

A person wearing a high-visibility yellow jacket with reflective silver stripes is seen from the side, holding a sound level meter. The background shows a city street with a cobblestone sidewalk, a parked motorcycle, a car, and a building with a 'Jupiter' sign. A banner for 'www.mobilleg.com' is visible in the background.

IBS 4

Theoriebundel

Onderzoekstechnieken

Onderdeel Geluid

Onderzoeker Natuur & Milieu
Milieu-inspecteur

auteur: Piet de Jongh
versie: 22-08-2018



Inhoud

GELUID EN GELUIDMETINGEN

1. Inleiding

1.1 Geluidmeting en –meters

2. Geluid van bron naar waarnemer

2.1 Geluid bij de bron

2.2 Voortplanting van geluid buiten

2.3 Voortplanting van geluid binnen

3. Het meten van verkeersgeluid

3.1 Inleiding

3.2 De Standaardrekenmethode

Geluid en geluidmetingen

Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Geluidmeters

Waarmee meten we geluiden? Met een decibelmeter zul je zeggen. Een decibel is echter een door ons gemaakte eenheid. Wat je werkelijk meet is geluidsdruk. We meten met een membraan het verschil dat een geluidsgolf aan druk produceert ten opzicht van stilte. Zo'n membraan noemen we een microfoon. Omdat het om ontzettend kleine drukverschillen gaat hebben we ook een versterker nodig. We hebben gezien dat we ook een filter gebruiken om het menselijk gehoor na te bootsen. Tot slot heb je nog een rekenchip nodig die geluidsdruk omrekent naar decibellen en een afleesschermpje om de waarde op weer te geven. Klaar is onze geluidsmeter!

We hebben gezien dat geluid een snelle verandering van de luchtdruk is. Gaan we geluiden meten dan beperken we ons tot de begrippen niveau en frequentie. Wil je echter zoets als lawaai meten dan ben je met deze twee metingen niet klaar. Lawaai kan worden gedefinieerd als ongewenst geluid en daarom is het belangrijk naast de fysische eigenschappen, ook de invloed ervan op de mens zelf te meten. De gevolgen van overmatig lawaai, zoals vermoeidheid en gehoorschade zijn afhankelijk van een derde parameter: de expositieduur. Tijdsduur is daarom evenzeer een belangrijk onderdeel bij geluidsmetingen.

De meting en de meter

Elke meter heeft een bereik waarin nauwkeurig gemeten kan worden. Dit is meestal niet gelijk aan de gehele schaalverdeling of uitlezing op het display. Je kunt je dit het best voorstellen met een ouder type meter waar een wijzer de meetstanden aangeeft. Uiterst links bij de kleine waarden en uiterst recht bij de hogere neemt de nauwkeurigheid af. De waarden waartussen met de vereiste nauwkeurigheid gemeten kan worden noemen we het dynamisch meetbereik. Een meter met een meetbereik van 20 dB tot 100 dB heeft misschien een dynamisch meetbereik van 30 tot 80 dB. De grens die de meter in zijn uiterste stand aangeeft noemen we de detectiegrens (d). Je ziet deze waarde vaak in meetrapporten als bijvoorbeeld 0,005(d) weergegeven. Dit betekent dat de meter beneden de 0,05 eenheden geen waarden meer aangeeft.

Een geluidsmeter werkt daarnaast in stappen. Bijvoorbeeld zijn dat de bereiken 0 - 70 dB en 20 - 90 dB. Staat deze instelling niet goed dan wijkt de meetwaarde sterk af.

Het is van groot belang dat een geluidsmeter regelmatig geijkt wordt. Dit doe je met een microfoon die een zeer bepaalde frequentie en geluidsterkte uitzend. Door deze microfoon op de meter te plaatsen en de aflezing hierop te corrigeren, ijk je. We noemen dit ook wel calibreren.

Tot slot moet je voordat je gaat meten eerst afvragen of de meetomstandigheden wel een goede meting garanderen. Vooral weersinvloeden als temperatuur, regen en wind hebben veel invloed op een meting en wat denk je van de persoon die de meter vasthoudt? Je moet je daarnaast ook afvragen of je op de goede hoogte meet, er geen reflecties of afscherming optreden en of je misschien een windbol om de meetopening moet plaatsen.



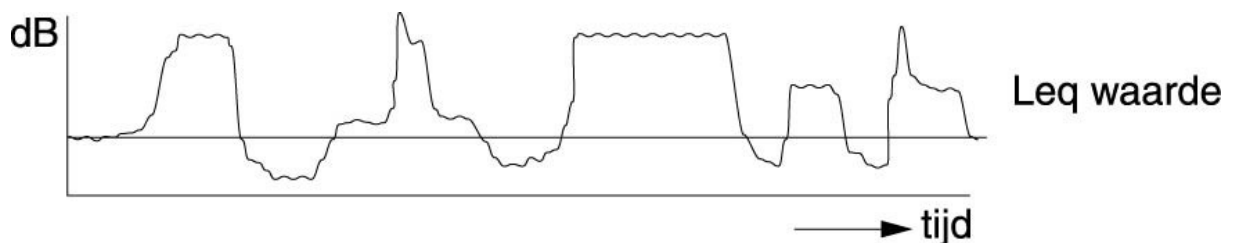
Figuur 1.1 Wat een oorverdovende stilte!

Expositieduur

Het beoordelen van de schadelijkheid van lawaai berust op een meting van de totaal ontvangen geluidsenergie, afhankelijk van niveau en tijdsduur. Omdat het niveau van omgevingslawaai veelal zeer veranderlijk is, zijn er geluidmeetinstrumenten ontwikkeld die de tijdsduur meerekenen zodat bij het beëindigen van een meting een correcte waarde wordt verkregen voor de totale geluidsenergie in die periode. Daarom zijn in veel instrumenten functies als Leq, SEL en lawaaidosis aanwezig.

Leq; SEL; lawaaidosis

Vaak zullen geluidsniveaus sterk wisselen in de tijd. De juiste meetwijze voor niet-continu geluid is Leq (Level equivalent) uitgedrukt in dB(A). Leq is een waarde voor de gemiddelde geluidsbelasting over de meetperiode. De meetperiode wordt gewoonlijk beëindigd wanneer verder meten de nauwkeurigheid van het resultaat niet verbetert.



Figuur 1.2 De Leq meting aan een geluidsspectrum

Het geluidbelastingsniveau, SEL, (Sound Exposure Level) is een Leq meting van 1 seconde. Deze functie is zinvol voor het vergelijken van geluiden met verschillende tijdsduur, bijvoorbeeld het voorbijrijden van treinen maar wordt in de industrie nauwelijks gebruikt. De lawaaidosis is een variant op het Leq-principe waarbij een vaste periode van 8 uur wordt gehanteerd. Het verschil tussen lawaaidosis en een 8-urige Leq is dat de dosis wordt uitgedrukt in een percentage van de toegestane dagelijkse dosis. 100% komt overeen met een

Leq niveau van 90 dB(A) over 8 uur. Een lawaaidosimeter "verzamelt" de niveaus van het lawaai waaraan de betrokkene gedurende de werkdag wordt blootgesteld.

