

Geluid

> Gebouwenbeheerders

Geluid en HVAC

Handleiding goede praktijken en beste beschikbare technologieën



Versie april 2009

Meer info :
www.leefmilieu.be
> professionelen
info@leefmilieu.be
02 775 75 75



LEEFMILIEU BRUSSEL
BIM - BRUSSELS INSTITUUT VOOR MILIEUBEHEER



Leefmilieu Brussel is de benaming, naar het publiek toe, van het Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM), de administratie voor leefmilieu en energie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. In alle administratieve en juridische handelingen wordt de wettelijke benaming "BIM" gebruikt.



INHOUD

U wilt een ventilatie- of airconditioningsinstallatie plaatsen?

U wilt uw bestaande installatie vernieuwen? Neem dan een kijkje in deze gids om te weten te komen waarmee u rekening moet houden om de geluidsimpact ervan te beperken door kwalitatieve en kwantitatieve doelstellingen voor de installaties vast te leggen en eventueel te kiezen voor oplossingen tegen geluidshinder.

DOELSTELLING

Dankzij deze gids kan u beschikken over de elementen waarover u samen met de geluidsdeskundigen en leveranciers van de installaties kan nadenken. De gids is opgebouwd in drie onderdelen.

Het eerste deel beschrijft de componenten van de uitrustingen en de soorten geluid die ze kenmerken. Het tweede deel behandelt de problemen en de verschillende oplossingen voor alle soorten van uitrustingen. Het derde deel behandelt de problematiek per groep van uitrustingen en gaat in op de kosten die verbonden zijn aan de inachtnaam van de geluidsaspecten (preventief en curatief).

DOELPUBLIEK

Deze gids is hoofdzakelijk bestemd voor de beheerders van gebouwen, met name de beheerders van horeca-etablisementen.



GELUID EN HVAC

Handleiding goede praktijken en beste beschikbare technologieën

INHOUD

INLEIDING	6
SECTIE I : ONDERDELEN VAN EEN VENTILATIE- EN AIRCONDITIONINGSINSTALLATIE	8
I.1 ALGEMEEN WERKINGSPRINCIPE VAN EEN KOELINSTALLATIE.....	8
1.3 CONDENSOREN	13
1.4 LES VENTILATOREN	18
SECTIE II : UITGESTRAALD GELUID EN VERMINDERING VAN HET GELUID VAN HVAC-INSTALLATIES, VOOR ALLE APPARATUUR SAMEN	24
II.1 EERSTE OPLOSSINGEN: VAN AANKOOP TOT ONDERHOUD.....	24
II.2. WELKE INPLANTING KIEZEN?	26
II.3 ONDERHOUD EN VEROUDERING	28
II.4 GELUIDWERENDE OPLOSSINGEN	29
<i>II.4.1 De geluiddemper</i>	<i>29</i>
<i>II.4.2 Geluidwerende schermen.....</i>	<i>34</i>
<i>II.4.3 Overkapping en technische ruimte.....</i>	<i>36</i>
<i>II.4.4 Trillingen</i>	<i>43</i>
<i>II.4.5 Absorberende materialen</i>	<i>51</i>
II.5 TECHNISCHE GEGEVENS	52
<i>II.5.1 Technische gegevens van de uitrusting.....</i>	<i>52</i>
<i>II.5.2 Technische gegevens van akoestische producten</i>	<i>56</i>
DEEL III : UITGESTRAALD GELUID EN OPLOSSINGEN PER TYPE VENTILATIE- EN AIRCONDITIONINGSINSTALLATIE	59
III.1 GROTE CENTRALE AIRCONDITIONINGSINSTALLATIES	59
III.1.1 BESCHRIJVING VAN DE UITRUSTING	60
<i>III.1.2 De koelgroepen</i>	<i>60</i>
III.1.2.1 DE KOELTOREN	61
<i>III.1.3 De luchtbehandelingsgroep.....</i>	<i>62</i>
<i>III.1.4 Luchtinlaat- en -uitlaatopeningen</i>	<i>63</i>
III.2 KLEINE AIRCONDITIONINGSINSTALLATIES.....	65
<i>III.2.1 Beschrijving van de uitrusting.....</i>	<i>66</i>
<i>III.2.2 Monogroep installaties.....</i>	<i>66</i>
III.3 LUCHTCIRCULATIEGROEPEN	68
<i>III.3.1 Beschrijving van de uitrusting.....</i>	<i>68</i>
<i>III.3.2 Grote installaties.....</i>	<i>69</i>
<i>III.3.3 Kleine installaties.....</i>	<i>69</i>
III.4 SPECIFIEKE KOELGROEPEN.....	70
<i>III.4.1 Beschrijving van de uitrusting.....</i>	<i>71</i>
<i>III.4.2 Oplossingen geval per geval</i>	<i>71</i>
III.5 OVERZICHT VAN DE MAATREGELEN PER CATEGORIE INSTALLATIES.....	72



WOORDENLIJST	73
BIBLIOGRAFIE	75
BIJLAGEN	76
BIJLAGE IA: GELUIDSVERMOGEN VAN DRAAIENDE COMPRESSOREN	77
BIJLAGE IB: GELUIDSVERMOGEN VAN KOELTORENS	78
BIJLAGE IC : GELUIDSVERMOGEN VAN VENTILATOREN	79
BIJLAGE II: GELUIDDEMPING VAN GELUIDWERENDE SCHERMEN	81
BIJLAGE III : GELUIDSVERMOGEN VAN TECHNISCHE RUIMTEN	82



INLEIDING

Verwarmings-, ventilatie- en airconditioningsinstallaties, aangeduid onder de Engelse verzamelnaam **H**eating **V**entilation **A**ir **C**onditioning, zijn de installaties waarover de inwoners in het Brusselse gewest het vaakst klagen: 37 % van de klachten gaan over HVAC installaties!

De tabel hieronder illustreert de verschillende sectoren die gebruikmaken van HVAC, installaties afhankelijk van de specifieke behoefte, en een opsplitsing van de Brusselse klachten in verband met deze uitrusting (bron Afdeling Inspectie van het BIM: 2004).

"Famille" d'utilisateur	Type d'utilisateur	Besoin de l'utilisation	Répartition des plaintes
Bâtiment en général			
	Immeubles de bureaux	Air de qualité (t°, humidité...)	9,60%
	Immeubles de logements	Air de qualité (t°, humidité...)	5,50%
	Hôpitaux	Air de qualité (t°, humidité...)	
	Bâtiments à usage collectif	Air de qualité (t°, humidité...)	
	Immeubles privés	Air de qualité (t°, humidité...)	
« Industries »			
	Menuiseries	Ventilation ; système d'aspiration ; de dépoussiérage	
	Carrosseries –garages	Installations d'extraction et de traitement d'air de la cabine de peinture	
	Imprimerie	Système de ventilation des systèmes informatiques pour la prépresse	
	Alimentaire (grossiste/industrie)	Froid	2,70%
PME , commerces, services			
	HoReCa	Air de qualité (t°, humidité...) Froid	34,20%
	Secteur récréatif (dancings, spectacles, luna-parks, stand de tir, sauna's, bancs solaires, piscine...)	Air de qualité (t°, humidité...)	
	Blanchisseries	Extraction des vapeurs des séchoirs	
	Nettoyage à sec	Système de refroidissement pour condenser les vapeurs de solvants, ventilateurs des machines à circuit fermé	
	Magasin de vente au détail : alimentation : boucheries ; boulangeries ; rayons frais...	Froid	31,50%
	Magasin de vente au détail : autres	Froid (confort des clients)	
	Commerces de gros et demi gros		2,70%
Ecole			
	Laboratoire		2,70%
Parking			
Divers			
	Secteur automobile, construction, industrie chimique, loisirs, poste et télécommunication (relais GSM)		7%

Bron: BIM

De HVAC installaties produceren over het algemeen een tonaal geluid (onder andere toe te schrijven aan het draaien van de ventilatoren) wat bijzonder hinderlijk is voor de buurt. Het is trouwens daarom dat de Brusselse wetgeving een "boete" voorziet voor dit soort geluid tijdens de meting van de geluidsniveaus die worden geproduceerd door deze installaties (bij de toevoeging van decibels). De aangegeven geluidsniveaus mogen de geluidsdrukniveaus niet overschrijden.

Ideaal is te kunnen afzien van HVAC installaties in bepaalde gevallen waar het gebruik hiervan nutteloos is of wanneer er een alternatieve oplossing bestaat (bijvoorbeeld: natuurlijke



verluchting). Voor de gevallen waar dit niet mogelijk is, wil deze handleiding de problematiek van het geluid van deze installaties bespreken, en oplossingen aangeven om dit geluid zoveel mogelijk te beperken.

Het doel van deze handleiding is namelijk elke exploitant van een ventilatie- of airconditioningsinstallatie (het deel **Heating** wordt niet besproken in deze handleiding) of elke persoon die een dergelijke uitrusting wenst te installeren, in staat te stellen rekening te houden met de elementen die het mogelijk maken de geluidseffecten ervan te beperken. Het is een werktuig voor besprekingen met leveranciers of voor het opstellen van het bestek (het bevestigen van kwalitatieve en kwantitatieve doelstellingen van kwaliteit voor het materiaal en de mogelijke oplossingen tegen geluid).

Hierbij komen alle problemen aan bod die dergelijke installaties kunnen veroorzaken op gebied van geluidsoverlast, en worden de mogelijke verbeteringen overlopen die kunnen worden toegepast, zowel voor nieuwe projecten als voor bestaande installaties.

Deze handleiding maakt van u geen specialist op het gebied van het geluid van airconditioningsinstallaties, maar reikt elementen aan waar u samen met de geluidsdeskundigen en leveranciers van de installaties moet over nadenken.

De handleiding is opgebouwd in drie delen :

- het eerste deel geeft een beschrijving van de onderdelen van de uitrusting en de soorten geluiden die zij voortbrengen,
- het tweede deel gaat over de problemen en de verschillende soorten oplossingen, voor alle apparatuur samen,
- het derde deel handelt over de problematiek per soort uitrusting, evenals de kosten die ontstaan als men rekening houdt met het lawaai (preventief en curatief)

Wij wensen hierbij de Koninklijke Technische Vereniging van de verwarmings- en verluchttingsnijverheid en van de aanverwante takken (ATIC) te bedanken voor de zorgvuldige revisie van de handleiding en voor de opmerkingen die zij gaf, opmerkingen van inhoud en vorm, zowel voor de herlezing van de Nederlandstalige versie.

Deze handleiding heeft in geen enkel geval tot doel commerciële reclame te maken voor een product of een technologie.

Eric Schamp
Adjunct-Algemeen Directeur

Jean-Pierre Hannequart
Algemeen Directeur



DEEL I : ONDERDELEN VAN EEN VENTILATIE- EN AIRCONDITIONINGSINSTALLATIE

I.1 ALGEMEEN WERKINGSPRINCIPE VAN EEN KOELINSTALLATIE

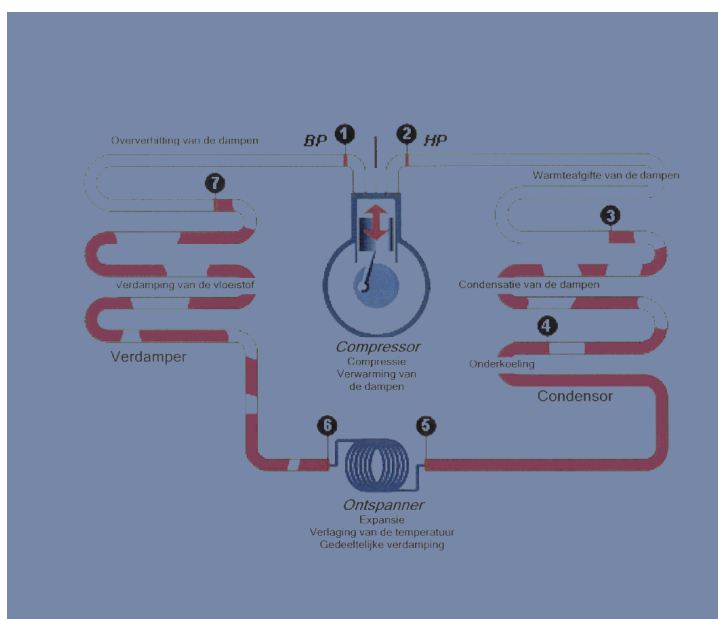
Een koelmachine bestaat uit de volgende elementen:

een "verdamper", waarin het koelmedium aan de kook wordt gebracht en verdampt en waarbij het de warmte van het externe medium absorbeert;

een "compressor", die het koelgas bij lage druk en lage temperatuur aanzuigt. Door de compressor wordt mechanische energie geleverd die het mogelijk maakt de druk en temperatuur van het koelgas te verhogen;

een "condensor", waarlangs het warme gas vanuit de compressor zijn warmte afgeeft aan het externe medium;

een "ontspanner", die als taak heeft de druk tussen de condensor en de verdamper in de kring te verlagen, zodat de volledige cyclus opnieuw kan beginnen.



Bron: Energie +

Dit eerste deel heeft tot doel een korte beschrijving te geven van het geluid van de voornaamste onderdelen van een HVAC installatie. Er wordt hier alleen gekeken naar de primaire geluidsbronnen die geluid kunnen uitstralen naar de omgeving: compressoren, condensoren en ventilatoren.



I.2 COMPRESSOREN

Kenmerken van het geluid van de compressoren

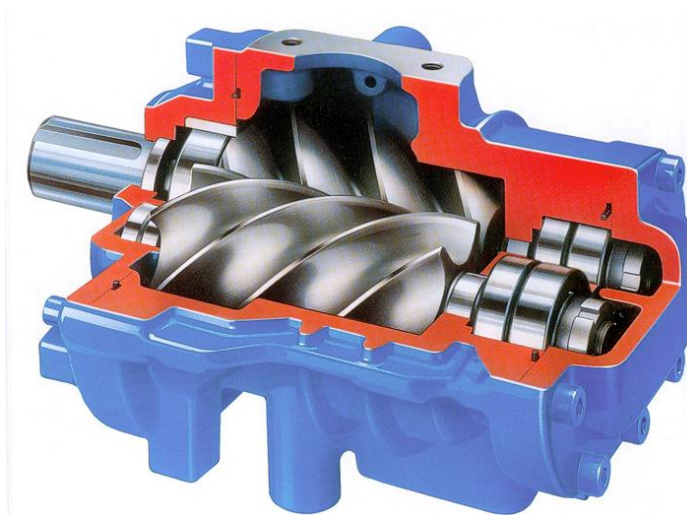
De compressor is het hart van een koelinstallatie. Hij zorgt voor de mechanische energie nodig om de temperatuur en de druk van het koelgas te verhogen, dat komt toegestroomd vanuit de verdamper en verder gaat naar de condensor.

Er bestaat een brede waaier aan verschillende technologieën wat compressoren betreft, gaande van alternatief werkende zuigercompressoren (met open constructie voor installaties met een koelvermogen tot 500 kW; halfopen tot 100 kW of, gebruikmakend van meerdere compressoren, tot ongeveer 400 kW; of gesloten tot ongeveer 30 kW),



Bron: Energie+

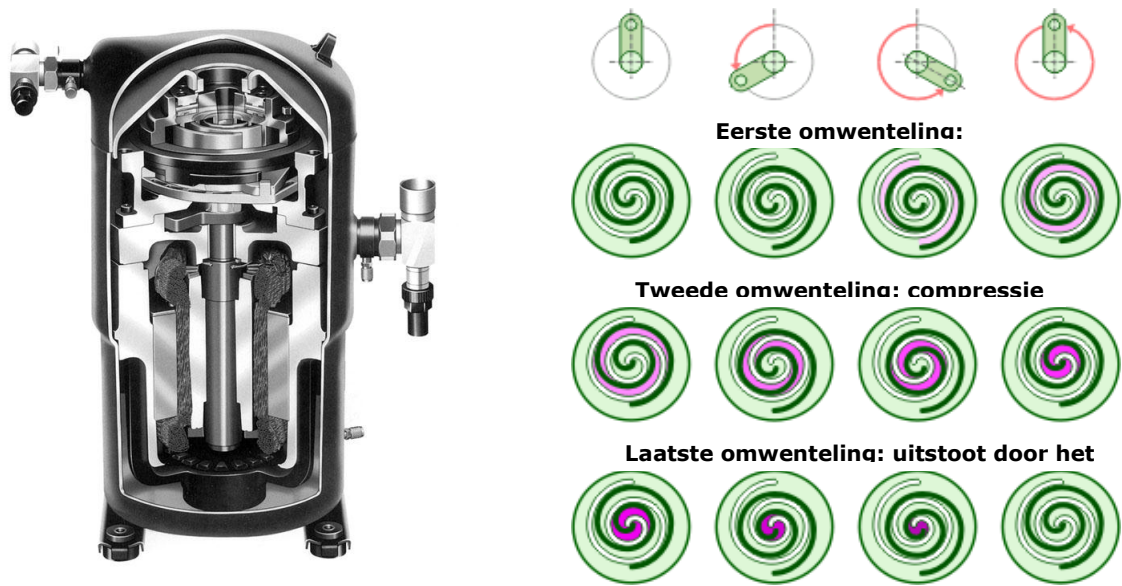
over roterende zuigercompressoren, schoepencompressoren of schroefcompressoren



Bron: <http://www.boge.com/>



tot "scroll"-compressoren, met in fase verschoven rollen:



Bron: Energie+

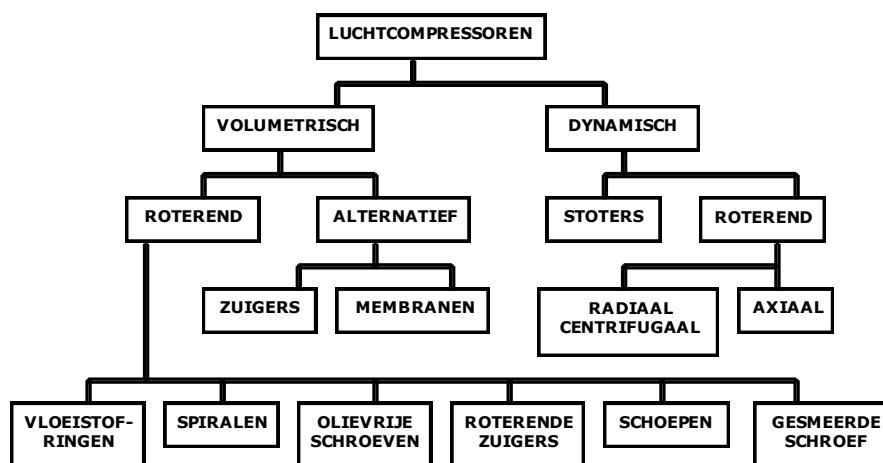
Of centrifugale compressoren....



