om direct op de gevel te meten, waarbij een gevelcorrectie van 6 dB moet worden toegepast, en eventueel een frequentieafhankelijke correctie voor bijdragen in de 4 en 8 kHz octaafbanden.

Bij laagfrequent geluid kan meting op 2 m afstand voor de gevel juist leiden tot fouten, omdat op die afstand het geluid door de reflectie sterk kan uitdoven. In die situaties geeft het meten vlak bij de gevel en het toepassen van een 6 dB correctie de beste waarde voor het invallende geluidniveau.

LITERATUUR

- 1 Handleiding meten en rekenen industrielawaai – 1999
- 2 IEC 61400-11 Wind turbines – Part 11: Acoustic noise measurement techniques