Geluidsniveau

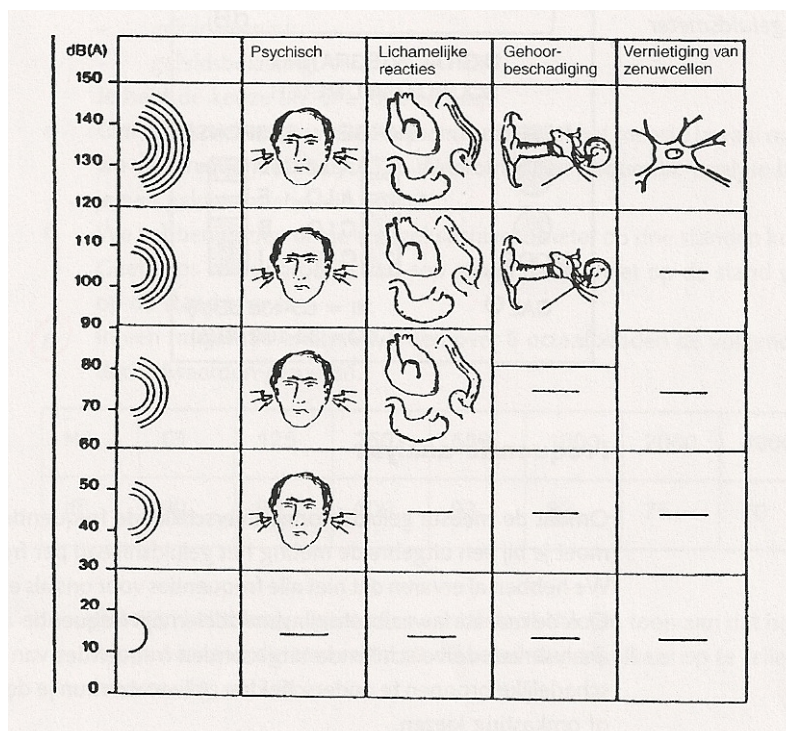
Bij een meting van lawaai moet je rekening houden met de menselijke beleving van geluid. Een juiste meting moet daarom zodanig worden uitgevoerd dat de subjectieve beleving van geluid door het menselijk gehoor, op een objectieve, reproduceerbare wijze wordt weergegeven. We hebben reeds hiertoe met het begrip dB(A) kennis gemaakt.

De meeste geluidsmeters meten de effectieve waarde van het geluid. We noemen dit het SPL (Sound Pressure Level). Deze komt overeen met de energie van het gemeten geluid. Het menselijk gehoor geeft namelijk informatie aan de hersenen die in directe relatie staat tot de energie van het geluid.

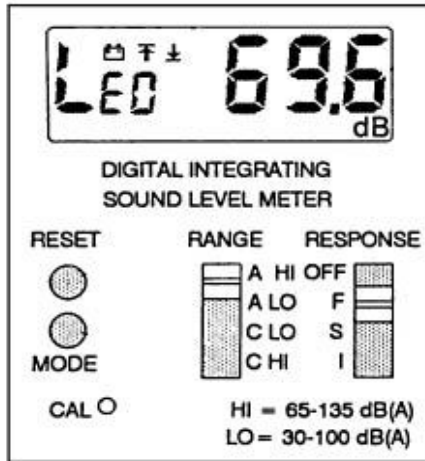
Internationaal is afgesproken met welke snelheid de meter een veranderend geluidsniveau moet kunnen volgen om een zinvolle aanwijzing te verkrijgen. Drie genormaliseerde tijdconstanten worden gehanteerd: Slow (traag), Fast (snel) en Impulse (zeer snel) met meettijden van respectievelijk 1 s, 125 ms en 35 ms.

Het kan echter zijn dat er heel kort een extreem sterke piek optreedt. Eén enkele heel harde impuls kan evenveel gehoorschade veroorzaken als een aantal jaren blootstelling aan een continuniveau van bijvoorbeeld 95 dB(A). Een manier om deze knal te meten is met behulp van zuivere piekdetectie. Hiervoor is een ongeveer duizend maal kortere tijdconstante nodig ($< 50 \mu s$). Een piekniveau van 140 tot 150 dB(A) mag je wel zien als het absoluut toelaatbare maximum waaraan gehoor mag worden blootgesteld.

Een aantal meetinstrumenten heeft ook een zogenaamde Max Hold functie waarmee je de hoogste waarde in de uitlezing kunt vasthouden.



Figuur 1.3 Lichamelijke reacties op geluid



Figuur 1.4 Het display en bedieningspaneel van een eenvoudige geluidsmeter

We gebruiken deze meetmethoden vaak om broninventarisaties te doen. Maakt een pomp niet teveel lawaai, bezorgen af en aanrijdende vrachtwagens niet te veel overlast in een buurt of vindt er op een ARBO werkplek geen overschrijding van de normen plaats. Ook voor de handhaving van vergunningen wordt een beroep gedaan op jou als geluidmeter en toekomstig deskundige.

Frequentie-analyse

Omdat de meeste geluidsbronnen verschillende frequenties tegelijkertijd uitzenden, moet je bij een uitgebreide meting het geluidsniveau per frequentie apart registreren. We hebben al ervaren dat niet alle frequenties voor ons als even vervelend overkomen. Ook de meeste lawaaibestrijdingsmiddelen zijn frequentie-afhankelijkheid en vereisen een analyse van de verschillende uitgezonden frequenties van het geluid om de meest schadelijke bronnen te onderscheiden.

Alleen dan kun je de meest geschikte demping of omkasting worden gekozen. We voeren een frequentie-analyse uit met behulp van een geluidsniveaumeter die is uitgebreid met een filtereenheid. De analysegegevens kunnen in een grafiek worden vastgelegd. Deze vorm van frequentie-analyse kan alleen worden toegepast op constante of stationaire bronnen. Variërend lawaai moet, voor latere analyse in een laboratorium, op een tape worden vastgelegd.

Een goed voorbeeld van een praktische toepassing van frequentie-analyse is het geluidonderzoek van een stofzuiger. Het blijkt dat stofzuigermotoren niet alleen veel lawaai produceren, maar dat deze geluidsbelasting ook in een voor ons zeer vervelende frequentiebereik plaatsvindt.

Frequentie-analyse vindt meestal niet plaats over alle meetbare golflengten of frequenties apart. Dat zou ook ondoenlijk zijn als je bijvoorbeeld het gehele bereik van het menselijk oor wilt doormeten (100 Hz - 10.000 Hz). Daarom hebben we het geluidsspectrum ingedeeld in 8 verzamelingen van frequenties. Dit noemen we frequentiebanden en omdat het er 8 zijn noemen we ze ook wel octaven. We meten dus het geluidsniveau per octaaf.

Meting industrielawaai

Metingen van industrielawaai zijn meestal erg gecompliceerd. De overheid heeft daarom een brochure Meten en Rekenen Industrielawaai samengesteld waarin uitgelegd wordt hoe je geluiden in en buiten industriegebouwen moet meten.

Het komt er op neer dat het nogal een verschil maakt of je binnen een bepaald apparaat of machine meet ofdat je buiten het lawaai binnen een zone gaat meten. Er zijn hiervoor dan ook verschillende methoden ontwikkeld.

Bij de binnengeluiden moet je bijvoorbeeld storingsgeluid vermijden, een goede positie ten opzichte van de bron kiezen en verschil maken in het type geluid. Voor buitengeluiden op het industrieterrein is het zaak atmosferische aspecten zoals windsnelheid en temperatuur goed in de gaten te houden. Daarnaast moet je letten op de bodem, de begroeiing en vooral de afstand. In beide gevallen spelen reflecties een rol, alsmede de waarnemingshoogte en de frequenties van het geluid. Je maakt met deze methoden kennis in de hoofdstukken 3 en 4.