Bron: Energie+



Het schema hiernaast illustreert deze verschillende technologieën (het betreft hier luchtcompressoren).



Bron: ADEME

De keuze van de aangewezen technologie wordt bepaald door de vermogensbehoefte. Elk type compressor bezit zijn eigen kenmerkende geluid:

- schroefcompressoren, hoofdzakelijk gebruikt voor HVAC-installaties, zijn over het volledige geluidsspectrum minder luidruchtig dan zuigercompressoren, maar kunnen een uitgesproken piek vertonen in de buurt van 500 Hz. De absorptie van dit zuivere geluid gebeurt geval per geval;
- in het geval van zuigercompressoren, vormen de zuig- en perskleppen de oorzaak van het lawaai, dat te horen is als slaggeluiden;
- het geluid van wrijvende onderdelen is duidelijk hoorbaar bij schoepencompressoren;
- bij centrifugale compressoren ontstaat een geluidspiek bij een frequentie die evenredig is aan de rotatiesnelheid, het aantal draaiende en vaste schoepen, en omgekeerd evenredig aan de grootste gemene deler tussen deze aantallen schoepen. Zo zal een compressor met 6 draaiende schoepen en 9 statische schoepen, die draait met een snelheid van 6000 omwentelingen per minuut, beduidend lawaai maken bij 1.800Hz^1 . Gaat men naar 7 draaiende schoepen, dan gaat men in dit voorbeeld naar 6.3002 Hz (makkelijker te isoleren frequentie...). Wij verwijzen de lezer naar bijlage IA voor de schatting van de geluidsniveaus van bepaalde types centrifugale compressoren.

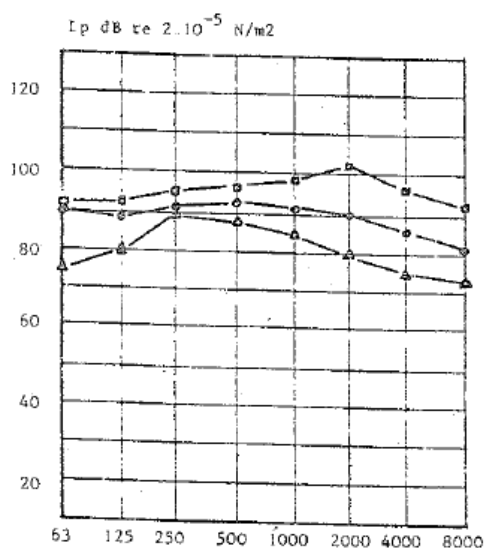
Het geluid van de compressoren bestaat uit rompgeluiden (behuizing van de compressor), geluiden van de aandrijfmotor, het pulsatiegeluid van het medium in de koelleidingen tussen de compressor en de warmtewisselaar. De drukschommelingen van het medium bij de frequentie van de compressor (rotatie van de motor) en zijn harmonischen planten zich voort in de buisleidingen en kunnen de condensor en de verdamper laten brommen.

¹ $(6.000/60)*(6)*(9)/3$

² $(6.000/60)*(7)*(9)/1$



Bij wijze van voorbeeld is hieronder het karakteristieke gemiddelde spectrale geluid gemeten (geluidsdruk niveau in decibels) op 1 m afstand van de koelmachine met verschillende types compressoren.



Figuur 19.

Te verwachten geluidniveau op 1 m afstand van verschillende types koelmachines (grote capaciteit)

- — ○ met zuigercompressor
- — □ met centrifugaalcompressor
- △ — △ met schroefcompressor

Bron: ATIC

Vermindering van het geluid van compressoren

Het luchtgeluid van de compressor wordt over het algemeen geïsoleerd door zijn behuizing. Bovendien is de compressor vaak geïsoleerd van de buitenomgeving (technische ruimte bijvoorbeeld), behalve soms in het geval van luchtcondensoren.

Zoals hierboven gezegd, moet men echter opletten voor de pulsaties van het medium en de trillingen die dit kan veroorzaken op de HVAC-installatie, die kan gaan brommen zoals een luidspreker... Een op de compressor gemonteerde geluiddemper aan de ingang van de zuig- en persleidingen is een oplossing voor dit probleem. Het is soms interessant een extra geluiddemper in te bouwen ter hoogte van de uitlaat, waar de omvang van de pulsaties groter is dan aan de inlaat.

De mogelijke verbeteringen op gebied van lawaai en de trillingen worden beschreven in deel II en deel III, met name de installatie van een geluiddemper (hoofdstuk II.4.1) aan zuig- en perszijde,



1.3 CONDENSOREN

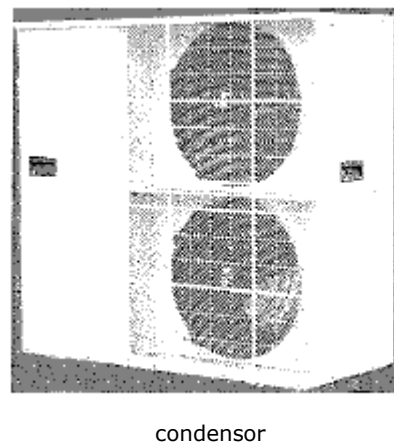
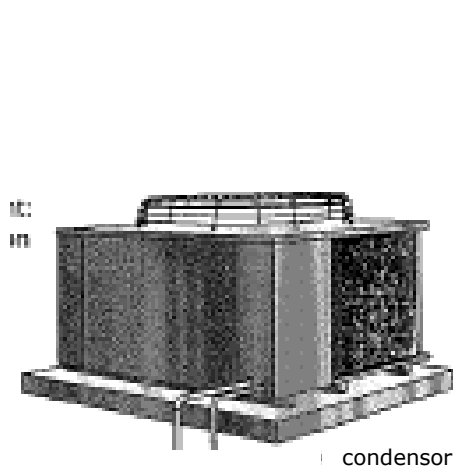
Condensoren

Laten we beginnen met de voorstelling van de verschillende types condensoren. De condensor is de warmtewisselaar tussen het medium en het buitenmilieu.

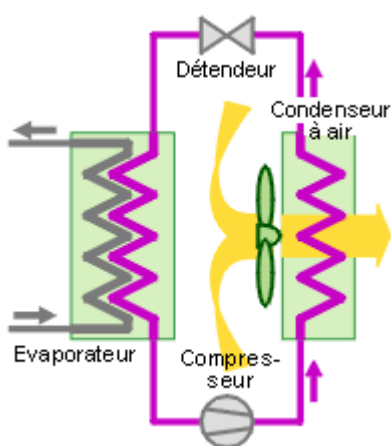
De condensoren zijn als volgt onderverdeeld:

Luchtgekoelde condensoren

Condensoren met directe koeling tussen het koelmedium en de lucht, worden luchtgekoelde condensoren genoemd.



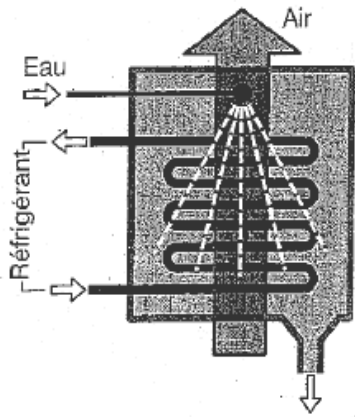
Bron: Regulerung van koel- en klimaatregelingsinstallaties in gebouwen, Waals gewest



Deze kunnen statisch zijn (zoals huishoudelijke koelkasten) of met kunstmatige ventilatie - die op haar beurt verticaal of horizontaal kan zijn - via axiale (schroefvormige) of centrifugale ventilatoren.

Bron: Energie +





tour fermée à évaporation

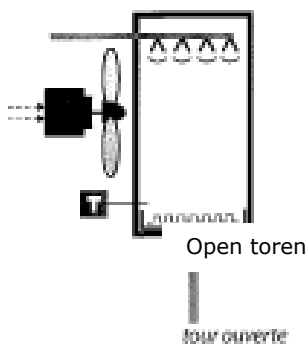
De verdampingscondensor

In dit geval geven de warme gassen van het koelmiddel de warmte af aan de lucht die over een warmtewisselaar stroomt, deze warmtewisselaar wordt besproeid met water.

Voor grote installaties gebruikt men indirecte koeling van het koelmedium. Dit gebeurt namelijk door middel van water, dat vervolgens zelf gekoeld wordt met behulp van verschillende technieken, die hieronder worden toegelicht.

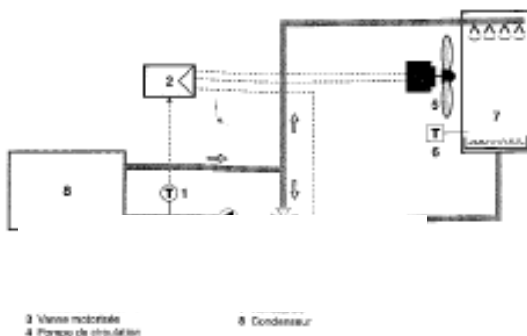
Bron: Regulering van koel- en klimaatregelingsinstallaties in gebouwen, Waals gewest

Open toren



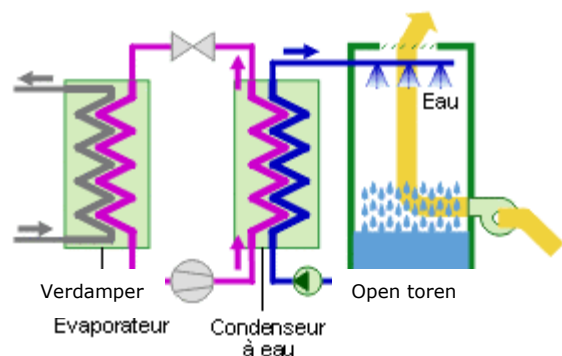
Bron: Regulering van koel- en klimaatregelingsinstallaties in gebouwen, Waals gewest

Het betreft hier een open atmosferische afkoeling. Het water wordt verneveld voor een ventilator en de afkoeling wordt dus versterkt door de gedeeltelijke verdamping van dit water. Het water wordt vervolgens naar een watercondensator geleid die zich vlakbij de compressor bevindt.

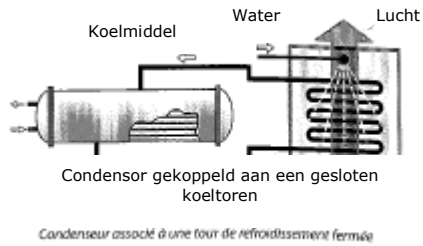


Bron: Energie +

Bron: Regulering van koel- en klimaatregelingsinstallaties in gebouwen, Waals gewest

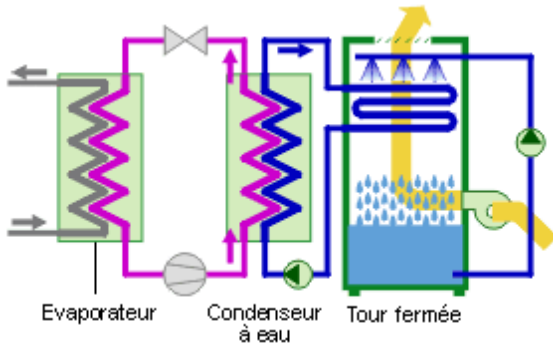


Gesloten toren



Het water blijft in een gesloten kring die besproeid wordt met een koelwaterstraal, zodat de condensorkring schoon blijft (geen vervuiling van het water).

Bron: Regulering van koel- en klimaatregelingsinstallaties in gebouwen, Waals gewest



Bron: Energie +

De « dry cooler »



De door de ventilatoren aangevoerde buitenlucht koelt ditmaal het water in een warmtewisselaar. Dit water dient voor de afkoeling van het koelmedium (het betreft hier een gesloten toren zonder besproeiing met water, vandaar de naam "dry-cooler").

Bron: Regulering van koel- en klimaatregelingsinstallaties in gebouwen, Waals gewest

De koeltorens kunnen met natuurlijke trek (zonder mechanische ventilatie) of met kunstmatige trek (mechanische luchtstroming) zijn. In dit laatste geval spreken we ofwel van kunstmatige trek, met een ventilator aan de voet van de toren, of van geïnduceerde trek met de ventilator op de top van de toren. De lucht en het valwater kunnen in tegengestelde richting of in dwars richting stromen.



Kenmerken van het geluid van de condensoren

In tegenstelling tot de koeltorens zijn de condensorgeluiden, in het licht van wat hierboven gezegd werd, ventilatorgeluiden.

De torens die in grote installaties worden gebruikt, worden gekenmerkt door de volgende geluiden:

- het geluid van de ventilatoren (laag frequent geluid, meestal in de frequentieband van 63 Hz tot 1.0000 Hz); maar het geluid dat wordt veroorzaakt door de ventilator voordat het wordt uitgestraald door de roosters, plant zich voort binnen de toren, die als een plenum fungeert en de lage frequenties dempt;
- het stromingsgeluid van het water dat wordt uitgestraald door de roosters, met een hogere frequentie (meestal in het gebied van 2.000 tot 8.000 Hz);
- het geluid van de motor van de ventilator;
- het geluid van de waterpomp (weinig luidruchtig).

Op voldoende afstand:

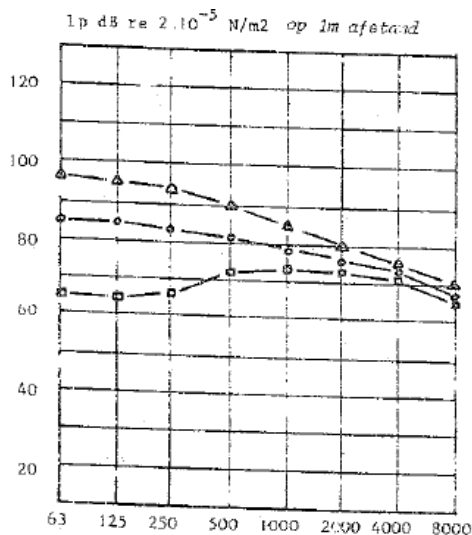
- overstijgt het door de ventilator uitgestraalde geluid het geluid van het water (vanwege de absorptie van de hoge frequenties in de lucht);
- overstijgt het door de roosters uitgestraalde geluid het geluid dat wordt uitgestraald door de ventilator.
- Voor de schattingen van de geluidsvermogeniveaus van de torens met geïnduceerde trek en met kunstmatige trek verwijzen wij naar bijlage IB.

Wat de ventilator in de condensatiegroep betreft, stellen we de volgende punten vast op akoestisch vlak:

- de kunstmatige stroming is beter dan de geïnduceerde stroming;
- de invloed van de vormgeving van de schoepen op het geluidsniveau. Zo moeten bijvoorbeeld ventilatoren worden vermeden waarbij de verhouding "koordbreedte"/"diameter" van de schoepen te klein is of waarvan de schoepen ontworpen zijn volgens een principe van "vrije werveling";

Bij wijze van voorbeeld is in de onderstaande afbeelding het karakteristieke gemiddelde geluidsspectrum (geluidsdrumniveau in decibels) op 1 m afstand van een condensor van het "koeltorentype" weergegeven voor verschillende soorten technologieën en afhankelijk van het geluidsspectrum.





Figuur 21.

Te verwachten geluidniveau op 1 m afstand van

- Δ — Δ koeltorens met axiaalventilator of luchtgekoelde condensor
- \circ — \circ koeltorens met centrifugaalventilator
- \square — \square koeltorens type "ejector"

Bron: ATIC

We zien een rijk spectrum aan lage frequenties, met hogere geluidsniveaus bij aanwezigheid van een ventilator. De axiale ventilator is het ongunstigst, tenminste wanneer er geen geluiddemper is voorzien (zie het hoofdstuk over de ventilatoren).

Vermindering van het geluid

Het geluid van de condensoren valt dus in wezen samen te vatten als een geluid dat wordt veroorzaakt door de ventilatoren van de condensor.

Voor de geluids- en ventilatieaspecten verwijzen wij de lezer naar hoofdstuk I.4, deel II (algemene geluidwerende oplossingen) en III (geluid van grote installaties). Hier gaat het met name over:

- de luchtinlaatroosters die niet naar de te beschermen zone mogen worden gericht (hoofdstuk II.2);
- het gebruik van een motor met twee snelheden voor 's nachts, wanneer er minder vraag is naar koude (halve snelheid, winst van 12 tot 15 dB, zie bijlage IC). Let in dit geval echter op dat het stromingsgeluid niet overheersend wordt;
- de plaatsing van een geluiddemper met absorptieplaten aan de luchtinlaat naar gelang het type ventilator (hoofdstuk II.4.1);
- de plaatsing van een voldoende hoog scherm rond de torens, voor een geluiddemping van 5 tot 10 dB boven 500 Hz (doeltreffender voor hoge frequenties), en vlakbij de toren geplaatst voor een optimaal rendement (hoofdstuk II.4.2).