Meting van verkeerslawaai

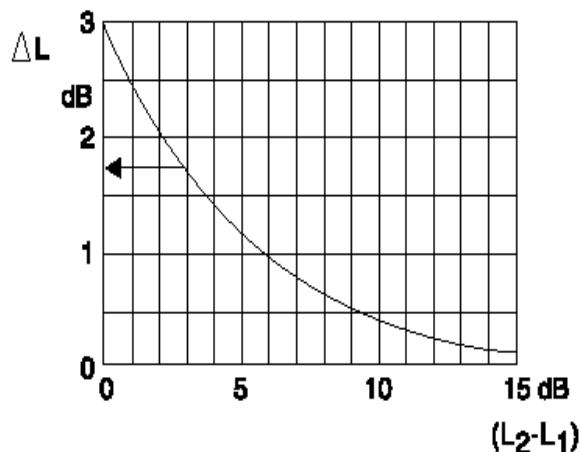
Voor de meting van geluidhinder door verkeer gaan we meestal niet naar buiten met de meter. De bepaling ervan gebeurt door verkeerstellingen. Je houdt rekening met het type weg, de afstand tot de weg, het type voertuig en nog vele zaken meer. Hierover gaan we zelf een onderzoek doen, zodat je met deze materie kennis maakt in hoofdstuk 5.

Vragen 1.1

- We zijn in de tekst het begrip lawaaidosis tegengekomen. Als je als ARBO medewerker een norm voor de maximale toegestane dagelijkse dosis geluid hebt geformuleerd, ben je er echter nog niet. Zonder overschrijding van deze norm kunnen er toch nog problemen voor de werknemers ontstaan. Welke norm moet je ook vastleggen?
- In plaats van alles in dB te meten kiezen we voor geluiden die voor ons oor bestemd zijn voor de eenheid dB(A). Waarom is een meting in dB(A) subjectief ?
- Niet alle geluidsfrequenties maken op ons een even grote indruk. Welke frequentieband is voor ons het meest indringend?
- Zet de juiste begrippen achter de volgende omschrijvingen: gemiddeld geluidsniveau, geluidsniveau, geluidsbelasting. Je hebt de keuze uit; SPL, SEL en Leq.
- Om uit te zoeken bij welke frequentie een bron het meeste lawaai maakt voeren we een frequentie-analyse uit. Waarom is een frequentie-analyse belangrijk als je aan geluidsisolatie wilt doen?
- We hebben gezien dat je een geluidsniveau meter op drie standen kunt afstellen. Geef eens een voorbeeld van een geluid dat je meet op de stand slow en een op de stand impuls.
- In een frequentie-analyse worden over 8 octaafbanden de volgende decibelwaarden gemeten.

Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
dB	90	95	100	93	82	75	70	70

Bereken het totaal uitgezonden aantal decibellen en toon aan dat waarden die meer dan 15 dB verschillen niet zinvol meer bij elkaar kunnen worden opgeteld. Gebruik hiervoor de correctiecurve hieronder:



2. Geluid van bron naar waarnemer

Orientatie

Geluid, lawaai, herrie; in het spraakgebruik van gewone mensen zoals jij en ik zijn er al meerdere woorden voor. Als je er een akoesticus (geluiddeskundige) bij haalt, wordt de spraakverwarring misschien nog wel groter. De bedoeling van dit hoofdstuk is de begrippen duidelijk maken, die geluid op een eenduidige manier beschrijven.

2.1 Geluid bij de bron

In dit deel zullen we het begrip geluid vanaf de bron bespreken. Het is logisch daarmee te beginnen, want in veel gevallen is het de meest aantrekkelijke methode om iets aan het geluid zelf te doen. Als je last hebt van de geluidsinstallatie van de burens, denk je eerst: 'Laten ze hun installatie maar eens wat zachter zetten'. Pas veel later ga je isolatie op de tussenwand aanbrengen.

Geluidsbronnen

Bronnen geven op verschillende manieren het geluid af, wat invloed heeft op het effect bij de waarnemer. Zelf luister je ook liever naar een HIFI-stereo-installatie dan naar een klein MP4 spelertje. Daarom gaan we in deze paragraaf in op de verschillende soorten bronnen en het effect daarvan op de geluidsdruk bij de waarnemer.

Soorten geluid en geluidsoverdracht

De buurvrouw loopt met haar naaldhakken over de plavuizen. Dat hoor je veel beter dan de buurman die zijn kinderen toeschreeuwt. Dat komt door de manier waarop het geluid ontstaat en wordt overgedragen.

Luchtgeluid

Bij luchtgeluid wordt de lucht rechtstreeks door de geluidsbron in trilling gebracht. Het geluid plant zich ook door de lucht voort, eventueel door kieren en spleten. Luchtgeluid kan in contact komen met bijvoorbeeld de vloer, plafond of muur. Deze geven het geluid weer door naar buiten of naar de buurman. Voorbeelden van luchtgeluid zijn auto's, muziek en praten.

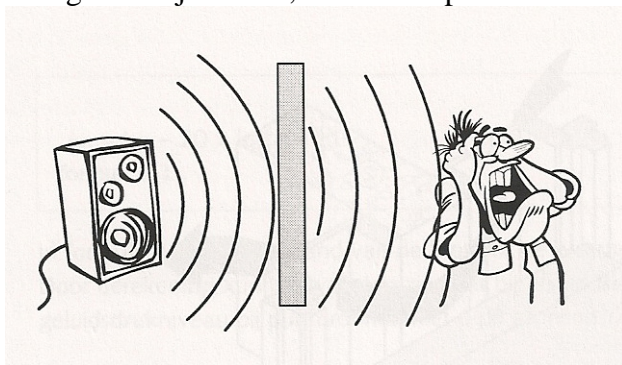


Fig. 2.1 Luchtgeluid

Contactgeluid

Bij contactgeluid brengt de geluidsbron door direct contact een bouwkundige constructie in trilling. Deze trilling brengt vervolgens de omringende lucht in trilling, zodat het geluid de waarnemer kan bereiken. Voorbeelden van contactgeluid zijn lopen, boren in een muur, trillende machines en slaan met deuren.

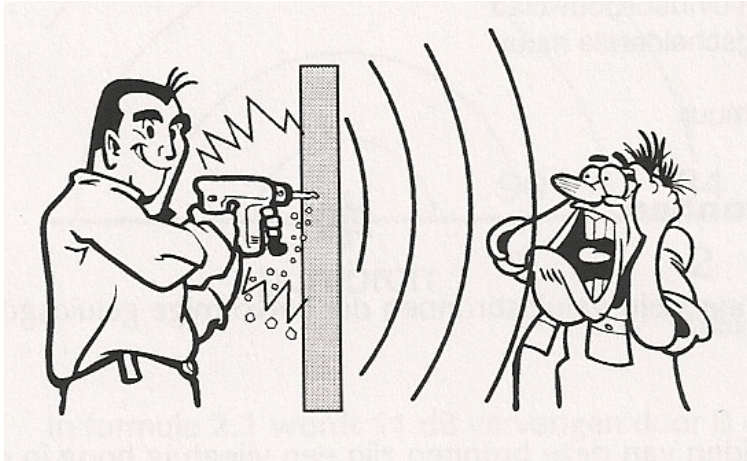


Fig. 2.2 Contactgeluid.