Op akoestisch vlak zijn er uitstekende technologieën op de markt. Sommige fabrikanten bieden bijvoorbeeld (open, gesloten) koeltorens aan of verdampingscondensoren die zijn uitgerust met verschillende geluiddempende voorzieningen, beschreven in deel II, waarmee het afgegeven geluidsniveau fors kan worden verminderd. Bijvoorbeeld door gecombineerd gebruik van een ventilator met breed schoepontwerp, een geluiddempingssysteem aan de perszijde van de ventilatoren (geluiddempers met akoestisch beklede absorptieplaten) en geluiddempers voor het vallende water in het geval van koeltorens. Deze oplossingen kunnen worden gecumuleerd en zodanig worden uitgevoerd dat ze zowel over het volledige spectrum als over bepaalde delen ervan (bepaalde frequentiebanden) geluidsreducerend werken.



1.4 DE VENTILATOREN

De ventilator is een luidruchtig onderdeel bij ventilatie- en airconditioningsinstallaties:

- ter hoogte van de condensoren en de koeltorens,
- als onderdeel dat gebruikt wordt voor de luchtcirculatie in het algemeen.

Gemeenschappelijke akoestische aspecten van ventilatoren

Turbulentiegeluid

Turbulenties die ontstaan bij contact van de schoepen, die met grote snelheid draaien, en het te verplaatsen medium (lucht). Dit geluid plant zich voort naar de ingang en uitgang van de ventilator, alsook in de eventuele verbindingskokers. De drukschommelingen die worden teweeggebracht door de turbulenties veroorzaken een breedbandgeluid, met evenwel de mogelijkheid dat bepaalde resonanties worden opgewekt en dus piekfrequenties ontstaan. De positie van de ventilatoren is essentieel, omdat turbulenties die vóór de ventilatoren worden veroorzaakt door bochten en diameterveranderingen, achter de ventilatoren worden versterkt.

Hoe meer turbulenties een ventilator opwekt, hoe meer zijn rendement afneemt en hoe meer lawaai hij maakt.

Sirenegeluid

Sommige ventilatoren met groot debiet en/of leidingverlies kunnen naast hun basisspectrum ook tonale geluiden uitzenden (geluiden die lijken op een zuivere toon dwz een hoog geluidsniveau in een smalle frequentieband); dit komt door de periodieke passage van de schoepen voorbij vaste elementen die zich tegen de mediumstroom in bevinden (bevestigingselementen van de naaf of van de aandrijfmotor). De hoofdfrequentie is evenredig met het aantal schoepen van de ventilator en zijn rotatiesnelheid.

In dat geval (een spectrum van verschillende lijnen van de rotatiesnelheid, de grondlijn en haar harmonischen), de frequenties moet worden geabsorbeerd, zoals toegelicht in bijlage IC, door de keuze van een selectieve absorber.

Rompgeluid (geluid van de omhuizing, skelet)

Het turbulentiegeluid kan worden overgedragen op de romp, die dan begint te trillen en geluid uitstraalt naar buiten; dit geluid wordt voornamelijk waargenomen wanneer de ingangs- en uitgangsoeningen zijn aangesloten op kokers.

De geluiden van aëraulische oorsprong (sirene, turbulentie) zijn meestal overheersend ten opzichte van de mechanische geluiden (motor, lagers, slechte uitlijning...).



Akoestische aspecten bij de belangrijkste ventilatortypes

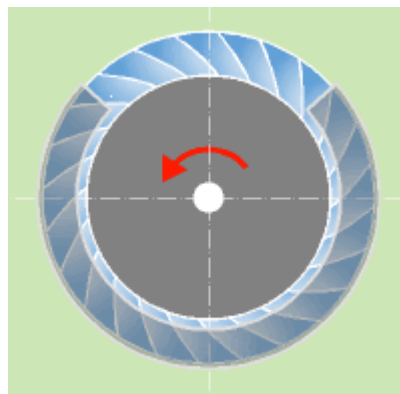
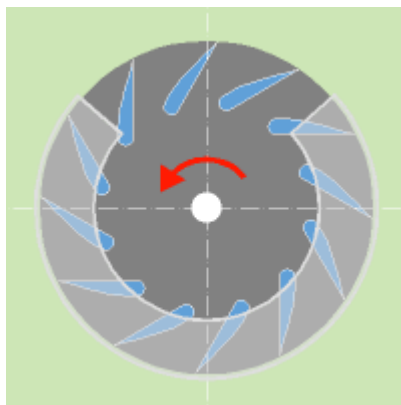
Centrifugaal-radiale ventilator



De voornaamste kenmerken van dit ventilatortype zijn de volgende:

- constante onderdruk, ongeacht het debiet;
- luchtinlaat en -uitlaat staan haaks op elkaar;
- kleine luchtdebieten en hoge afzuigdruk;

Bron: Energie +



Bron: Energie+

- met naar achter gebogen schoepen ("met achterwaartsgebogen schoepen" of "reactieschoepen") of naar voren gebogen schoepen ("met voorwaartsgebogen schoepen" of "actieschoepen");
- met enkelvoudige of dubbele aanzuigopening (aanzuiging aan weerszijden van de turbine).



Turbine van centrifugale ventilator met naar achter gebogen schoepen (dubbele aanzuig)

Bron: Energie +



Turbine van centrifugale ventilator met naar voren gebogen schoepen (dubbele aanzuig)

Bron: Energie +



De geluiden die worden uitgestraald door dit type ventilator, vertonen de volgende kenmerken:

- geluid rijk aan lage frequenties (verderop zullen we zien dat absorptie geluiddempers weinig efficiënt zijn op laagfrequenties);
- bij hetzelfde debiet, zijn ze minder luid als een axiale ventilator;
- de keuze voor naar voren of naar achter gebogen schoepen is op akoestisch vlak afhankelijk van de volgende overwegingen:
 - het geluid dat wordt geproduceerd door een turbine met naar voren gebogen schoepen is minder luid. Met naar voren gebogen schoepen wordt de omvang van de turbine kleiner, en bij gelijk debiet en opvoerhoogte krijgt men dan een machine die langzamer draait, wat het mechanisch geluid vermindert (lagers); dit kan nuttig zijn voor machines met laag vermogen, waarbij het mechanisch geluid niet altijd onaanzienlijk is,
 - als men echter in het ontwerpstadium kan kiezen tussen beide soorten turbines, moet men de vergelijking maken op basis van het hoogste rendement. In dit geval zal de ventilator met naar achter gebogen schoepen meestal één of twee maten groter moeten zijn dan de andere. Als men ze vergelijkt voor eenzelfde werkpunt, biedt de ventilator van twee maten groter (maar uiteraard ook iets duurder) grote voordelen:
 - hij neemt aanzienlijk minder vermogen op;
 - doordat hij in dit geval met een lagere snelheid draait, wordt hij minder luidruchtig dan de versie met naar vorgebogen schoepen.

De schroefvormige axiale ventilator



De voornaamste kenmerken van dit type ventilator zijn de volgende:

nagenoeg constant debiet, ongeacht de onderdruk vóór/achter de ventilator;
luchtinlaat en –uitlaat in dezelfde as;
grote luchtdebieten en lage afzuigdruk, tenzij bij een hoge omtreksnelheid van de schoepen. In dat geval, is het veroorzaakte geluid heel wat hoger.

Bron: Energie +

- De geluiden die dit type ventilator uitstraalt, bezitten de volgende kenmerken:
- geluid met gemiddelde frequenties;
- bij hetzelfde opgenomen vermogen (zelfde debiet en zelfde opvoerhoogte), zijn de schroefvormige of axiale ventilatoren over het algemeen luidruchtiger als de centrifugale, maar minder duur;

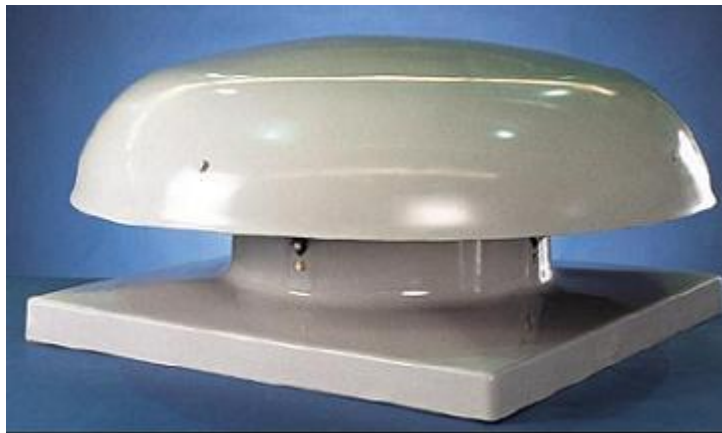
een goede aanpassing aan de kring is belangrijk omdat de curve van het geluidsvermogensniveau een zeer opvallend laagtepunt vertoont in de buurt van het werkpunt dat overeenstemt met het maximumrendement (zie verderop);



Let op: dit ventilatortype verdraagt zeer weinig bijkomend leidingverlies, terwijl de geluiddemper dit altijd veroorzaakt gezien de wrijvingsweerstand van de lucht tegen de wanden. Om zo weinig mogelijk leidingverlies te veroorzaken, moet de geluiddemper in dit geval zeer open zijn (het gesloten gedeelte mag slechts zeer gering zijn ten opzichte van de vrije doorgang...). Doordat het absorptieoppervlak hierdoor beperkt is, blijft ook de geluiddemping van deze geluiddempers beperkt. De prestaties van de geluiddempers die worden toegepast bij axiale ventilatoren, zijn niet te vergelijken met die bij centrifugale ventilatoren!

Andere ventilatortypes

Er bestaan nog andere ventilatortypes, zoals tangentiële ventilatoren of "mixed flow" ventilatoren (bijvoorbeeld gebruikt als dakafzuiging), die een luchtstroming bieden die ergens tussen de centrifugale en de axiale ventilator ligt, en worden gekenmerkt door laagfrequente geluiden.



Bron: <http://www.donkin.co.za>

Vermindering van het geluid van de ventilatoren

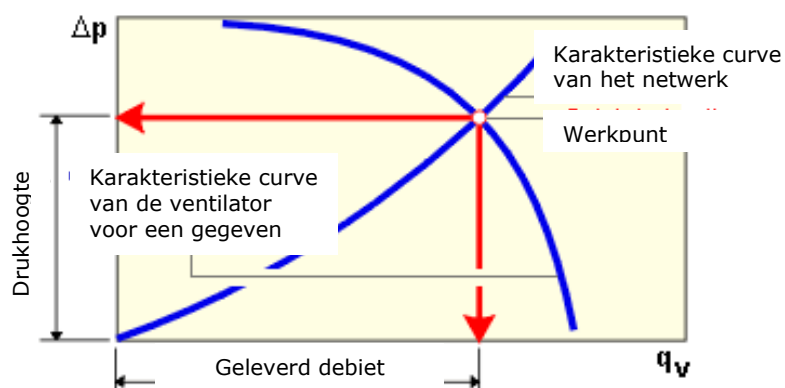
Voor een analyse van de geluidsniveaus die worden veroorzaakt door de ventilatoren, verwijzen wij de lezer naar bijlage IC. Hier vindt men verschillende formules waarmee de geluidsvermogensniveaus kunnen worden berekend, op basis van de karakteristieke parameters van de ventilatoren, zoals rotatiesnelheid, diameter, debiet en opvoerhoogte.

Om de lawaaiproductie van de ventilatoren te vergelijken, moet men hun geluidsvermogensniveaus vergelijken.



Men dient er eveneens rekening mee te houden dat het geluid van een ventilator omgekeerd evenredig is met zijn rendement (het lawaai betekent energieverlies!), en evenredig met zijn snelheid, bijgevolg:

- Om het geluidsniveau van de ventilator te verminderen, heeft men er dus alle belang bij de ventilator te kiezen met het beste rendement op het beoogde werkpunt. Waarbij het beoogde werkpunt van een ventilator in een kring op het snijpunt ligt van de curve van de ventilator met de curve van het leidingverlies van de kring



Bron: Energie +

- Let op, men heeft de neiging de installatie te overdimensioneren, maar hierdoor wijkt men af van het maximumrendement!
- Een laminaire stroming is onontbeerlijk (in vergelijking met turbulente stroming);
- Bij een gelijk rendement zal de ventilator die het minst snel draait (d.w.z. de grootste als men 2 ventilatoren met hetzelfde turbinetype vergelijkt) het stilst zijn (vermindering van de mechanische geluiden, verschuiving van de grondfrequentie naar lage frequenties). Dit heeft eveneens tot gevolg dat de eventuele geluiddemper waarmee de installatie zal moeten worden uitgerust, kleiner mag zijn.

Men dient eveneens na te denken over:

- de keuze van de motor;
- de keuze van soepele verbindingen in plaats van stijve verbindingen;
- de integratie van de ventilator in de eenheid (zie bijvoorbeeld in het geval van de condensatiegroep);
- het onderhoud van de machine en de ruimte (stof);

Zoals reeds eerder gezegd, is het gebruik van een geluiddemper bij axiale ventilatoren weinig efficiënt in vergelijking met hun gebruik bij centrifugale ventilatoren...

Zie hoofdstuk II.4 voor de vermindering van het geluid van de ventilatoren, zoals akoestische isolatie van het slakkenhuis, overkapping, trillingsvrijeopstelling, of de inbouw van geluiddempers voor de turbulentiegeluiden.





Bron: <http://www.hg-hydroponics.co.uk/>



dispositif anti-vibratile breveté (bron : soler & palau)



DEEL II : UITGESTRAALD GELUID EN VERMINDERING VAN HET GELUID VAN HVAC-INSTALLATIES, VOOR ALLE APPARATUUR SAMEN

II.1 EERSTE OPLOSSINGEN: VAN AANKOOP TOT ONDERHOUD

Ventilatie- en airconditioningsinstallaties bevatten verschillende geluidsbronnen, zoals werd beschreven in het eerste deel.

In geval van een bestaande of toekomstige installatie, en alvorens technische en ingrijpende oplossingen te bespreken, dient men de volgende punten te bekijken:

Vóór de aankoop

- Vóór de uitvoering dient men de geluidsimpact van elk ontwerp te laten onderzoeken. De akoestische dimensie moet uiteraard worden bepaald tijdens het ontwerp van het project, aangezien correctiemaatregelen achteraf vaak moeilijker en dus duurder zijn! De aankoop van een nieuwe installatie is dus het ideale moment om de geluidsimpact op te nemen in het aankoopbestek (vaststellen van een zo laag mogelijk streefdoel wat het afgegeven akoestisch vermogen betreft (met identieke aëraulische, thermische en andere kenmerken), integratie van geluidwerende oplossingen ...). De adequate dimensionering in functie van de behoeften is een element dat in aanmerking moet worden genomen, het heeft geen zin de installatie te overdimensioneren (zie verderop)!
- Men dient zich te informeren over de minst luidruchtige technologieën... en bestaande alternatieven! Zo kan men koelmachines kiezen die volgens het absorptieprincipe werken in plaats van met een compressor... waarbij de keuze van de technologie in de eerste plaats wordt beïnvloed door de vermogensbehoefte...
- Men dient zich te informeren over de technische gegevens en de prestaties. Elke fabrikant zal de waarden van het geluidsvermogeniveau bezorgen of de waarden van het gemeten geluidsdrukniveau op een welbepaalde afstand en onder welbepaalde weerkaatsingsomstandigheden (over het algemeen in het vrije veld, wat betekent zonder weerkaatsing en bijgevolg onafhankelijk van de inplanting, een punt dat verderop aanbod komt). Hierbij kunnen de gegevens worden opgesplitst volgens frequentie (dit is noodzakelijk voor de technische gegevens van de ventilatoren). Uiteraard zal men de voorkeur geven aan de beste installatie (geluidsvermindering aan de bron). Zie in dit verband ook hoofdstuk II.5.2.
- Ventilatie- en airconditioningsinstallaties worden gecertificeerd door EUROVENT, denk aan dit kwaliteitslabel! Zie in dit verband hoofdstuk II.6 Certificatie.

Installatie en afstelling

Deze fase is essentieel om ervoor te zorgen dat de voorziene garanties voor de geluidsvermindering effectief worden toegepast. Zorg voor de goede opstelling van de uitrusting en de geluid- en trillingwerende oplossingen (trillingvrije steunen, uitlijning van de moffen, plaatsing van geluiddempers, controle van de debieten ter hoogte van de luchtopeningen...). Een slecht ontwerp of slechte installatie van de trillingwerende oplossingen kan tot een situatie leiden waarin er meer trillingen optreden dan bij afwezigheid van deze oplossingen!



Vervanging van de uitrusting

- Is het nuttig te investeren in de sanering van een installatie die niet meer aangepast is? De bestaande installatie is misschien afgeschreven en de vervanging door een krachtigere, stillere, zuinigere installatie is misschien gepland in een nabije toekomst?
- Is de uitrusting aangepast aan de behoefte? Zal een toevoeging of uitbreiding geen negatieve invloed hebben op het geluid?