Flankerende geluidsoverdracht

Een bron kan op meerdere manieren de waarnemer bereiken. Het kan door directe geluidsoverdracht via een constructie van bijvoorbeeld het café naar de woning ernaast overgebracht worden. Maar de trillingen kunnen ook langs andere wegen worden overgedragen: flankerende geluidsoverdracht.

We geven een voorbeeld van flankerende geluidsoverdracht. Een luidspreker brengt de lucht in trilling. Die lucht brengt op zijn beurt de wanden, vloer en plafond in trilling. Deze constructies geven de trilling door aan het huis van de buren, waar de lucht in trilling wordt gebracht.

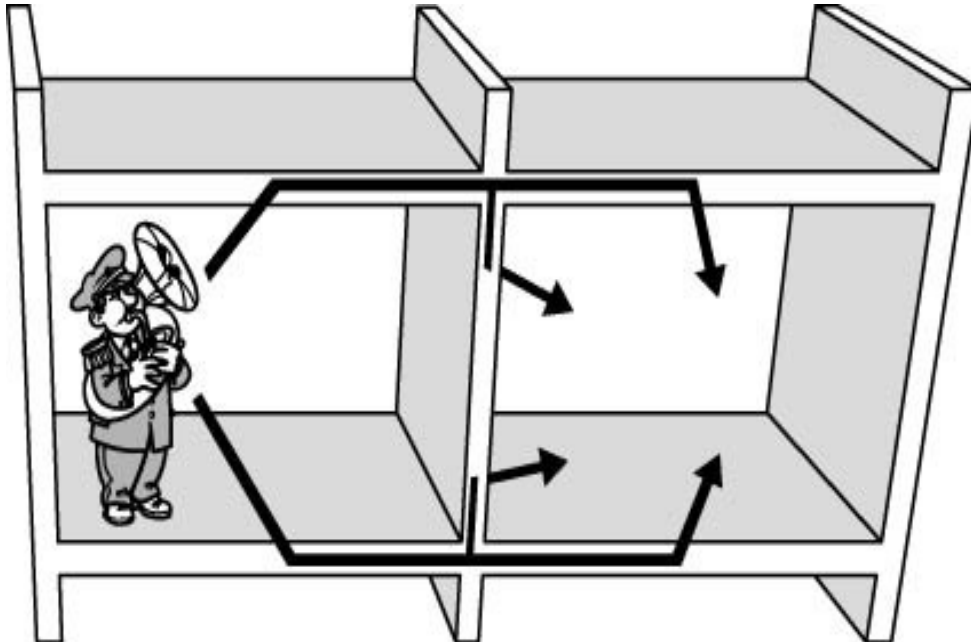
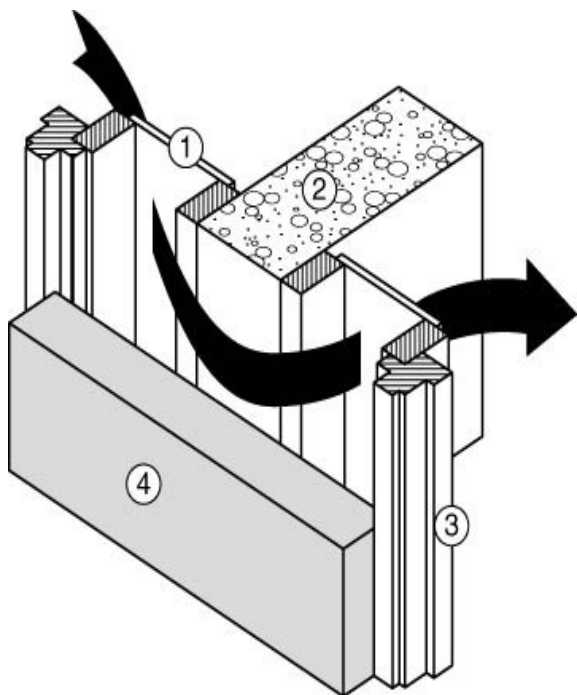


Fig. 2.3 Flankerende geluidsoverdracht.

Omloopgeluid

We hebben het over omloopgeluid als luchtgeluid bijvoorbeeld via een ventilatiekanaal of een raam naar buiten een fabriek wordt overgedragen en vervolgens via andere constructies geluid voortbrengt.



- 1 Houten binnenspouwblad
- 2 Woningscheidende muur
- 3 Kozijn
- 4 Buitenmuur

Fig. 2.4 Omloopgeluid.

Puntbronnen

Puntbronnen zijn geluidsbronnen die bolvormige geluidsgolven afstralen. Voorbeelden van deze bronnen zijn een vliegtuig hoog in de lucht en het uiteinde van een schoorsteen met geluiduitstoot. Maar ook auto's op een verkeersweg met een kleine verkeersintensiteit en het draaistel van een trein, vooropgesteld dat er geen reflecties zijn. Door de bolvormige uitstraling neemt de geluidsdruk verder van de bron steeds meer af.

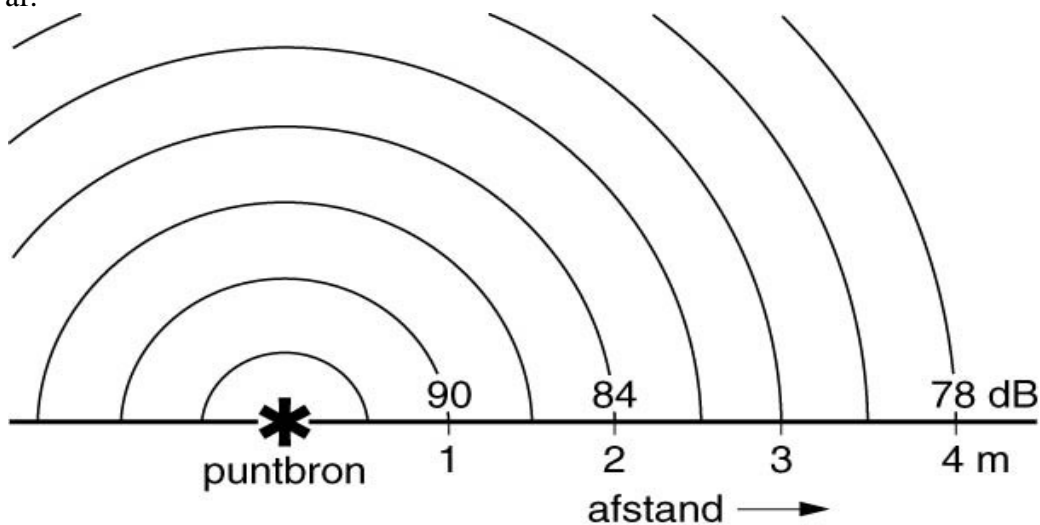


Fig. 2.5 Afstandsverzwakking van geluid bij een puntbron.

Door berekening kunnen we laten zien dat bij afstandsverdubbeling het geluidsdrukkniveau bij puntbronnen met 6 dB afneemt. Zie figuur 2.5.

Lijnbronnen

Lijnbronnen kunnen enerzijds bestaan uit bijvoorbeeld een stromende vloeistof, water in een waterleiding, of gas. Anderzijds kunnen we een groot aantal puntbronnen, bijvoorbeeld auto's op een verkeersweg, beschouwen als een (samengestelde) lijnbron. Bij lijnbronnen neemt het geluidsniveau bij afstandverdubbeling met 3 dB af.

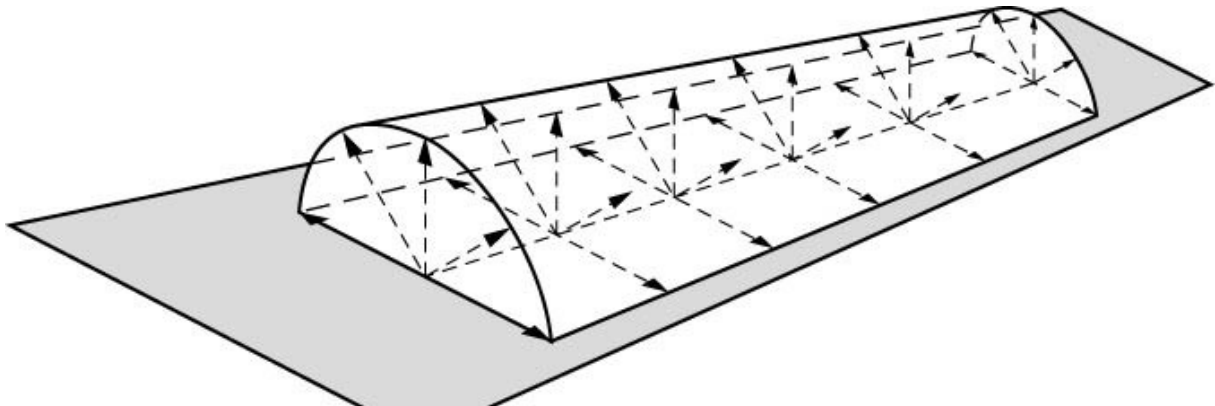
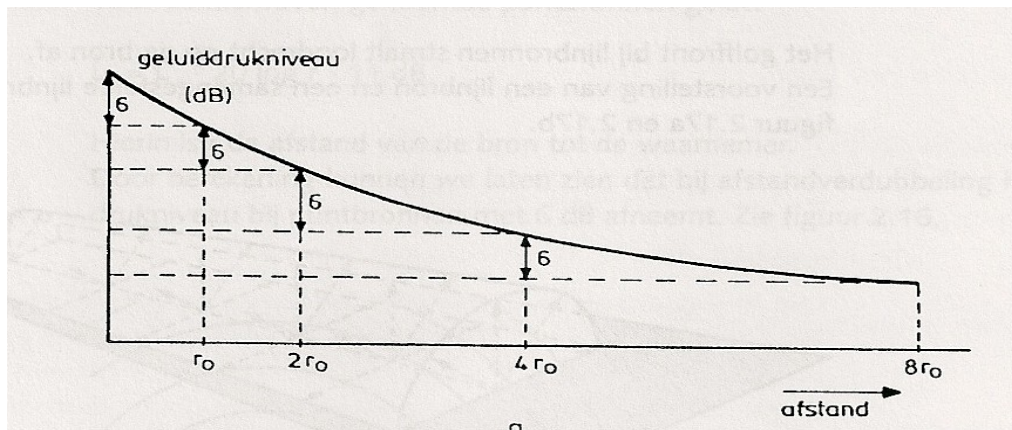


Fig. 2.6 Voorstelling van een lijnbron.



Figuur 2.7 Het ideale geluidveld van een puntbron

Het verloop van het geluidsniveau van een bron als functie van de afstand van de bron noem je het geluidveld. Dit geluidveld kan door verschillende oorzaken vooral dichtbij en ver van de bron verstoord raken. In figuur 2.7 is als voorbeeld het geluidveld van een puntbron weergegeven.

Hoe verder je je nu van de bron verwijderd des te meer zal het geluidsniveau afnemen, dat is logisch. Maar dat dit verschijnsel erg afhankelijk is van de frequentie van het geluid, ligt

minder voor de hand. Een geluid met een frequentie van 125 Hz neemt over een afstand van 100 m in het vrije veld nauwelijks in strekte af, terwijl een geluidsfrequentie van 8000 Hz over 100 m met maar liefst 4.6 dB afneemt. Hoge tonen worden dus veel sterker door lucht en omgeving gedempt dan lage.

Vragen 2.1

a. In deze paragraaf is onderscheid gemaakt tussen puntbronnen, lijnbronnen en samengestelde lijnbronnen. Deel de volgende bronnen in de bovengenoemde categorieën in:

- autoverkeer op een snelweg;
- een kleine fabriek op redelijke afstand;
- trein op korte afstand van de spoorbaan;
- ventilator in een gevel;
- luidspreker op een station;
- startend vliegtuig.

Beargumenteer je antwoord.

b. Leg uit waarom je aan figuur 2.7 kunt aflezen dat het om een puntbron gaat.



Figuur 2.8

2.2 Voortplanting van geluid buiten

Voor je kunt leren hoe geluid gemeten kan worden tijdens de overdracht, moet je weten hoe geluid wordt overgedragen. Die overdracht noemen we doorgaans voortplanting van geluid. De manier waarop geluid zich voortplant, is verschillend voor binnen en buiten. Bij lessen buiten moet je docent veel harder schreeuwen dan bij lessen in een lokaal.

Geluidsvelden buiten

Als je 's morgens wakker wordt en luistert naar de buitengeluiden, kun je vaak al horen welk weer het is. Als het mistig is, klinkt dat anders dan wanneer het helder is, en wanneer er

sneeuw ligt, is het vaak heel stil buiten. De voortplanting van geluid in de atmosfeer hangt onder andere van de weersomstandigheden af, maar ook andere factoren spelen een rol. Hoe het geluid zich gedraagt hangt ook af van de afstand vanaf de geluidsbron. Daarbij bedoelen we niet alleen dat het geluidsniveau afneemt bij toenemende afstand, maar ook dat de mate waarin het geluid afneemt nog weer verschillend is bij verschillende afstanden.

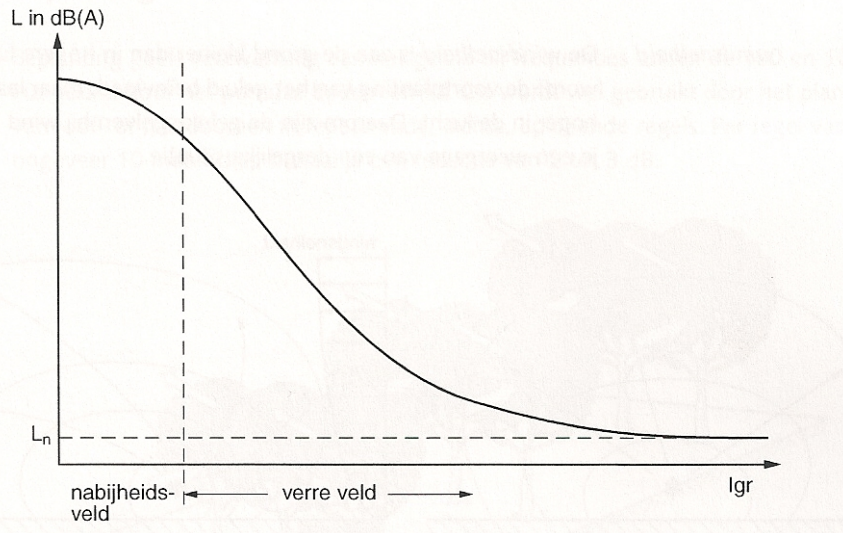


Fig. 2.9 Verschillende geluidsvelden.