Gebruiksomstandigheden van de uitrusting

- Zijn de actuele werktijden van de apparatuur werkelijk noodzakelijk? De installatie van een schakelautomaat met tijdsturing (of het gebruik van een snelheidsregelaar voor een motor) kan wonderen doen voor een zeer lage kostprijs, zodat de investering snel wordt terugverdiend door het lagere elektriciteitsverbruik! Let op bij een uitbreiding van de werktijden van de installatie, aangezien een installatie die overdag geen enkele overlast veroorzaakt doordat het omgevingsgeluid hoger is, 's avonds of 's nachts wel hinder kan veroorzaken!
- Let ook op het gebruik van de installatie buiten zijn nominale/optimale werkingsgebied!
- Is het niet mogelijk de installaties te verplaatsen of anders te richten?

Onderhoud

- Let op de mechanische slijtage van bepaalde onderdelen, de afwezigheid van onderhoud of regelmatig nazicht, de hantering, afstelling, inspectie of reparatie van de installatie door een onbekwaam technicus, de afwezigheid van duidelijke instructies voor het gebruik van de installatie. Een onderhouds- en serviceplan is noodzakelijk!

Laten we de laatste twee punten (hoofdstuk II.2 en II.3), namelijk de vragen in verband met de plaatsing en het onderhoud, verder uitwerken alvorens over te gaan tot technische oplossingen zoals het inbouwen van een geluiddemper, de plaatsing van geluidwerende schermen, de omkasting en de isolatie tegen trillingen (hoofdstuk II.4).



II.2. WELKE INPLANTING KIEZEN?

De inplanting van HVAC-installaties is van cruciaal belang in verband met de problematiek van het geluid dat deze kunnen veroorzaken in de stad. Het is hierbij interessant de akoestische aspecten van de verschillende inplantingen uit te werken. Hierbij dienen de stedenbouwkundige voorschriften in acht te worden genomen.

De belangrijkste inplantingscategorieën zijn:

- inplanting op het dak;
- in de voorgevel, of de gevel waar er sowieso het meeste lawaai is;
- in de achtergevel, of de rustige gevel;
- in technische ruimten.

Wat kunnen we over deze verschillende locaties zeggen in verband met geluid? Het is onmogelijk te veralgemenen en te bepalen in welke situatie men zeker is dat er zich geen enkel geluidsprobleem zal voordoen, of omgekeerd dat men zeker is dat er wel geluidsproblemen zullen optreden.

Laten we niettemin de volgende punten aanhalen:

- Een inplanting op het dak, vooral terugspringend ten opzichte van de gevels, is de meest voordelige locatie, op voorwaarde dat er zich geen woonvertrekken op de hoogte van dit dak bevinden, en vooral ook niet hoger. De dakranden kunnen een zeker schermeffect creëren, en door het terugspringen is het mogelijk later eventueel geluiddempende voorzieningen aan te brengen die bijzonder doeltreffend kunnen zijn.
- Een inplanting in de straatgevel heeft als voordeel dat het omgevingsgeluid van de stad (het "geraas") of van de straat een maskerend effect kan hebben op het geluid van de HVAC-installatie. Dit geldt echter alleen bij een voldoende grote verhouding tussen het omgevingsgeluid en het specifieke geluid van de installaties, wat niet altijd evident is, behalve in zeer drukke wijken.
- Een inplanting in een achtergevel, een rustige gevel of in rustige wijken (bijv.: de binnenkant van huizenblokken) is bijzonder kritiek voor HVAC-installaties, omdat het omgevingsgeluid in dergelijke omstandigheden zeer laag kan zijn (lager dan 40 of zelfs 35 dB(A) overdag; lager dan 35 of zelfs 30 dB(A) 's nachts). Hoe dan ook zullen HVAC-installaties, zelfs de beste, altijd hoorbaar zijn door hun typische kenmerken (continu geluid van tonale aard). Heel vaak is een aanpassing van de werkingstrijden of werkingsregimes dan ook de enige remedie voor een niet-conforme situatie.
- De inplanting van de HVAC-installaties in technische ruimten heeft als voordeel dat de wanden van deze ruimten doeltreffende geluiddempers kunnen zijn, op voorwaarde dat deze een goede akoestische isolatie bieden, en deze niet wordt tenietgedaan door ventilatieroosters die niet geluiddicht zijn gemaakt en/of onvoldoende akoestisch geïsoleerde luchtopeningen (aanzuig of afzuiging) (zie verderop).

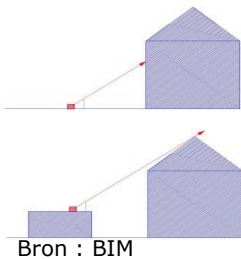


Hieruit kunnen twee extreme situaties worden afgeleid:

- altijd gunstig: inplanting van de uitrusting in technische ruimten op het dak;
- altijd ongunstig: inplanting in open lucht, op het gelijkvloers in een rustige zone, vooral als deze zone bovendien akoestisch zeer sterk weerkaatsend is (bijv.: gesloten huizenblok).

Valstrikken die men dient te vermijden bij de locatiekeuze

- vermijd locaties waarbij de omwonenden van boven op de installatie kunnen kijken;
- richt de uitlaatopeningen en/of de meest luidruchtige delen van een installatie niet naar de omliggende woningen;
- richt deze installaties niet naar weerkaatsende wanden die het beoogde doel zouden kunnen tenietdoen: desnoods behandelt u al deze wanden met een geluidsabsorberende bekleding (hoofdstuk II.4.5);
- elke luchtinlaat- of luchtuitlaatopening en elk rooster voor natuurlijke ventilatie van een technische ruimte moet uiteraard zo ver mogelijk van de omliggende woningen worden geplaatst en correct worden gericht;
- vermijd installaties in weerkaatsende "schoorstenen" of "gangen", aangezien een dergelijke locatie over het algemeen het geluid versterkt. Als er geen andere keuze mogelijk is, dient u de wanden te bekleden met absorberende materialen (zie hoofdstuk II.4.5)



Tips

- plaats de uitrusting (indien mogelijk) zo ver en zo hoog mogelijk ten opzichte van de te beschermen omwonenden (buiten het zicht plaatsen) en maak gebruik van obstakels (muren, schermen, vertrekken) als geluidwerende schermen (principe: plaats de omwonenden zo laag mogelijk in de schaduwzone van de geluidwerende schermen, zoals in de illustratie hiernaast);
- draai de luidruchtige kant van de uitrusting weg van de omwonenden naar minder gevoelige zones, op voorwaarde dat er geen nabijgelegen weerkaatsende wanden aanwezig zijn;
- maak gebruik van het "maskeereffect" dat het bestaande omgevingsgeluid (buiten de VAC-installatie) kan hebben: richt de restgeluidsbronnen naar de meest lawaaierige zijden van de omgeving (een verkeersader bijvoorbeeld).



II.3 ONDERHOUD EN VEROUDERING

Zelfs als een HVAC-installatie correct is gedimensioneerd in functie van haar omgeving, kan de veroudering altijd een negatieve invloed hebben op haar mechanische en/of elektrische prestaties, wat meestal een verhoging van het uitgestraalde geluid met zich meebrengt.

Bovendien kan een slecht berekende geluidwerende voorziening tot een versnelde veroudering van de uitrusting leiden: een te hoge leidingweerstand vormt een belasting voor alle mechanische onderdelen en kan de stabiliteit van de elektrische bedrijfstoestand van de bijbehorende motor wijzigen. Anderzijds kan een slechte ventilatie van de uitrusting, veroorzaakt door een ongeschikte geluidwerende voorziening, eveneens de installatie doen verouderen en zelfs een risico op oververhitting betekenen.

Daarom wensen wij te benadrukken dat deze installaties niet zonder regelmatig onderhoud en nazicht mogen werken, uit te voeren volgens de voorschriften van de fabrikant, die op hun beurt moeten overeenstemmen met de specifieke bedrijfstoestand waarvoor de uitrusting is gecertificeerd.

Men dient er dus zorgvuldig op toe te zien dat het gebruik van de installaties overeenstemt met de voorschriften van de fabrikanten en dat het onderhoud ervoor zorgt dat zij hiermee in overeenstemming blijven.

Hieronder geven wij een - weliswaar onvolledig - overzicht van de verschillende verouderingsproblemen van dit soort uitrusting:

- beschadiging van de kogellagers en lagers van de motoren,
- oververhitting (zelfs kortstondig) van de motoren,
- beschadiging van de mechanische transmissies,
- vervuiling en/of beschadiging van de ventilatorschoepen,
- corrosie van bewegende onderdelen,
- vervuiling van filters, geluiddempers, warmtewisselaars,
- beschadiging van de akoestische isolatiematerialen als gevolg van de trillingen,
- beschadiging van de akoestische dichtingen,...

Men dient dus onder andere:

- De warmtewisselaars te reinigen
- Draaiende of trillende elementen na te kijken
- De roosters te reinigen
- De filters te vervangen
- De ophanging, de bevestigingen en soepele aansluitingen te controleren
- De dichtheid van bekledingen en overkappingen te controleren



II.4 GELUIDWERENDE OPLOSSINGEN

Wij hebben de aspecten in verband met de keuze van de uitrusting, haar locatie en haar onderhoud besproken. Dit zijn essentiële handelingen, aangezien zij plaatsvinden aan de bron van het geluid.

Als dit onvoldoende blijkt of in geval van een bestaande uitrusting, dient men zijn toevlucht te nemen tot geluidwerende oplossingen.

Laten we even de belangrijkste akoestische correctiemaatregelen overlopen waarmee het geluid van ventilatie- en airconditioningsinstallaties kan worden verminderd.

II.4.1 DE GELUIDDEMPER



Elke luchtinlaat of -uitlaat kan worden uitgerust met een geluiddemper.

Wat is een geluiddemper? Geluiddempers passen het natuurkundige principe toe dat zegt dat de intensiteit van het geluid afneemt met de afstand die het aflegt. Men zal dus proberen het geluid een zo lang mogelijke weg te laten afleggen in een gesloten behuizing, alvorens het te laten ontsnappen naar de omgeving.

Bron : BIM



Geluiddempers kunnen op basis van absorptie werken ("passieve" geluiddempers), door weerkaatsing van de geluidsgolven naar de bron ("actieve" geluiddempers) en op basis van faseverschuiving (tegenfase), en dit hetzij geometrisch (veranderingen van de doorsnede...) of elektronisch.

Bron: BIM



De absorptiegeluiddemper (dissipatieve geluiddemper)

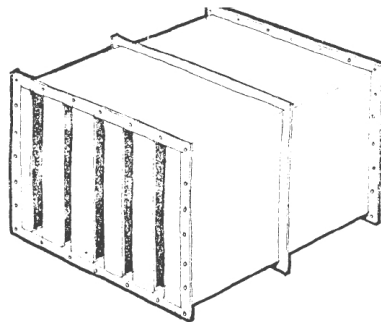
De absorptiedemper wordt het vaakst gebruikt in ventilatie- en klimaatregelingsinstallaties. Hij is namelijk zeer geschikt voor een efficiënte absorptie van breedbandgeluid en voor middelhoge en hoge frequenties.

Fysiek wordt de akoestische energie van het geluidssignaal geabsorbeerd door de wanden en omgezet in warmte, zoals uitgelegd in hoofdstuk II.4.5.

Om zuivere tonen of geluiden van lage frequenties te dempen, kan men beter een actieve geluiddemper overwegen (zie verderop).

Rechthoekige geluiddempers

Deze geluiddempers bevatten afwisselend dunne lagen absorberend materiaal en nauwe doorgangen. Het principe bestaat erin lucht te laten circuleren tussen de platen absorberend materiaal, zoals minerale wol van hoge dichtheid (bijvoorbeeld 60 kg/m^3), absorberplaten genoemd. De geluiddemping van een geluiddemper is afhankelijk van de dikte van de absorberplaten, de afstand tussen twee absorberplaten en de lengte hiervan. De standaard technische gegevens van een dergelijk product vermelden vaak de afstanden, de lengtes en de akoestische prestaties (zie verderop) per frequentieband.

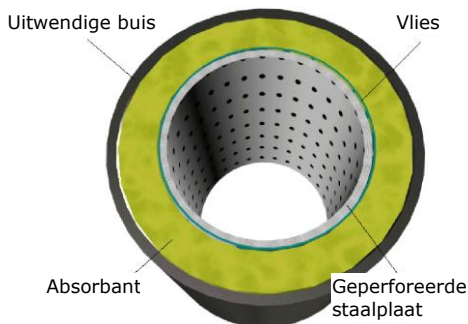


Bron : ATIC



Cylindrische geluiddempers

Er bestaan ook cilindrische geluiddempers waarbij het absorberend materiaal is bekleed met een geperforeerde buis. Deze dempen het geluid minder goed dan een rechthoekig model, maar ze veroorzaken minder leidingverliezen. Voor de grootste diameters is dit type geluiddemper bovendien uitgerust met een centrale cilinder (bulb genoemd) om de prestaties te verbeteren.



Bron : Energie +





Bron : ATIC

Deze geluiddempers worden vooral gebruikt voor de aanzuig- en persleidingen van axiale ventilatoren en in ventilatieleidingen.

Er bestaan ook cilindrische geluiddempers voor centrifugale ventilatoren.



Bron : Energie +

Dakextractoren, voorzien van een geluiddemper



Bron : Energie +



Bron: BIM



Actieve geluiddempers (reactieve dempers)

Actieve geluiddempers werken op basis van weerkaatsing van de geluidsgolven door veranderingen in de geometrie, zoals veranderingen van de doorsnede, om de oorspronkelijke golf op te heffen.

Actieve geluiddempers zijn evengoed in staat complexe geluiden als zuivere tonen of geluiden met een uitgesproken toonhoogte (motoren...) tegen te houden. Ze zijn eveneens doeltreffend om zonder enige selectiviteit lage frequenties te dempen. Zo kunnen ze een goede aanvulling zijn voor absorptiedempers, omdat een dergelijke combinatie geluidsniveaus kan dempen over brede frequentiebanden, gaande van lage tot hoge frequenties.

De actieve geluiddempers kunnen rechtstreeks worden ingebouwd in een netwerk van ronde kokers, maar voor rechthoekige kokers zijn aanpassingsstukken noodzakelijk.

Turbulenties in de luchtstroom verminderen de prestaties van dit type geluiddempers. Men dient er dus op te letten dat ze in een deel van het netwerk worden geplaatst waar de lucht zich zo uniform mogelijk verdeelt over de volledige doorsnede.

We vermelden hier eveneens de elektronische geluiddemper. Het principe hiervan bestaat erin dat met behulp van een elektronische kring een golf wordt gecreëerd die in fase verschoven is ten opzichte van de geluidsgolf die zich in het netwerk voortplant, en die deze laatste opheft. Het aanwezige geluid in de koker wordt door de waarnemingsmicrofoon (nabij de ventilator) naar de elektronische rekeneenheid gestuurd. Deze analyseert het binnengekomen signaal, ontleedt het, berekent het omgekeerde signaal en stuurt dit terug naar de luidspreker. Deze laatste zendt het op die manier gecreëerde omgekeerde geluid uit in de luchtstroom, dat op destructieve wijze interfereert met het aanwezige geluid om het te dempen. Een controlemicrofoon (tegenover de ventilator) stuurt het resulterende gedempte geluid naar de rekeneenheid zodat deze de demping kan corrigeren en optimaliseren.

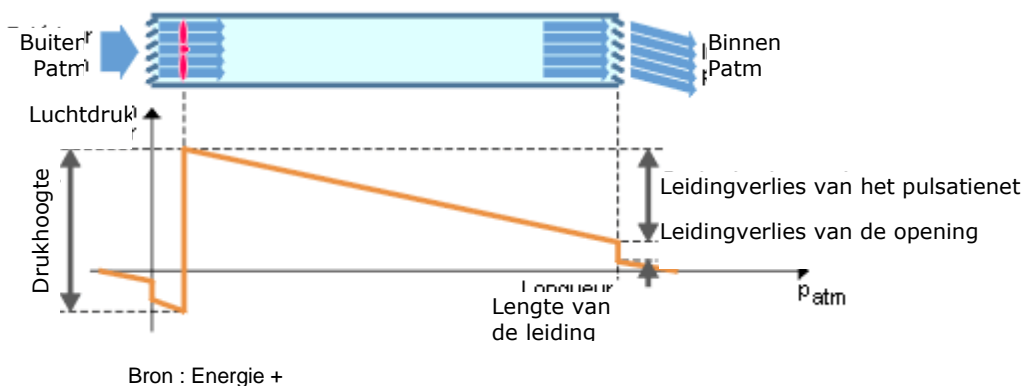
Voordelen van geluiddempers

Een akoestisch, aëraulisch en elektronisch goed berekende geluiddemper kan worden beschouwd als een ingreep aan de bron die het geluid vermindert in alle voortplantingsrichtingen en dus voor de hele omgeving...



Nadelen en remedies

- Een geluiddemper kan groot en zwaar zijn, en daardoor een ontoelaatbare belasting voor de constructie vormen;
- Toch moet de doorsnede ruim genoeg zijn om geen geluid op te wekken door de doorstromingsnelheid van de lucht... De geluidsemissie van een geluiddemper komt niet enkel van de luchtinlaat- en -uitlaatopening (zuigzijde-perszijde) maar ook van de behuizing. Dit is belangrijk wanneer een geluiddemper buiten een gebouw in open lucht wordt geïnstalleerd (stromingsgeluid met lage frequenties). Het relevante gegeven op de karakteristieke fiche van het product is het gegeven dat rekening houdt met dit rompgeluid; we spreken van "praktische" geluidsdemping van de geluiddemper.
- De efficiëntie van een geluiddemper varieert met de frequentie. Men dient erop toe te zien dat men een goed beeld heeft van de efficiëntie van de geluiddempers in de verschillende frequentiebanden.
- Herinner u dat, zoals uitgelegd in het eerste deel (1.4), de efficiëntie van een geluiddemper verwaarloosbaar is in het geval van een axiale ventilator, gezien de problemen met de leidingverliezen...