Zo is het nabije veld (of nabijheidsgebied) op geringe afstand gelegen, en kenmerkt zich veelal door het optreden van reflecties en interferenties (meetrillen). In het nabije veld staat in ieder geval de geluidsbron, maar vaak zijn er ook gebouwen en dergelijke aanwezig. Daarnaast zien we het verre veld (of vrije veld), verder gelegen vanaf de bron. Doordat het verre veld vaak niet gevuld is met gebouwen of andere obstakels, en de geluidsgolven steeds meer volgens rechte lijnen verlopen, zien we veelal een ideaal gedrag van geluid in het verre veld.

Om de geluidvoortplanting in de atmosfeer goed te kunnen voorspellen moeten we rekening houden met een aantal factoren. In de volgende alinea's komen achtereenvolgens aan bod:

- afstandsverzwakking;
- luchtabsorptie;
- wind;
- temperatuur;
- bodem;
- beplanting.

Afstandsverzwakking

Bij verdubbeling van de afstand neemt het geluidsniveau af met 6 dB (in geval van een puntbron) en met 3 dB (bij een lijnbron). Dit verschijnsel noemen we afstandsverzwakking. Het geluid wordt uitgesmeerd over een groter oppervlak, zodat de energie op elke plek minder wordt. Gooi maar eens een steen in het water. Ook de golven in het water zullen door hetzelfde effect steeds minder hoog worden.

Luchtabsorptie

Bij voortplanting van geluid door de atmosfeer wordt de geluidsenergie in warmte omgezet door de dempende werking van luchtmoleculen. Deze luchtabsorptie hangt sterk af van de frequentie van het geluid en de relatieve luchtvochtigheid. Bij een temperatuur van 20°C en

een relatieve luchtvochtigheid van 50% en geluid van 500 Hz is de verzwakking 0,28 dB, als gewoonlijk uitgedrukt per 100 meter. Is de frequentie 4000 Hz in plaats van 500, dan is de verzwakking 2,8 dB. Hoge tonen worden dus veel beter gedempt. Van dit effect ken je vast wel het voorbeeld van de helikopter, die hoog overvliegt. Vaak zijn alleen de lage tonen hoorbaar. Het gegier van een turbinemotor van een vliegtuig, met frequenties boven 1000 Hz, is bij een vlieghoogte boven 2000 meter niet meer hoorbaar.

De wind

windsnelheid De windsnelheid is aan de grond kleiner dan in hogere luchtlagen. Door de wind wordt de voortplanting van het geluid beïnvloed, maar laag bij de grond minder dan hoger in de lucht. Daarom zijn de geluidsgolven bij wind gekromd. In figuur 3.2 zie je een weergave van een dergelijke situatie.

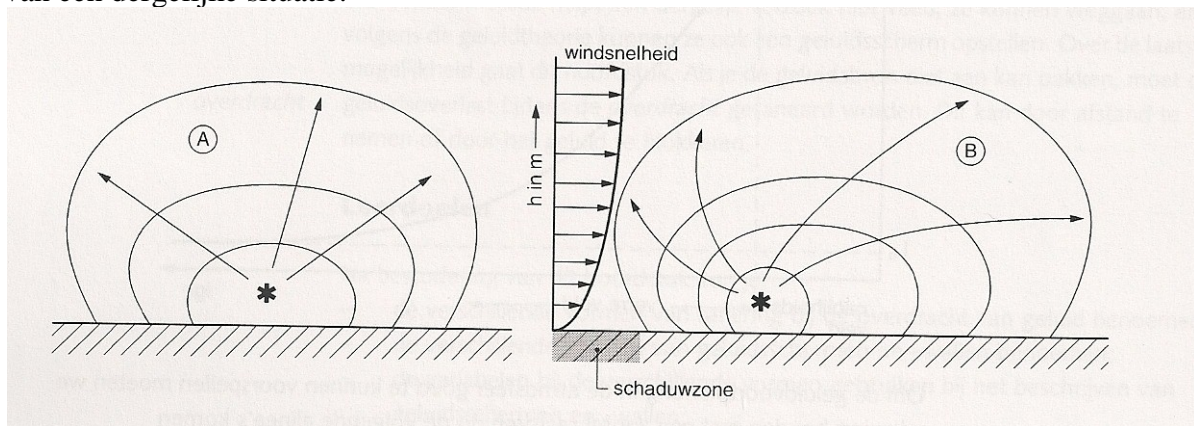


Fig. 2.10 Geluidschaduw door windinvloed.

De temperatuur

Normaal gesproken neemt de luchttemperatuur af naarmate je hoger komt. Aangezien bij afnemende temperatuur de geluidssnelheid ook afneemt, buigen onder normale weersomstandigheden geluidsstralen enigszins af naar boven. Soms (vaak 's nachts) echter neemt de temperatuur toe naarmate je hoger komt (bodeminversie). Je kunt dit herkennen aan smogvorming, die dan ook vaak plaatsvindt. In dat geval worden de geluidsstralen afgebogen naar beneden. Deze omstandigheden veroorzaken daardoor een verschijnsel, waarbij geluid op grotere afstand soms extra luid waar te nemen is.

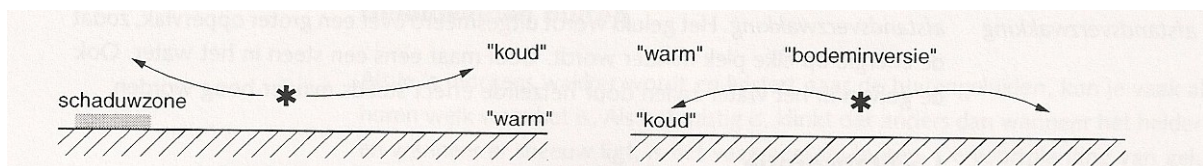


Fig. 2.11 Afbuiging van geluid door temperatuurinvloed.

De bodem

De bodem kan de geluidsoverdracht beïnvloeden door reflectie, verstrooiing en absorptie. Als de bodem hard en glad is, zoals bij asfalt, beton en water, wordt het geluid vooral gereflecteerd. De golven kaatsen vrijwel volledig terug. Daarentegen absorberen poreuze bodems, zoals gras of struiken wel de geluidsgolven. Door de oneffenheden in het oppervlak worden de geluidsgolven gedempt en verstrooid. Verstrooiing wil zeggen dat de geluidsgolven op onregelmatige wijze worden teruggekaatst.

Beplanting

Bomen en struiken leveren over het algemeen weinig verzwakking van het geluid. Bij frequenties tussen 100 Hz en 1000 Hz is de voornaamste bijdrage niet het schermeffect van de beplanting, maar het poreuze grondeffect. Bladeren hebben slechts invloed op geluiden boven 2000 Hz. Ook dan vindt niet zozeer een verzwakking als wel een frequentieverandering plaats. Zinnvolle geluidsvermindering wordt pas bereikt bij strikte rijbeplanting met afwisselen loof- en naaldhout en in hoogte oplopend van de bron af. Per rij kan men dan voor een diepte van 10 m een verzwakking van 2 à 3 dB verwachten.

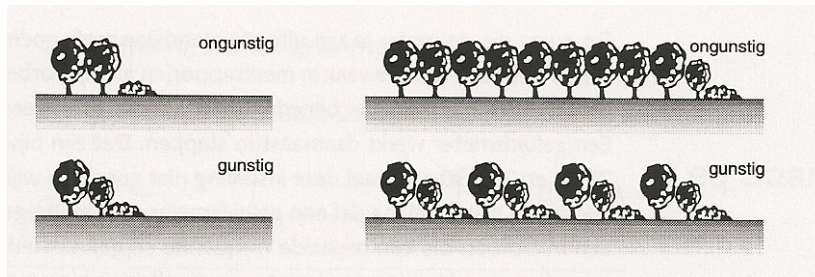


Fig. 2.12 Beplanting in regels.

Vragen 2.2

- Geef met eigen woorden weer wat bedoeld wordt met de schaduwzone van geluidsoverdracht onder invloed van de windsnelheid (figuur 2.10).
- Geluidverzwakking door beplanting werkt, zo staat in deze paragraaf te lezen. Bedenk zelf welke effecten een rol spelen bij deze maatregel.
- Een verkeersweg produceert op 100 m 80 dB geluid. Op welke afstand is deze sterkte afgenomen tot 71 dB?
- Bekijk de formule: $E_{meting} = E_{bron} - A_{bodem} - A_{beplanting} - A_{lucht} - A_{wind} - A_{afstand}$. (E=geluidenergie) (A=Absorptie) Leg in woorden uit wat we hier bedoelen.

2.3 Voortplanting van geluid binnen

Geluid binnen klinkt heel anders dan buiten. Op het eerste gehoor klinkt het geluid veel harder. Dit komt door de reflectie, die binnen veel meer optreedt dan buiten. Er ontstaat een galmveld met heel andere effecten dan in het vrije veld. Als geluid op bijvoorbeeld een muur botst, gebeuren er verschillende dingen: reflectie, absorptie en transmissie.

Reflectie

Wat met het geluid gebeurt, of het gereflecteerd, geabsorbeerd of doorgelaten wordt, hangt van twee factoren af: de wand en de frequentie van het geluid. Een oneffen wand absorbeert meer dan een gladde wand. En lage geluiden worden meer doorgelaten dan hoge. Door de reflecties ontstaat het zogenoemde nagalmen. Dit verschijnsel wordt steeds belangrijker gevonden. In een ruimte waarin het veel galmt, heersen veel hogere geluidsniveaus dan in ruimtes waar de geluiden geabsorbeerd worden. Zo maakt het een heel verschil of je in de badkamer staat te zingen of in de woonkamer.

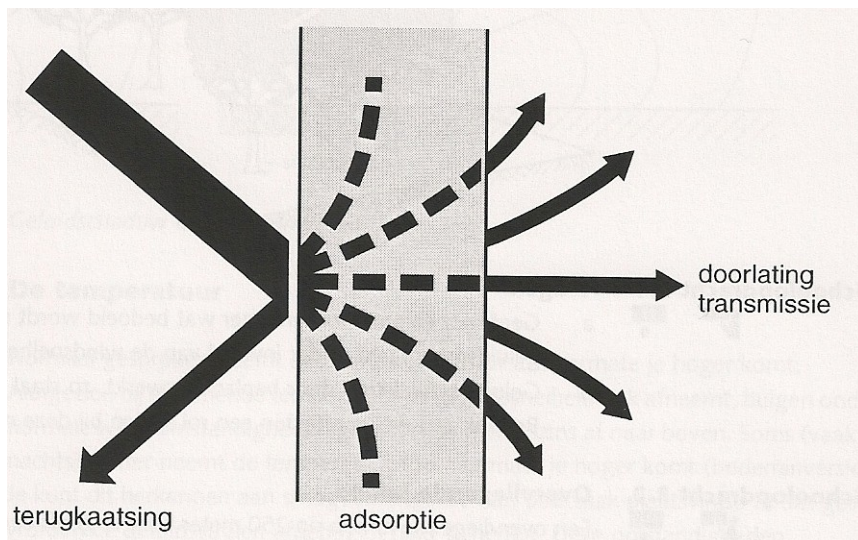


Fig. 2.13 Reflectie, absorptie en transmissie.

De tijd dat het nagalmen duurt, duiden we aan met de nagalmtijd. Het is de maat voor het galmen en wordt uitgedrukt in seconden. Een kantoor bijvoorbeeld klinkt pas goed (niet hol) bij waarden van 0,7 tot 0,8 seconde. Eventueel kan stoffering met gordijnen, vloerbedekking, speciaal akoestisch spuitpleister op het plafond of op de wanden helpen. Een woonkamer heeft meestal een nagalmtijd van 0,5 seconden en klinkt daarom huiselijk, maar bij plavuizen loopt de nagalmtijd op tot wel 1,0 seconde. Daardoor klinkt het geluid hol en harder. De definitie van de nagalmtijd is af te lezen in figuur 2.14.

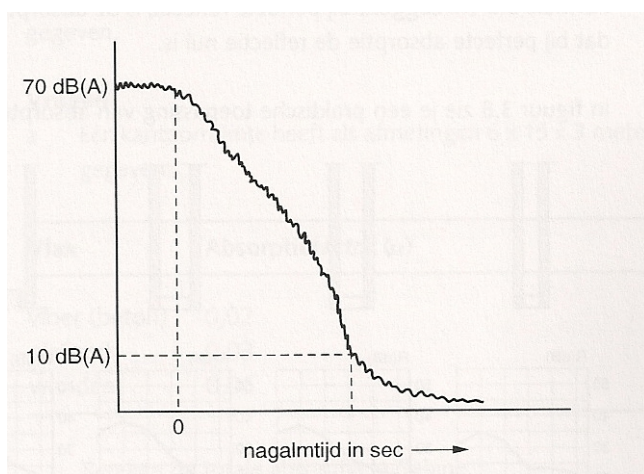


Fig. 2.14 Definitie van de nagalmtijd.

De nagalmtijd is dus de tijd die het duurt tot het niveau met 60 dB verminderd is. Vaak wordt voor de bepaling van de nagalmtijd ook een afname van het geluidsniveau van 20 dB(A) gemeten en dan wordt de tijd met drie vermenigvuldigd.

De reflectie van een wand wordt weergegeven met de reflectiefactor, r . Het is dat deel van de geluidsenergie (E_i) dat wordt gereflecteerd (E_r). In de volgende formule ziet dit er zo uit:

$$r = \frac{E_r}{E_i}$$

Absorptie

De absorptie van een wand wordt weergegeven met de absorptiefactor, α (alfa) genoemd. Alfa is dat deel van de geluidsenergie (E_i) dat wordt geabsorbeerd (E_a).

$$\alpha = \frac{E_a}{E_i}$$

Tevens geldt:

$$\alpha = 1 - r$$

Deze formule wil zeggen: bij perfecte reflectie is de absorptie nul en omgekeerd geldt dat bij perfecte absorptie de reflectie nul is.

Vragen 2.3

- Wat is er met de transmissie aan de hand in het bovenstaande voorbeeld $\alpha = 1 - r$? Wat betekent dat?
- Leg uit wat er met de nagalmtijd gebeurt als de absorptie van de wand toeneemt?
- Wat gebeurt er met de nagalmtijd van de ruimte als je een raam opent?



Figuur 2.15

Hoofdstuk 3 Verkeersgeluid

3.1 Inleiding

Verkeersgeluid meten is een thema dat zich moeilijk in een methodiek laat beschrijven. Het meten van geluidniveaus die strikt aan het verkeer zijn toegeschreven is van veel onzekere variabelen afhankelijk. We maken dan ook meestal gebruik van modelberekeningen die we voeden met objectieve meetgegevens. Op deze site krijg je een inzicht wat er allemaal komt kijken in een dergelijk modelrekenprogramma. Gelukkig hoeven wij als onderzoekers in het veld hier geen rekening mee te houden. (<http://wetten.overheid.nl/BWBR0031722/2018-07-01#BijlageIII>).