- Zoals reeds gezegd (en zie eveneens hieronder), kan een geluiddemper leidingverliezen veroorzaken (soms is men geneigd overgedimensioneerde (en dus duurdere) geluiddempers te installeren) die de ventilator dwingen af te wijken van zijn ideale werkingpunt (mechanische en/of elektrische risico's, overmatig stroomverbruik); om de leidingverliezen te beperken:
 - kies de minst luidruchtige ventilatoren, wat betekent dat men streeft naar het optimale rendement,
 - overschat de reële dempingsbehoeften niet,
 - kies ronde geluiddempers, die minder leidingverliezen veroorzaken. Dit is niet altijd mogelijk wanneer er grote debieten in het spel zijn; ronde geluiddempers bieden dan onvoldoende demping.



De keuze van een geluiddemper is per slot van rekening een compromis tussen de beoogde geluiddemping, de leidingverliezen die gepaard gaan met het gebruik ervan, en de omvang van zijn installatie.



Bron : Bim

II.4.2 GELUIDWERENDE SCHERMEN

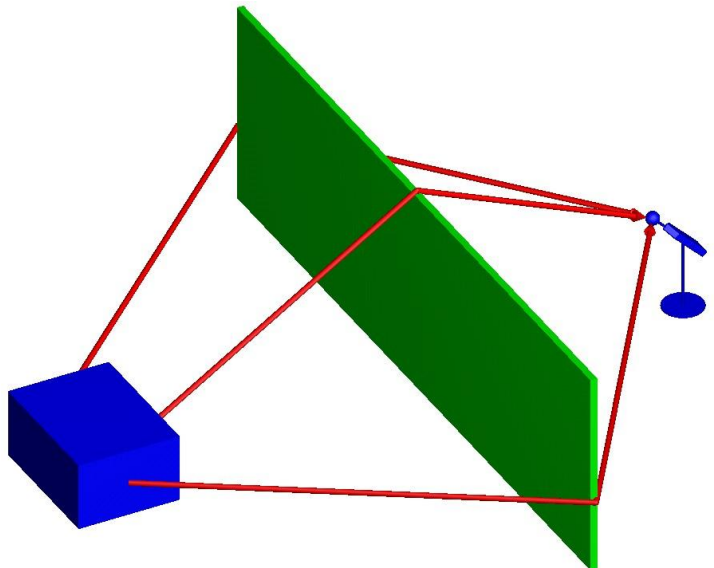
Een geluidwerend scherm is een obstakel voor de voortplanting van het geluid tussen de plaats van emissie (de uitrusting) en een of meerdere immissie ontvangpunten in de omgeving.



Source : ATIC

Men kiest voor een scherm wanneer een vermindering van een tiental dB beoogd wordt, daarboven moet men aan een overkapping denken (zie volgend deel).

Bron : Bim



Er bestaan schermen in verschillende materialen, bijvoorbeeld plaatstaal in combinatie met minerale wol (absorberend)... Sommige zijn modulair en kunnen makkelijk aan elke situatie worden aangepast. Men dient rekening te houden met de weerstand tegen temperatuurschommelingen en weersinvloeden...

We verwijzen de lezer naar bijlage II voor een basisschatting van de geluidsvermindering die een geluidwerend scherm oplevert.

Karakteristieken en tips voor de schermen



Bron: BIM

- Voor een gegeven frequentie geldt dat hoe meer de afgelegde weg van het geluid wordt verlengd, hoe doeltreffender het scherm is. Men dient er dus voor te zorgen dat de bron zich zo dicht mogelijk bij het scherm bevinden.
- Het is belangrijk aan weerszijden zo ver mogelijk buiten de zone uit te steken. Het komt er dus op aan minstens het zichtbare gedeelte van de geluidsbron af te schermen en zo mogelijk meer.
- Hoe hoger de frequentie van de bron, hoe belangrijker de rol van het scherm.
- Het scherm moet voldoende zwaar zijn (minimaal 30 kg/m² oppervlakttemassa).
- Weerkaatsende schermen (hout, glas, methacrylaat) moeten hellend worden geplaatst om het geluid niet te weerkaatsen naar de woningen.
- Houd ook rekening met de invloed van de bodem en de eindige lengte van het scherm (randeffecten).

De gebruikte materialen moeten een voldoende grote akoestische isolatie (zie II.4.3) bezitten en de naar het geluid gekeerde zijde moet een voldoende hoge akoestische absorptiecoëfficiënt bezitten om te verhinderen dat het geluid weerkaatst tussen het scherm en de machine en zo over het scherm heen gaat. In de praktijk moet men denken aan een akoestische isolatie in de orde van 10 dB (in elk geval, ten minste 7 dB) boven de schermwerking die men van het scherm verwacht om ervoor te zorgen dat de geluidsbelasting die door het scherm gaat te verwaarlozen is ten opzichte van de gediffracteerd belasting (zie hoofdstuk II.5 in verband met de optelling van twee geluidsbronnen).

Wanneer het goed wordt toegepast, kan dit hulpmiddel verschillende bronnen afschermen... Het kan ook een voordeel bieden om een rechtstreeks uitzicht op de technische installaties af te schermen!

De bevestiging van de geluidwerende schermen moet altijd goed bestudeerd worden tov de winddruk, vooral op daken;

De bevestigingen moeten altijd onafhankelijk zijn van de installatie of van de draagstructuur, anders gaan de schermen de trillingen van de installatie nog versterken (luidsprekereffect);



II.4.3 OVERKAPPING EN TECHNISCHE RUIMTE

Principe

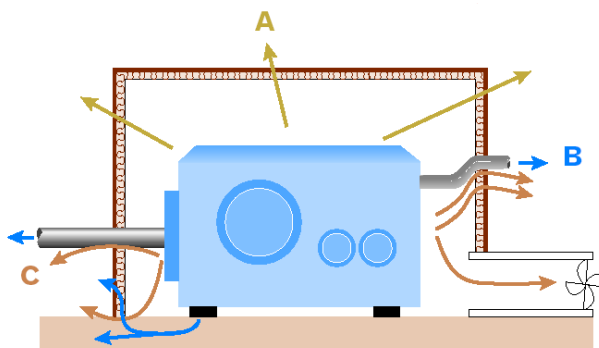
Het principe van de overkapping of het in een technische ruimte plaatsen van de installatie, bestaat erin de geluidsbron te omringen met een doorlopend scherm en ze te bedekken met een dak.



Het geheel moet zo geluiddicht mogelijk zijn. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van een kist, een overkapping bekleed met absorberend materiaal of een technische ruimte.

Bron : ATIC

De tekening hieronder laat zien via welke wegen de geluidsoverdracht vanuit een omkasting kan plaatsvinden:



Bron : INRS

Elke kleur symboliseert een verschillende overdrachtswijze:

Weg A: geluidsoverdracht door de lucht via de wanden van de omkasting

Weg B: overdracht van de trillingen van de machine via de vaste verbindingen en raling van de op die manier in trilling gebrachte structuren, zoals bijvoorbeeld de anden van de omkasting,

Weg C: overdracht via lekken en openingen (hier de ventilatie).

In de volgende hoofdstukken komen de verschillende elementen aan bod waarmee rekening moet worden gehouden voor een goede omkasting.

Efficiëntie van de omkasting

Over het algemeen neemt de efficiëntie van de omkasting toe naarmate ze zwaarder is (houd echter rekening met de stabiliteitseisen) en de frequentie van de bron hoger is (doorgaans minder efficiënt bij lage frequentie).

Bron : ATIC



Over het algemeen neemt de efficiëntie van de omkasting toe naarmate ze zwaarder is (houd echter rekening met de stabiliteitseisen) en de frequentie van de bron hoger is (doorgaans minder efficiënt bij lage frequentie).

Kies de massa en de dikte van de overkapping op basis van de frequentie van de geluidsbron.

Niettemin dient bij de dimensionering van de kap ook rekening te worden gehouden met andere verschijnselen, zoals:

- de kritische frequentie (buigfrequentie) van de overkapping (zie verderop),
- de eigenfrequenties van de omkasting,
- en de versterkingsfrequentie bij lage frequentie (resonantie frequentie van het omkastingssysteem...

...stuk voor stuk factoren die de efficiëntie van de overkapping doen afnemen! Dit is dus specialistenwerk waarvan de dimensionering niet zomaar lukraak mag gebeuren...

Er wordt hier op gewezen dat een koppeling tussen machine en overkapping kan ontstaan via de lucht. Raadpleeg een specialist voor de minimumafstand die moet worden bewaard tussen de uitrusting en haar omkasting.

De trillingen aspecten zullen verderop worden besproken.

Tot slot wordt de efficiëntie van een omkasting gemeten op basis van het invoegingsverlies (verschil van de geluidsniveaus met en zonder omkasting). Hoe hoger deze waarde, hoe beter de omkasting.

Technische ruimte

Een technische ruimte vormt op zich al een volwaardig middel om het naar buiten uitgestraalde geluid van ventilatie- en airconditioningsinstallaties te verminderen.



Bron : Bim

Anderzijds kunnen deze ruimten een goede oplossing bieden voor het soms weinig fraai ogende esthetische aspect van bepaalde installaties die "in open lucht" worden geplaatst.



Bron : BIM

Het is onmogelijk hier de "prestatie" te preciseren van een technische ruimte die gebruikt zou worden als maatregel tegen de uitstraling van het geluid van een ventilatie- en airconditioningsinstallatie naar buiten: deze kan gaan van 0 tot 50 dB(A) (hoger dan een eenvoudige overkapping), en de kostprijs kan onbegrensd oplopen.

Het is duidelijk dat de bouw van een technische ruimte of verdieping aan grondige studies (berekeningen) moet worden onderworpen, gezien hun invloed op de structuur van het gebouw enz. De technische ruimte is in de meeste gevallen enkel voorbehouden voor nieuwe projecten.

Zie bijlage III voor de basisevaluatie van het geluidsvermogen van de technische ruimte. In combinatie met de modellering van het geluid in open lucht maakt dit mogelijk het geluidsniveau te berekenen ter hoogte van de gevel van een gebouw die is blootgesteld aan de door de technische ruimte afgegeven geluidsniveaus.

Alles wat geldt voor de overkapping, geldt uiteraard ook voor de technische ruimte.

Laten we in dit verband twee doorslaggevende aspecten voor een goede efficiëntie van een omkasting bespreken: de dichtheid hiervan en de aard van de wanden waaruit de omkasting is opgetrokken.

Luchtinlaten en –uitlaten, openingen en lekken

De luchtinlaten en –uitlaten hebben een grote invloed op de uiteindelijke efficiëntie van de omkasting of de technische ruimte. Niettemin zijn deze openingen noodzakelijk voor de werking (luchttoevoer en –afvoer) en het onderhoud van de installaties.

De demping van de geluiden via deze inlaten / uitlaten en elke mogelijke opening is van cruciaal belang. Het verdient dan ook ten zeerste aanbeveling geluiddempers (uitgerust met lamellen om hun werking uit te breiden naar de hoge frequenties) in te bouwen achter normale roosters, "stille" roosters (zie verderop) of "akoestische tunnels", met:

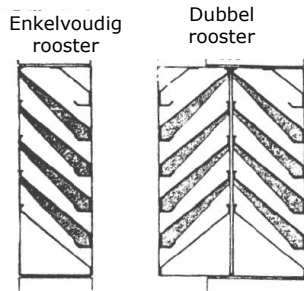
een voldoende grote vrije doorlaat om het (kunstmatige of natuurlijke) luchtdebiet te garanderen (bijvoorbeeld om de warmte van een uitrusting af te voeren³),

een voldoende grote demping om van de volledige behuizing gebruik te kunnen maken als "akoestische isolatie" (zie verderop).

³ Leefmilieu Brussel is de benaming, naar het publiek toe, van het Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM), de administratie voor leefmilieu en energie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. In alle administratieve en juridische handelingen wordt de wettelijke benaming "BIM" gebruikt.



De akoestische roosters dempen de geluidsemissie door diffractie en resonantie. Ze zijn verkrijgbaar in enkelvoudige of dubbele uitvoering. Het gaat hierbij vaak om geperforeerde platen en matten (glaswol...).



Enkele typische grootteordes van geluiddemping die men aantreft op de markt:

Bron : ATIC

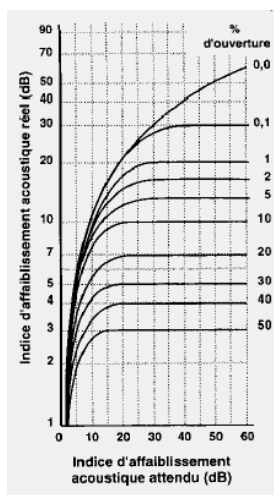
Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Enkel rooster dB	5	5	7	12	18	21	16	16
Dubbel rooster dB	8	9	12	21	32	34	32	32

De leidingverliezen veroorzaakt door deze akoestische roosters en bij een luchtsnelheid van 2 m/s zijn benaderende waarden:

- roosters in enkelvoudige uitvoering: 50 Pa
- roosters in dubbele uitvoering: 100 Pa.



Bron: BIM



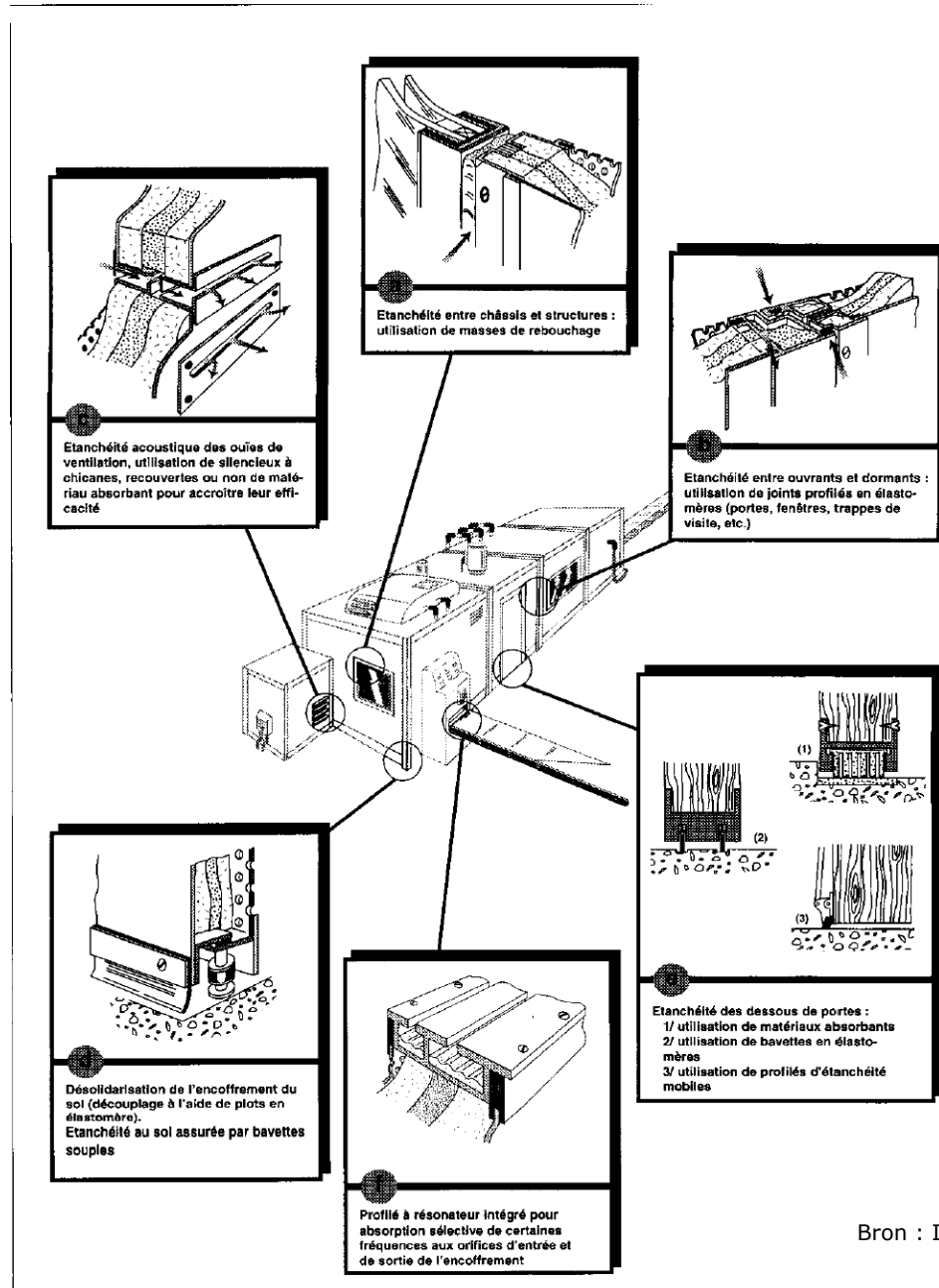
Het is eveneens belangrijk elke andere opening, hoe klein ook, te behandelen. Deze lekken verminderen de efficiëntie van de overkapping, vooral voor de hoge frequenties. De grafiek hiernaast toont het verlies aan isolatierendement in functie van het percentage opening.

Bron: BIM

Men ziet bijvoorbeeld dat met een openingspercentage van 1%, en voor een geluidsverzwakkingsindex die van 20 dB wordt verwacht, de echte geluidsverzwakkingsindex ongeveer 2 lagere dB zal zijn. Als het tarief van percentage tot 5% overgaat, zal de echte geluidsverzwakkingsindex ongeveer 7 dB lager zijn dan de verwachte index.



Afhankelijk van het soort opening, moet voor het dichting van de akoestische lekken gedacht worden aan het gebruik van een vulmassa (met een hoge dichtheid voor een goede akoestische efficiëntie en waarbij krimp door uitdroging moet worden vermeden), dichtingsprofielen of soepele slabben in elastomeer... Onderstaande tekening toont enkele voorbeelden die besproken worden in dit hoofdstuk.



Bron : INRS



Geluidsabsorptie

Het kan nuttig zijn geluidsabsorberende materialen aan te brengen binnenin de omkasting om inwendige weerkaatsing te beperken, die het door de buitenwanden uitgestraalde geluid nog zou versterken. Zie in dit verband hoofdstuk II.4.5.

Geluidsisolatie

Wat de materiaalkeuze voor de wanden betreft, verwijzen wij de lezer naar de klassieke geluidsisolatietechnieken, waarvan wij hier vlug de grote lijnen meegeven.

De wanden moeten een goede geluidsisolatie garanderen, wat niet altijd evident is als men gebruikmaakt van licht bekledingsmateriaal: let erop dat de bekleding goed geluidsisolerend is, en niet alleen thermisch isoleert (polyurethaan bijvoorbeeld is geen geluidsisolator).

- Kies wanden op basis van hun geluidsverzwakkingsindex "R". Deze "R" waarde varieert naar gelang de frequentie. Ter illustratie van de geluidsisolatie: enkelwandige stalen deuren hebben een "R" waarde van ongeveer 30 dB; dubbelwandige stalen deuren met een vulling van minerale wol, met een totale dikte van 50 mm, hebben een "R" waarde van 35 tot 40 dB; dubbelwandige stalen deuren met een vulling van minerale wol, met een totale dikte van 100 mm (zware constructie), hebben een "R" waarde van ongeveer 45 dB.
- We gaan hier niet dieper in op de akoestische eigenschappen van wanden, maar u moet weten dat de geluidsverzwakkingsindex van een enkele wand proportioneel toeneemt met de logaritme van de massa en de frequentie, en een rendementsval vertoont bij een bepaalde frequentie die de kritische frequentie wordt genoemd. Die kritische frequentie is afhankelijk van het materiaal en zijn dikte⁴. Kies de wanddikte op basis van de gewenste prestaties en de frequenties van de installaties die moeten worden geïsoleerd, en vermijd daarbij dat de kritische frequentie van de wanden overeenstemt met piekfrequenties uit het geluidsspectrum van de te isoleren bron.
- Voor dubbele wanden moet, buiten de kritische frequenties van de afzonderlijke wanden, ook rekening worden gehouden met een rendementsval bij lage frequentie (resonantiefrequentie van het dubbele systeem). Buiten deze zones is de isolatie beter dan met een enkelvoudig systeem, vooral in de middelhoge en hoge frequenties!
- Houd er rekening mee dat de geluidsisolatie van de zwakste wand bepalend is voor de prestaties van het hele systeem!

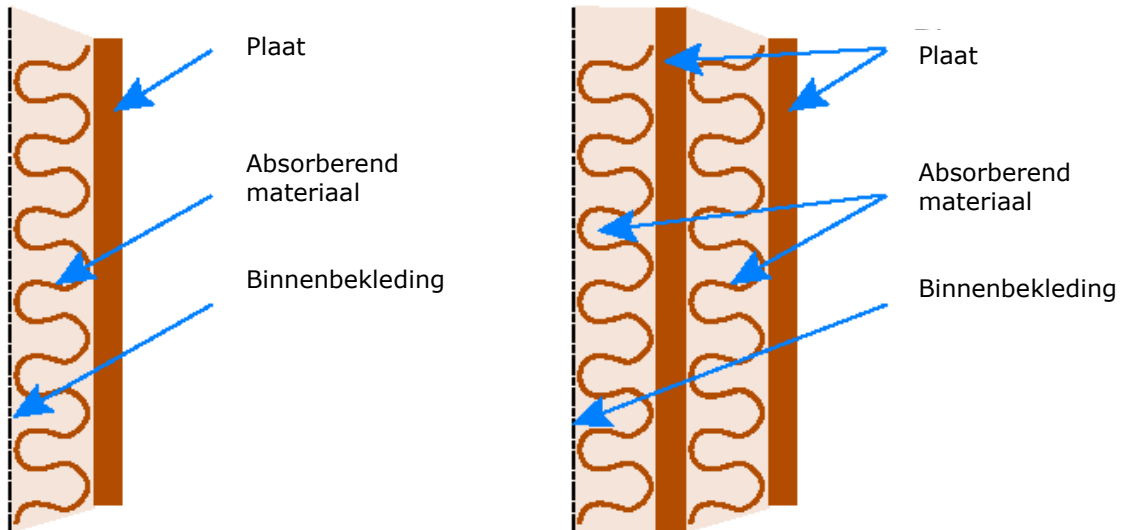
Opbouw van de wanden van een omkasting

De draagplaat van een omkasting kan massief zijn, in hout, staal, of een gelaagde plaat of een composietpaneel. Ze kan ook worden verzwaard (met een laag lood) of gedempt (visco-elastisch materiaal). Ze kan ook enkelvoudig of dubbel worden uitgevoerd. Om de geluidreflecties binnenin de omkasting te beperken, wordt de plaat bekleed met een absorberend materiaal (zie verderop). Een binnenbekleding (geperforeerde wand) beschermt het vezelmateriaal.

Ook de akoestische prestaties van deuren, vensters, ... mogen uiteraard niet worden over het hoofd gezien.

⁴ kritische frequentie (van het materiaal)*dichtheid (van het materiaal) = constante (hangt af van het materiaal)





Bron : INRS

Bij wijze van voorbeeld geven we hier enkele oplossingen voor de omkasting van ventilatoren (één aanzuigopening):

- Isolatie van ongeveer 10 dB(A) → bekleding van het buitenoppervlak bestaande uit een met lood versterkte neopreenlaag bovenop een mat van synthetisch absorberend schuimmateriaal
- Isolatie van ongeveer 10 tot 20 dB(A) → kast met gesloten buitenwand (lood, staal, aluminium of gyproc) rond een laag minerale wol van minimaal 50 mm dik. De geluidsdemping is afhankelijk van de bevestiging van de buitenwand ten opzichte van de geluidsbron (star of soepel).
- Isolatie van meer dan 20 dB(A) → dubbelwandig geluiddempende kast rond de motorventilator. Deze kast bestaat uit een buitenwand in plaatstaal en een binnenbekleding in absorberend materiaal. De kast is eveneens voorzien van ventilatieopeningen (afkoeling van de motor), leidingdoorvoeren, toegangsluiken, enz. Indien de betreffende kast een maximale geluidsdemping moet verzekeren, zal zij op een zwevende vloerplaat moeten worden geplaatst (zie verderop).

Trillingen

Men dient bijzondere aandacht te schenken aan de trillingsopwekking van de overkapping of de technische ruimte en de ontkoppeling van de uitrusting en haar isolatie, teneinde trillingen en geluidsemisatie van de isolatie te vermijden.

Een technische ruimte biedt een goede gelegenheid om een grote gemeenschappelijke zwevende vloerplaat aan te leggen (efficiënter dan verschillende kleine platen) om mogelijke problemen met de voortplanting van de trillingen van de uitrusting naar de gebouwstructuur te beperken, waarbij het gebouw deze trillingen als een bijkomend geluid zou afstralen...

Deze aspecten komen aan bod in het volgende deel.



II.4.4 TRILLINGEN

Inleiding

Tot nu toe hebben wij gekeken naar de geluidsvoortplanting in open lucht van een ventilatie- of airconditioningsinstallatie naar zijn omgeving, dit wil zeggen buiten de betreffende gebouwen.

In de praktijk wordt een ventilatie- of airconditioningsinstallatie nooit zonder andere technische en/of architecturale consequenties in zijn omgeving geïnstalleerd.

Met moet deze problematiek dus bekijken als een geheel van drie los te koppelen elementen: uitrusting-leidingen-gebouw.

Om te beginnen moet de installatie uiteraard worden bevestigd aan de structuur van het gebouw.

Wanneer de structurele controles met betrekking tot de stabiliteit van het gebouw niet correct zijn uitgevoerd, dreigen er andere problemen op te duiken op het ogenblik van de exploitatie.

De geluiden (voortgebracht door de gemotoriseerde, draaiende delen van de installatie en/of een fluidum in beweging) zullen via de bevestigingen van de uitrusting worden overgedragen op de dragende structuur.

Zo zal energie in de vorm van trillingen worden overgedragen op de structuur van het dragende gebouw en op het volledige gebouw dat hiermee in contact staat.

De trillingen kunnen dus via de bevestigingen van een installatie worden overgedragen naar een vloer, een dak, een gevel, een binnenmuur of –wand; naar de burens in hetzelfde gebouw of naar een ander gebouw, en dit over verschillende verdiepingen.

De resonantiefrequenties van de draagstructuren in de meeste gebouwen situeren zich tussen 5 Hz (draagwijdte van 18 meter) en 12 Hz (draagwijdte van 3 meter). De resonantiefrequenties van de meeste bodemstructuren situeren zich tussen 10 en 120 Hz en zijn afhankelijk van de aard van de bodem.

Als we weten dat de gebruikelijke rotatiesnelheden van de machines in HVAC-installaties variëren van 3 Hz (bijv. grote centrifugale ventilatoren bij 180 t/min.) tot 48 Hz (bijv. centrifugale compressoren bij 2.800 t/min.) is het duidelijk dat de kans op resonantie reëel is; vooral in de volgende gevallen:

- langzaam draaiende machines op vloerplaten met grote overspanning
- snel draaiende machines op vloerplaten met geringe overspanning

Deze situaties, gekoppeld aan het feit dat de stijfheid (bepaald door de bijkomende statische doorbuiging onder het gewicht van de machine, zoals we verderop zullen zien) relatief laag is voor vloerplaten met grote overspanning of vloerplaten met beperkte massa, moeten zorgvuldig worden onderzocht.

Het begrip "bevestiging" van een machine kan in deze context worden uitgebreid tot elk ander hard contact tussen de machine en enig ander structureel element van een gebouw.

Zo kan een hard contact tussen de toevoerleidingen en afvoerleidingen van de koelvloeistof en het gebouw eveneens tot ernstige problemen leiden.

De trillingen die worden overgedragen op het gebouw, zijn op twee manieren merkbaar:

- een geluid dat wordt afgestraald door elk trillend element / wand / vloer / plafond binnenin de gebouwen;
- trillingen die men kan voelen.

Beide verschijnselen kunnen hinder veroorzaken voor de bewoners van de in trilling gebrachte vertrekken.



Hieruit kunnen we onthouden dat:

- de trillingsniveaus van een vloer / plafond / wand of enig ander constructie-element van een gebouw, die hoorbaar zijn als luchtgeluiden, veel lager zijn dan de niveaus die nodig zijn om voelbare hinder te veroorzaken op het vlak van trillingen.
- trillingshinder wordt dus eerder veroorzaakt door slecht ontworpen grote machines.

Wat kunnen we hieraan doen?

Om te vermijden dat trillingsenergie wordt overgedragen vanuit de machine / uitrusting, volstaat het de contacten tussen elementen hiervan en het gebouw te dempen. Dit wordt besproken in het volgende punt.

Trillingisolerende steunen

Voor de bevestiging / ophanging van een machine, moet men trillingisolerende elementen voorzien zoals pneumatische of veersystemen, of elastomeren met soepele steunen, of een combinatie van deze elementen. Deze steunen noemen we trillingisolerende steunen of 'silent blocs'.

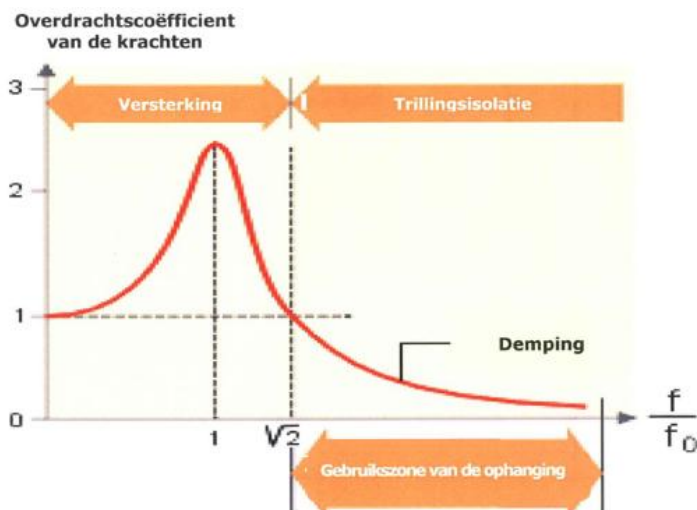
Over het algemeen is het de bedoeling een "eigenfrequentie van het systeem" te kiezen waarboven de trillingsenergie sterk wordt verminderd. Het geheel van massa en steun vormt een verende massa die onderhevig is aan de mechanische trillingswetten en een eigenfrequentie bezit. Deze steunen moeten worden gedimensioneerd op basis van de massa van de uitrusting en de verdeling van deze massa over de dragende vloerplaat, en op basis van de frequentie van de trilling veroorzaakt door de uitrusting (opwekfrequentie genoemd).

De berekening van de eigenschappen van deze trillingisolatie vereist altijd bijzondere aandacht om te voorkomen dat het eindresultaat inefficiënt wordt. In het ergste geval zal het resultaat van een slecht trillingwerend ontwerp de overdracht van trillingen nog versterken wanneer de structuur wordt geëxciteerd op haar resonantiefrequentie...!

De "stijfheid" (elasticiteit) en "damping" (vermogen om de trillingsenergie te absorberen) van de steunen moeten met zorg worden gekozen.

De stijfheid moet namelijk gering zijn (voor een goede ontkoppeling) maar niet nul (de indrukking mag niet tot het uiterste worden gedreven). De damping moet gering zijn (de overdracht zo goed mogelijk reduceren) maar niet nul, want in dat geval riskeert men een sterke trilling van de machine met als gevolg schade of zelfs breuk tijdens de overgang van aanloopbedrijf (start) naar stationair bedrijf, waarbij de opwekfrequentie een frequentiegebied doorloopt, waaronder die van de ophanging.

Voor een goede efficiëntie moet de eigenfrequentie van het trillingwerende systeem 3 tot 4 keer lager zijn dan de opwekfrequentie.



De eigenfrequentie wordt door fabrikanten van trillingdempende contactplaatjes vaak gedefinieerd op basis van de indrukking ("inzakking" onder statische belasting door de massa).

Bron : Energie +



$$f_0 = \frac{5}{\sqrt{\delta(cm)}}$$

Voor veersystemen gebruiken we de vergelijking: $f_0 = \frac{5}{\sqrt{\delta(cm)}}$ waarin f_0 de eigenfrequentie (Hz) is van het trillingdempende systeem en δ de indrukking in cm. Dezelfde vergelijking wordt ook in de volgende vorm gebruikt:

$f_0 = \frac{15,8}{\sqrt{\delta(mm)}}$, waarin f_0 de eigenfrequentie (Hz) is van het trillingdempende systeem en δ ditmaal de indrukking in mm.

Het rendement van de trillingsisolatie wordt gegeven door:

$$\eta = 100(1 - T),$$

$$T = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1}$$

waarin f de opwekfrequentie van de uitrusting is en f_0 de eigenfrequentie van het trillingdempende systeem.

Laten we dit illustreren met een voorbeeld:

de opwekfrequentie van een bron met massa M bedraagt 50 Hz. We nemen een verhouding 5 tussen de opwekfrequentie en de eigenfrequentie van het trillingsdempendessysteem om zeker te zijn dat we in het trillingdempende gebied zitten, dus 10 Hz. Dit stemt overeen met een indrukking van de steun met 0,25 cm. We kiezen dus de steun die een indrukking onder massa M geeft waarvan de waarde in de buurt van 2,5 mm ligt.

Uit de voorgaande beschouwingen leiden we af dat wanneer de rotatiesnelheid (bijvoorbeeld bij een ventilator) laag is, er een sterke statische doorbuiging nodig is (dus zeer soepele trillingdempende systemen). Hoe meer de rotatiesnelheid toeneemt, hoe minder soepel de trillingdempende systemen moeten zijn.

In de praktijk zien we:

- veren die gebruikt worden voor alle eigenfrequenties, maar vooral wanneer deze lager zijn dan 8 Hz,
- soepel steunen op basis van kurkpoeder vermengd met een elastomeer, voor eigenfrequenties hoger dan 8 Hz,
- soepel steunen op basis van elastomeren, voor eigenfrequenties hoger dan 12 Hz,
- een systeem met "zwevende vloerplaat", dit wil zeggen een betonnen sokkel op een mat van minerale wol of soepel kunstschuim, voor frequenties boven 10 Hz. We komen hierop terug.



Source : Energie +



De volgende tabel, die gebaseerd is op theoretische beschouwingen maar ook op de praktijk, geeft de voornaamste eigenschappen van de trillingsisolatiesystemen die voorzien moeten worden voor de onderdelen van HVAC-installaties.