3.2 De Standaardrekenmethode I

Het rekenmodel dat wij gebruiken voor ons onderzoek naar verkeersgeluid is het SRM 1. Een gecompliceerd rekenprogramma zorgt ervoor dat onze gegevens met elkaar verboden worden en uiteindelijk de resultaten opleveren die we zoeken.

Hier vind je het rekenprogramma: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/geluid/aan-de-slag/rekentool/>

Om welke gegevens gaat het?

Uit het programma halen we eerst de verkeersgegevens:

Verkeersgegevens:	Dag:	Avond:	Nacht:
Personenwagens per uur	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Snelheid personenwagens	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="50"/>
Lichte vrachtwagens per uur	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Zware vrachtwagens per uur	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Snelheid zwaar verkeer	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="50"/>
Wegdektype	<input type="text" value="DAB 11/16 (referentie)"/>		

Het enige item dat vragen kan oproepen is het wegdektype. In bovenstaand voorbeeld staat DAB als referentie. Dit staat voor Dicht Asfalt Beton. We hanteren dit als vast gegeven. Bestaat het wegdek van jouw locatie uit andere materiaal dan kies je dit uit de lijst.

Vervolgens gaan we naar de omgevingskenmerken:

Omgevingskenmerken:	
Hoogte weg	<input type="text" value="0"/>
Horizontale afstand tot midden van weg	<input type="text" value="25"/>
Hoogte van waarnemer	<input type="text" value="5"/>
Zichthoek (127 graden = volledig)	<input type="text" value="127"/>
Fractie absorberend oppervlak (0=hard; 1=zacht)	<input type="text" value="0"/>
Percentage reflectie van overzijde (0=geen; 1=volledig)	<input type="text" value="0"/>
Afstand tot reflecterend oppervlak overzijde	<input type="text" value="0"/>

Hoogte van reflecterend oppervlak (minstens 5m)

Afstand tot kruispunt (0=geen kruispunt)

Afstand tot minirotonde (0=geen minirotonde)

Afstand tot drempel (0=geen drempel)

Je merkt dat je ter plekke van het meetpunt goed moet waarnemen om al deze gegevens correct te kunnen inschatten en invullen.

Uiteindelijk kom je bij de resultaten:

Resultaten:

Berekende geluidniveau in **Letm**:

Berekende geluidniveau in **Lden**:

Berekende geluidniveau in **Lnight**:

Toelichting

De **L_{den}** (Engels: *Level day-evening-night*) is een maat om de geluidsbelasting door omgevingslawaai uit te drukken. Met ingang van 2004 werd het gebruik van de **L_{den}** in alle Europese landen verplicht. Tot dat moment werd de etmaalwaarde gebruikt om de geluidshinder te bepalen in de Nederlandse geluidswetgeving.

Voor de bepaling van **L_{den}** wordt het etmaal in drie periodes verdeeld:

- dagperiode 07:00-19:00 uur
- avondperiode 19:00-23:00 uur
- nachtperiode 23:00-07:00 uur

Eerst wordt per periode het equivalente geluidniveau bepaald, uitgedrukt in dB(A).

Bij de avond en de nachtwaarde wordt vervolgens een straffactor van respectievelijk 5 en 10 dB(A) opgeteld. De reden hiervan is dat een bepaald geluidsniveau in de avond en de nacht door het verminderen van geluiden uit de omgeving als hinderlijker wordt ervaren dan het geluid van overdag. Een andere reden is dat het voor eventuele slaapverstoring gedurende de nacht van belang is 's nachts strengere eisen te stellen. Er is geen wetenschappelijke basis voor de exacte grootte van deze straffactoren, maar ze worden algemeen gehanteerd.

De **L_{den}** is ten slotte het logaritmisch gemiddelde van de dag-, avond- en nachtwaarde, waarbij gebruik wordt gemaakt van een 'energetische' middeling. Dit betekent dat de duur van elke periode ook wordt meegewogen.:

Het verschil tussen de oude dosismaat **L_{etmaal}** en de nieuwe dosismaat **L_{den}** is de manier waarop de geluidsniveaus van de verschillende etmaalperiodes (dag, avond en nacht) worden samengevoegd tot één getal. Bij **L_{etmaal}** geldt dat de maximale waarde van de drie etmaalperiodes (de hoogste van de drie dus), inclusief de straffactoren, maatgevend is voor de waarde van **L_{etmaal}**. Bij **L_{den}** is dat een energetische middeling over de drie etmaalperiodes.

Voor de wetgeving op geluidsgebied betekent dit dat het geluid in alle drie de periodes voortaan moet worden berekend en op de hier beschreven manier bij elkaar geteld.

Globaal gezien levert de **L_{den}** voor het geluid van wegverkeer of spoorwegverkeer een ongeveer 2 dB lager getal op dan de etmaalwaarde, maar dit kan afhangen van de specifieke

situatie. Dat de getalswaarde lager wordt, betekent echter niet dat de wetgeving hierdoor zal worden aangescherpt.

Normtabel voor omgevingsgeluid

Tabel voorkeurswaarden, maximale waarden en binnenwaarden				
	voorkeurswaarde	maximale waarde	binnenwaarde A	binnenwaarde B
wegen	50	65	36	41
spoorwegen	55	70	36	41

Waarden zijn in dB(A). Binnenwaarden A duiden op wegen die na 1982 zijn aangelegd, Buitenwaarden B voor 1982.

Geluidmeetrapport

Aanleiding meting - klacht:ontvangen op - overig		
Naam uitvoerder meting		
Locatie meting - naam exploitant/aanvrager - adres - postcode - plaats - kadastrale gegevens		
Meting uitgevoerd volgens - Omgevingsgeluid - ARBO - Activiteitenbesluit		J/N
Datum van de meting		dd
Tijdstip van de meting		hr
Tijdsduur van de meting		hr
Temperatuur		°C
Wind - snelheid - richting		m/s
Neerslag (toelichten)		J/N
Geluidniveaumeter - merk en type		
Microfoon - merk en type		

Akoestische Kalibrator - merk en type		
Hoogte van microfoon		cm
Situatieschets en/of foto	Apart bijvoegen	jpg
Resultaat meting 1 - L_{Aeq} - opmerkingen		dB
Achtergrondlawaai bij meting1 - hoorbaar? - L_{Aeq}		J/N dB
Resultaat meting 2 - L_{Aeq} - opmerkingen		m dB
Achtergrondlawaai bij meting2 - hoorbaar? - L_{Aeq}		m J/N dB

Handtekening uitvoerder van de
meting.....

Datum
handtekening.....

Geluidsbegrippen

Frequentie	Optellen van geluiden
Golflengte	Reflectie
Geluidsnelheid	Transmissie
Emissie	Contactgeluid
Inmissie	Geluidvoortplanting
Absorptie	Afname- afzwakking A-factoren
Puntbron-lijnbron	Dynamisch meetbereik
Hoge-lage tonen	SPL, SEL
Decibel	Frequentie-analyse
Leq	Vrije veld
Slow-Fast-Impuls	Galmveld
Foon (sterkte-indruk)	Grenswaarden
Fase	Wegverkeersmetingen
Spectrum	Stiltegebied
A-filter	Gevelbelasting
Frequentiebanden	