De minimale statische inzakking van de trillingsisolatoren (waarde "C" in de tabel) wordt gegeven in mm, afhankelijk van de uitrusting en de overspanning van de vloerplaat waarop de uitrusting rust, maar ook:

- afhankelijk van het soort isolerende steun (waarde "B"):
 - 1: rubber, neopreen of glasvezel
 - 2: metalen spiraalveren voor steun of ophanging
 - 3: metalen spiraalveren met hoogtebegrenzing
- en afhankelijk van het soort onderstel dat moet worden voorzien ("A"):
 - 4: er is geen onderstel nodig, de isolatoren worden rechtstreeks onder de machine geplaatst ;
 - 5: steunrails om de hoogte te beperken
 - 6: voldoende stijf metalen onderstel
 - 7: betonnen inertieblok

Type machine	Machine opstelling														
	op vaste grond			op 6m overspanning			op 9m overspanning			op 12m overspanning			op 15m overspanning		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Koelmachines															
Absorptiemachine	4	1	6	4	3	25	4	3	25	4	3	45	4	3	45
Compact hermetisch	4	1	10	4	3	25	4	3	45	4	3	45	5	3	65
Open centrifugaal	6	1	10	6	3	25	6	3	45	6	3	45	6	3	90
Zuigercompressor															
500-750 o.p.m.	4	3	25	4	3	45	5	3	45	5	3	65	5	3	90
751 o.p.m en meer	4	3	25	4	3	25	4	3	45	5	3	65	5	3	65
Zuigercompressoren (perslucht of koeling)															
500-750 o.p.m.	4	2	25	4	2	45	7	2	65	7	2	65	7	2	90
751 o.p.m en meer	4	2	25	4	2	25	7	2	45	7	2	65	7	2	65
CV-, warmwater- en stoomketels															
	4	1	6	4	3	25	4	3	25	4	3	45	4	3	65
Pompen															
Monoblocpompen															
tot 4 kW	4	1	10	7	2	25	7	2	25	7	2	25	7	2	25
5,5 kW en meer	7	2	25	7	2	25	7	2	25	7	2	45	7	2	45
Fundatiepompen															
tot 30 kW	7	2	25	7	2	25	7	2	45	7	2	45	7	2	45
37 kW en meer	7	2	25	7	2	25	7	2	45	7	2	65	7	2	65
LS ketens (lage druk tot 150 Pa)															
Opgelassen aan plafond															
tot 4 kW	4	2	25	4	2	25	4	2	25	4	2	25	4	2	25
5 kW en meer															
tot 500 o.p.m.	4	2	25	4	2	45	4	2	45	4	2	45	4	2	45
501 o.p.m en meer	4	2	25	4	2	25	4	2	25	4	2	45	4	2	45
Afgesteund op vloer															
tot 4 kW	4	1	10	4	2	25	4	2	25	4	2	25	4	2	25
5 kW en meer															
tot 500 o.p.m.	4	1	10	5	2	45	5	2	45	5	2	45	5	2	45
501 o.p.m en meer	4	1	10	4	2	25	4	2	25	5	2	45	5	2	45
Centrifugaal ventilatoren en LS ketens (hoge druk : meer dan 760 Pa)															
Vermogen tot 37 kW															
tot 200 o.p.m.	6	1	10	6	2	65	6	2	65	6	2	90	6	2	90
201 - 300 o.p.m.	6	1	10	6	2	45	6	2	65	6	2	65	6	2	90
301 - 500 o.p.m.	6	1	10	6	2	45	6	2	45	6	2	65	6	2	90
501 o.p.m en meer	6	1	10	6	2	25	6	2	25	6	2	45	6	2	90
Vermogen 45 kW en meer															
tot 300 o.p.m.	6	2	45	7	2	65	7	2	90	7	2	90	7	2	90
301-500 o.p.m.	6	2	45	7	2	45	7	2	65	7	2	90	7	2	90
501 o.p.m en meer	6	2	25	7	2	45	7	2	45	7	2	65	7	2	65
Afzuigventilatoren															
tot 37 kW	4	2	25	4	2	25	4	2	25	5	2	45	5	2	65
45 kW en meer	5	2	25	4	2	25	4	2	45	7	2	65	7	2	90
Koeltoerens															
tot 500 o.p.m.	4	1	10	4	1	10	5	3	45	5	3	65	5	3	90
501 o.p.m en meer	4	1	10	4	1	10	5	3	25	5	3	45	5	3	65
Ontploffingsmotoren															
tot 20 kW	7	1	10	7	1	10	7	2	45	7	2	65	7	2	65
21-75 kW	7	1	10	7	2	45	7	2	65	7	2	90	7	2	90
76 kW en meer	7	1	10	7	2	65	7	2	90	7	2	120	7	2	120

Bron :
ATIC



Uitrusting en drager

Vaak wordt de machine star bevestigd op hun eigen onderstel (bevestigingsframe), waardoor het frame zelf geluid en trillingen gaat uitstralen zoals een luidspreker! Dit verklaart ook waarom geluidwerende schermen, evenals overkappingen / kasten, moeten worden geïsoleerd tegen de trillingen veroorzaakt door de installatie. Wanneer dit aspect over het hoofd wordt gezien, maakt men de oppervlakte die geluid uitstraalt nog groter!

Men dient dus ook rekening te houden met het type bevestigingsframe, dat verschilt naar gelang het vermogen van de machine:

- voor installaties met laag vermogen gebruikt men eerder een plaat; we merken een versterking bij lage frequenties. Het overgedragen trillingsniveau is afhankelijk van de massaverhouding tussen de uitrusting en de plaat;
- voor installaties met hoog vermogen gebruikt men balken. De balken zijn tamelijk stijf en hebben hoge resonantiefrequenties. Het komt er op aan te vermijden dat deze frequenties samenvallen met de opwekfrequenties.

De zwevende vloerplaat

De zwevende vloerplaat is vrij moeilijk uit te voeren aangezien er op geen enkele plaats contact mag zijn (muur-, buis-, leidingaansluitingen, ...). Gezien de noodzaak om een quasi permanente controle uit te oefenen tijdens de uitvoering, verkiest men soms de techniek met trillingwerende elementen...! Of anders is aan het eind van de werkzaamheden een controle van de akoestische kwaliteit van de vloerplaat vereist.

Bij HVAC-installaties zijn zwevende vloerplaten bijzonder in die zin dat ze, in vergelijking met de zwevende vloerplaten die vaak gebruikt worden in appartementsgebouwen, eveneens een goede geluidsisolatie moeten bieden bij lage frequenties. Daarom is de klassieke zwevende ondervloer met een dunne en ononderbroken laag trillingwerend materiaal (minerale wol, polystyreen, schuim, enz.) niet de aangewezen oplossing als men wil zakken tot op het niveau van de eigenfrequentie beneden ongeveer 20 Hz.

Daarom en ook vanwege de aanzienlijke belasting door de geïnstalleerde machines, kunnen de eisen die aan het trillingwerende systeem van dergelijke zwevende vloeren worden gesteld, als volgt worden samengevat:

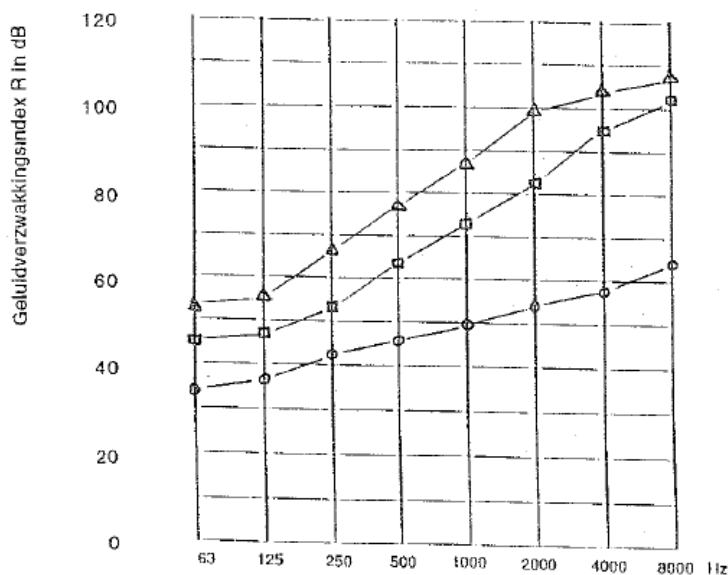
- eigenresonantie lager dan 20 Hz, die min of meer constant blijft gedurende de hele levensduur van het gebouw (maximale stijging met 3 tot 4 Hz)
- een voorspelbaar inzakkingsgedrag afhankelijk van de belasting in statische en dynamische toestand
- een verwaarloosbare permanente samendrukbaarheid in dynamische toestand
- overbelastingscapaciteit zonder gevaar voor beschadiging, permanente samendrukking of wijziging van de eigenfrequentie
- weerstand tegen ongunstige omgevingsomstandigheden.

Het trillingwerende systeem voor zwevende vloerplaten dat voldoet aan de bovengenoemde eisen, bestaat doorgaans uit een verloren bekisting (watervaste multiplex, plaatstaal) die rust op trillingdempende elementen op een onderlinge afstand van 300 tot 600 mm.

Deze prefab panelen worden op het bouwterrein op de structuurvloer geplaatst, eventueel met een vulling van een lichte mat in minerale wol. De omtrek tegen de omgevende wanden krijgt een aangepaste trillingwerende isolatie.

De bekisting wordt waterdicht gemaakt (meerdere lagen polyethyleenfolie) en na plaatsing van de wapeningsnetten wordt het geheel bedekt met een laag beton (doorgaans 10 cm dik).





Figuur 75.

Te verwachten isolaties van speciale zwevende vloeren met flanking en zonder flanking t.o.v. gewone draagvloer van 150 mm beton.

- — ○ : *enkel 150 mm draagvloer*
- — □ : *speciale zwevende vloer 100 mm beton, isolatie 50 mm, draagvloer in beton 150 mm, met flanking*
- △ — △ : *idem zonder flanking (met zwevende zijwanden)*

Bron : ATIC

Andere ontkoppelingen

De ont koppeling van een installatie is specifiek voor elke installatie. De installatieomstandigheden zijn delicaat en de voorschriften van de leverancier moeten in acht worden genomen. Er mogen ook elders geen starre bevestigingen zijn, want deze zouden alle verkregen verbeteringen tenietdoen. Elke andere "brug" die aanwezig kan zijn, buiten de draagsteunen van een installatie, moet inderdaad worden onderbroken door het aanbrengen van isolerende elementen. In de praktijk gebeurt dit door soepele materialen aan te brengen ter hoogte van:

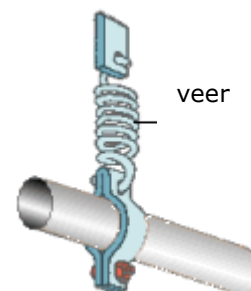
- doorboringen van muren, daken, alle soorten wanden;
- de bevestiging van kokers, buizen, kabels;
- elke omkasting;

om een harde brug te vermijden tussen de bron en het gebouw of elk ander constructie-element. Het beste is de isolatie uit te voeren ter hoogte van de machine zelf, door soepele aansluitingen te kiezen tussen machines en leidingen.

Hiervoor komen traditionele oplossingen zoals visco-elastische beugels, trillingvrije ophangingen, soepele manchetten... in aanmerking

Een voorbeeld: de trillingen van een uitrusting (bijvoorbeeld de compressor) kunnen worden overgedragen op de leidingen.

Bron: Energie +



Zorg ervoor:

- dat de leidingen niet star aan het apparaat worden bevestigd, maak gebruik van soepele moffen, slangen...,
- dat de bevestigingen van de buizen ver genoeg uit elkaar worden geplaatst en soepele moffen worden gebruikt tussen de leidingen en de wanden.

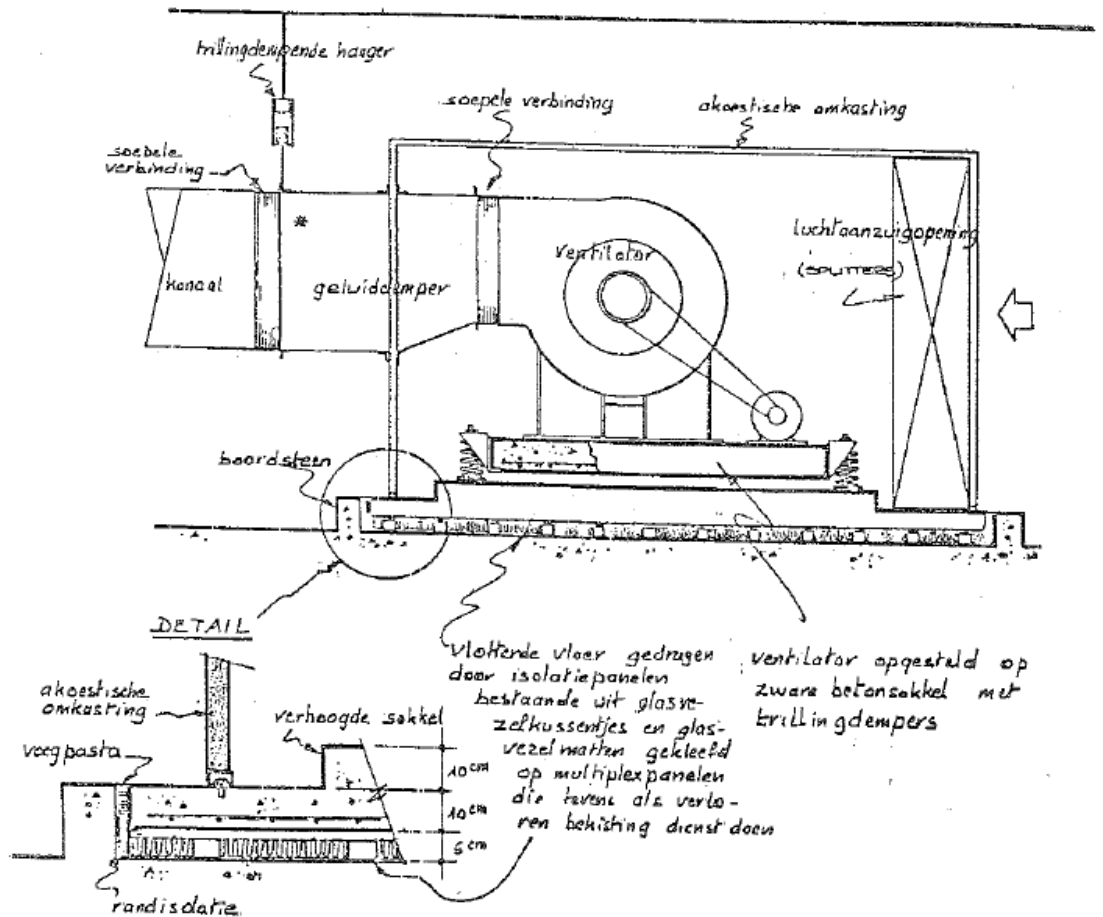
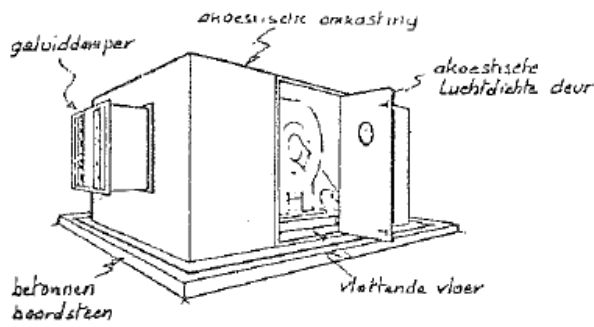
Slangen verliezen hun doeltreffendheid wanneer ze worden gespannen en worden minder efficiënt bij hoge drukwaarden.

Soepele moffen zijn dan weer gevoelig voor afschuifspanningen en worden dus makkelijk beschadigd bij montage.

Bij wijze van samenvatting toont de volgende illustratie alle trillingdempende oplossingen die in aanmerking komen en hierboven beschreven werden. We onthouden hieruit het fundamentele principe dat hoe dichterbij de bron de oplossingen worden gepland, hoe beter het resultaat.



maximale reductie te bekomen is de omkasting te plaatsen op een plaatselijk zwevende vloer met contactgeluid-isolerende afdichting tussen de zijwanden en de vloer (zie figuur 78)



Figuur 78.
Opstelling van dubbel aanzuigende centrifugaalventilator onder akoestische omkasting op plaatselijk zwevende vloer. Alle voorzorgen zijn hier genomen om optimale reductie te bekomen.

Bron : ATIC



II.4.5 ABSORBERENDE MATERIALEN

Absorberende materialen werken volgens het principe waarbij akoestische energie wordt omgezet in warmte via wrijvingsverliezen, in trilling brengen van de structuur, inwendige demping, resonantie, kortom onomkeerbare verschijnselen van energieafvoer. Meestal onderscheiden we drie grote groepen van absorberende materialen:

- poreuze materialen,
- geperforeerde materialen en Helmholtz-resonatoren,
- membranen.

De materialen verschillen naar gelang de frequenties die moeten worden geabsorbeerd: panelen voor lage frequenties, geperforeerde platen voor middelhoge frequenties en poreuze materialen voor hoge frequenties. Wij beperken ons in het kader van dit hoofdstuk tot de poreuze materialen.

Poreuze materialen worden onder andere gekenmerkt door hun poreusheid, hun weerstand tegen luchtdoorgang en hun bochtigheid. De poreusheid moet open zijn opdat er sprake kan zijn van geluidsabsorptie. Materialen met gesloten celstructuur, zoals polystyreen, zijn geen geluidabsorbers!

De akoestische eigenschappen van de materialen worden over het algemeen voorgesteld door de Sabine-absorptiecoëfficiënt (alfa sabine), die wordt bepaald op basis van de nagalmtijd in een nagalmkamer, in aanwezigheid en bij afwezigheid van het materiaal, volgens een genormaliseerde procedure. De coëfficiënt ligt tussen 0 en 1, hoe hoger hij is, hoe beter de absorptie. Voor een goede geluidsabsorptie moet men materialen nemen met een coëfficiënt in de buurt van 1, zoals minerale glas- of rotswol, polyestervezels, vlakke of cellulaire synthetische schuimsoorten met open poriën. Wij wijzen erop dat de soortelijke weerstand van glaswol hoger is dan die van rotswol bij een zelfde soortelijke massa.

De absorptie is afhankelijk van de dikte van het poreuze materiaal. Over het algemeen kiest men voor minerale wol een dikte van 50 tot 100 mm, met een soortelijke massa van meer dan 60 kg/m³.

Het is mogelijk het absorberende materiaal ter bescherming te combineren met een geperforeerde plaat, maar let er dan op dat door deze ingreep de absorptiecoëfficiënt niet daalt (gebruik een perforatiegraad van meer dan 20 %).



II.5 TECHNISCHE GEGEVENS

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste indices en andere criteria voorgesteld die men moet kennen om de inhoud van het akoestische luik van de technische gegevens van een akoestische uitrusting of product te begrijpen.

II.5.1 TECHNISCHE GEGEVENS VAN DE UITRUSTING

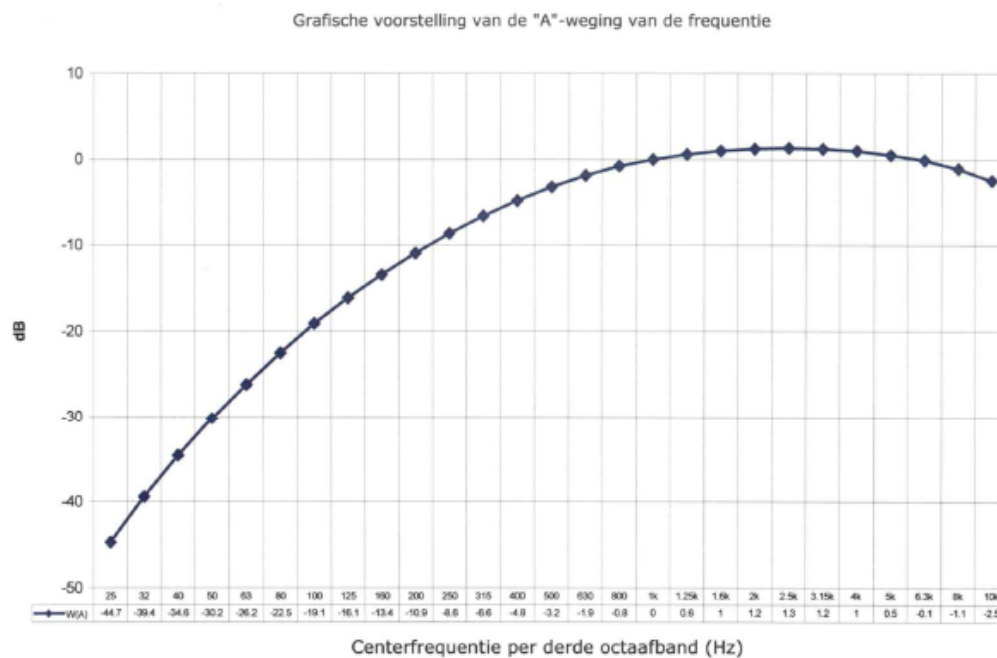
Decibel

Aangezien de waarneming van de toonhoogte door het oor logaritmisch en niet lineair is, wordt een logaritmische schaal in decibel (dB) gebruikt. Het gaat hier dus om een verhouding, zonder afmeting.

Decibel A

Het menselijk gehoor is gevoeliger voor hoge frequenties dan voor lage. Om hier rekening mee te houden, past men een correctiefilter toe: A-filter genoemd. Deze filter past op alle frequenties een correctie toe (= weging A). We spreken dan van dB(A)-niveaus.

De wegingswaarden zijn verbonden met de gevoeligheid van het oor, en worden hiernaast gegeven.



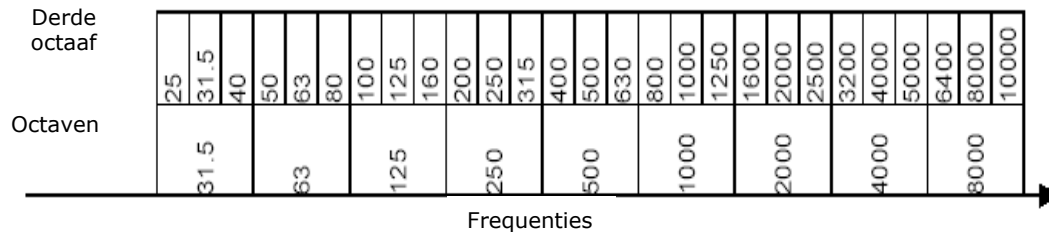
Bron : BIM



Het geluidsspectrum

De geluidsprestaties van een akoestisch product verschillen naar gelang de frequentie. Het gebruik van één enkele coëfficiënt gaat bijgevolg vaak gepaard met een opsplitsing van de prestaties op basis van de frequentie.

We gaan over tot een onderverdeling van het frequentiegebied in octaafbanden of derde octaven. De (genormaliseerde) onderverdeling wordt hieronder getoond:



Bron : BIM

In technische gegevens worden de prestaties van de producten vaak voorgesteld op de octaafbanden tussen 63 Hz en 8 kHz, of met derde octaven.

Geluidsvermogen en geluidsdruk

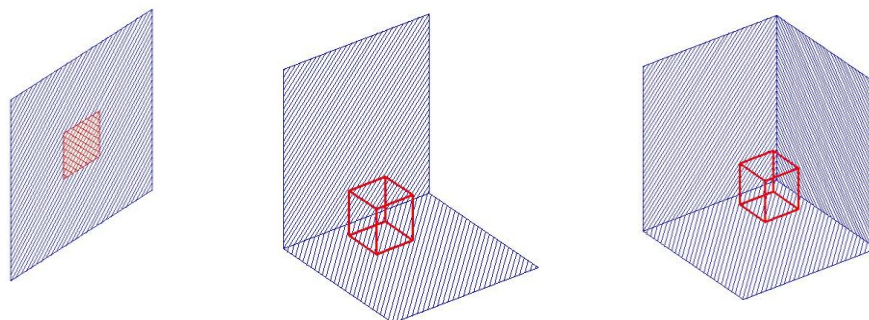
Een geluidsbron zendt een vermogen L_w (of PWL) uit, waaruit een geluidsdruk L_p (of SPL) resulteert. Het geluidsvermogen is de oorzaak, de geluidsdruk is het effect (zoals warmte en temperatuur).

Het geluidsvermogen is intrinsiek verbonden met de uitrusting, terwijl de geluidsdruk zowel afhangt van de bron, maar ook van de kenmerken van de omgeving waarin de bron zich bevindt (geluidsreflecties, -absorpties en -diffracties...) en van de afstand, de atmosferische absorptie... Een L_p -waarde zonder verwijzing naar de afstand heeft geen betekenis.

De overgang van de ene naar de andere gebeurt in het vrije veld (in open lucht en zonder obstakels en met verwaarlozing van de atmosferische absorptie) met de volgende formule:

$$L_p = L_w + 10 \log_{10} \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right)$$

Hierin staat L_p voor het drukniveau in decibel, L_w is het geluidsvermoggenniveau van de bron in dB, r de afstand tussen de bron en het meetpunt in meter, en Q de richtingsfaktor verbonden aan de geometrie van de omgeving waarin de bron zich bevindt:

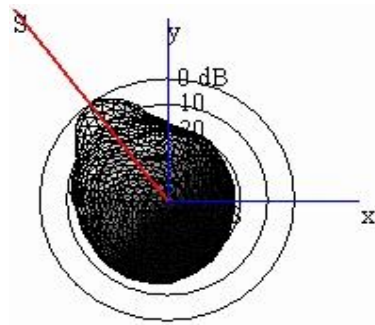
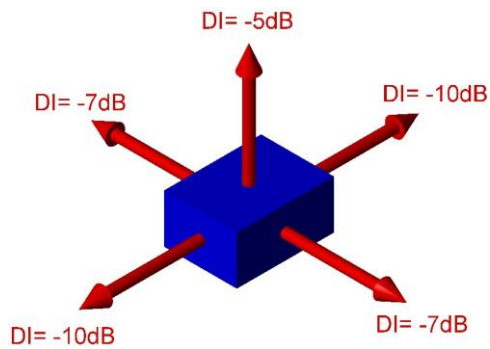


Bron: BIM

$Q=1$ bij afwezigheid van obstakel, $Q=2$ in een vlak, $Q=4$ voor een 2D hoek, $Q=8$ voor een 3D hoek



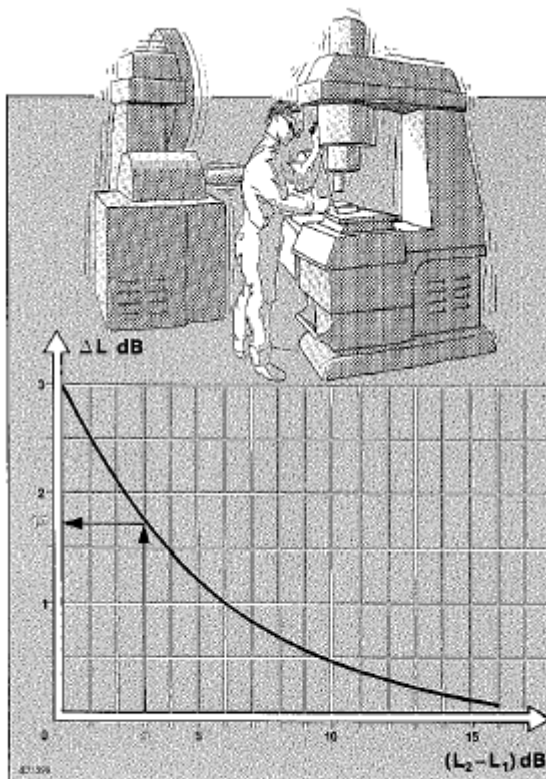
De bron zelf straalt niet altijd isotropisch, er kunnen richtinggevoeligheidswaarden worden aangeduid.



Bron : Bim

Optelling van geluidsbelastingen

Gezien het logaritmische karakter van decibels, moet de optelling van twee geluidsniveaus zorgvuldig gebeuren, volgens een van beide methoden hieronder.



Via grafiek

Wanneer we de geluidsniveaus L_1 en L_2 van de machines kennen, berekenen we hun verschil ($L_2 - L_1$), waarbij L_2 als het hoogste niveau van beide machines wordt genomen. De grafiek hiernaast geeft ΔL in functie van het verschil ($L_2 - L_1$). Het totale niveau is dan gelijk aan $L_2 + \Delta L$.

Voorbeeld: $L_1 = 82$ dB, $L_2 = 85$ dB, $L_2 - L_1 = 3$ dB, $\Delta L(3) = 1,7$ dB, $L_{tot} = 85 + 1,7 = 86,7$ dB

Bron : Bruel & Kjaer

Via formule

Als men verschillende bronnen moet optellen, kan het eenvoudiger zijn de volgende formule te gebruiken:

$$L_{tot} = 10 \log_{10} \left(\sum_i 10^{L_i/10} \right)$$

, waarin L_i het niveau is van de geluidsbron i .




Wanneer we deze formule toepassen op het voorbeeld hierboven:

$$L_{tot} = 10 \log_{10} (10^{82/10} + 10^{85/10}) = 10 \log_{10} (10^{8.2} + 10^{8.5}) = 86,7 \text{ dB}$$

Voorbeeld van technische gegevens van een machine

Bij wijze van voorbeeld geven we hieronder de technische gegevens van een geluidgedempte koeltoren. We vinden hier, voor de verschillende zijden, de geluidsdrumniveaus in het vrije veld (geen reflecties) voor een gegeven afstand, per octaafband, uitgedrukt in decibel en A-gewogen decibel.



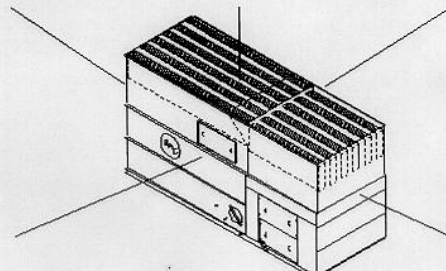
BALTIMORE AIRCOIL INTERNATIONAL N.V.
Industriepark
B-2220 HEIST-OP-DEN-BERG
Belgium

SOUND RATING DATA SHEET

Model No. **VTL-185-M**

Octave Band and A-Weighted Sound Pressure Levels (SPL) in dB RE 0.0002 Microbar.

INPUT DATA	
Indoor/Outdoor	Outdoor
Sound Attenuation	VS
Motor Size (kW)	18,5
Number of Motors	1
Fan Speed	Full
Distance (m)	1,5



BACK	
Centre Frequency	Distance
	1,5 m
63	72
125	67
250	61
500	58
1000	52
2000	49
4000	50
8000	46
dB(A)	60

TOP	
Centre Frequency	Distance
	1,5 m
63	71
125	72
250	68
500	66
1000	63
2000	61
4000	57
8000	55
dB(A)	69

SIDE	
Centre Frequency	Distance
	1,5 m
63	73
125	67
250	59
500	55
1000	53
2000	53
4000	44
8000	38
dB(A)	60

SIDE	
Centre Frequency	Distance
	1,5 m
63	73
125	67
250	59
500	55
1000	53
2000	53
4000	44
8000	38
dB(A)	60

FAN END	
Centre Frequency	Distance
	1,5 m
63	80
125	70
250	65
500	59
1000	59
2000	56
4000	47
8000	42
dB(A)	64

Calculated Sound Power Level (PWL) in dB RE 10 ⁻¹² Watt	
Centre Frequency	dB RE 10 ⁻¹² WATT
63	96
125	92
250	83
500	78
1000	76
2000	74
4000	71
8000	65
dB(A)	83

Note: Sound data are free field data valid for unit installation without elevation, not taking into account any reflections.

Bron : BIM



II.5.2 TECHNISCHE GEGEVENS VAN AKOESTISCHE PRODUCTEN

Geluidsabsorptiecoëfficiënt

Deze coëfficiënt wordt gebruikt om de prestaties van akoestische panelen, absorberende bekledingen... aan te duiden.

De absorptieprestaties worden aangeduid als α_s de "alfa-sabine" coëfficiënt, genoteerd als α , en is afhankelijk van de frequentie. De waarden liggen (meestal) tussen 0 en 1, en hoe hoger de coëfficiënt, hoe beter de geluidsabsorptie.

Er bestaat eveneens een aanduiding met één coëfficiënt voor het ganse spectrum, aangeduid als α_w ("w" komt van "weighted" (gewogen)). In dit geval wordt de coëfficiënt α_w berekend volgens een genormaliseerde methode.

Geluidsisolatieindex.

Begrip dat het geluidsisolerend vermogen van een wand definieert en aangeduid wordt als R. Deze coëfficiënt geeft de verhouding aan tussen de invallende geluidsenergie en de geluidsenergie die door het materiaal heen gaat. Hij is afhankelijk van de frequentie.

Men vindt het ook in de enige vorm in het spectrum R_w of $R_w(C, CTR)$, met C de correctie dat aan de waarde van R moet toegevoegd worden om het Franse index R "roze" te verkrijgen (isolatie in vergelijking met het lawaai waarvan het spectrum van "roze" type is) en CTR de correctie dat aan de waarde van R moet toegevoegd worden om de Franse index R "verkeer" te verkrijgen (isolatie in vergelijking met het lawaai waarvan het spectrum van type "verkeer" is, rijker aan lage frequenties).

Bijvoorbeeld,

$R_w(C;Ctr) = 41 (-1;-5) \text{ dB}$
waar C = -1 dB en Ctr = -5 dB,
dat wil zeggen :

$R_w = 41 \text{ dB}$
 $R(\text{roze geluid}) = 41 - 1 = 40 \text{ dB(A)}$

$R(\text{verkeersgeluid}) = 41 - 5 = 36 \text{ dB(A)}$.

De R waarde geeft de prestaties van het materiaal in het laboratorium, en houdt geen rekening met de verliezen door laterale overdracht. De prestaties ter plaatse zullen dus lager zijn dan wat in het labo verkregen wordt. Hoe hoger de index, hoe beter de isolatie.

Geluid Dempingsindex

Deze index wordt gebruikt wanneer men de prestaties van geluid dempers... wil karakteriseren. Het betreft hier de geluid demping die wordt verkregen wanneer de uitrusting wordt voorzien van een geluid demper, in vergelijking met de situatie zonder geluid demper. Er bestaat geen symbool voor deze index. De eenheid is de dB. Hoe hoger de index, hoe beter de geluid demping.

Nemen we het voorbeeld van suskasten. De technische gegevens moeten voor een gegeven dikte van de absorptieplaten de dempingswaarden in dB vermelden, afhankelijk van hun onderlinge afstand, hun lengte en de frequentiebanden. In andere gevallen, zoals voor ronde geluid dempers, akoestische roosters,... vinden we in de technische gegevens eveneens een grafiek die de geluid demping toont in functie van de frequentie.



Invoegingsverlies

Deze index wordt met name gebruikt wanneer men de prestaties van geluiddempers, omkastingen wil karakteriseren... De logica is exact dezelfde als bij de geluiddempingsindex.

Het invoegingsverlies wordt symbolisch voorgesteld door de index D_w .

Voorbeeld van technische gegevens voor een akoestische oplossing

Ronde actieve geluiddemper:

Voorbeeld van akoestische prestaties Voor een luchtsnelheid in de ventilatiekoker van 4 m/s en een stroomopwaarts geluidsniveau van 90 dB(A).

Ø (mm)	Centerfrequentie van de octaafband (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
250	9	19	25	26	32	50	45	33
315	7	19	22	25	32	41	30	22
355	7	19	22	25	32	41	30	22
400	7	19	22	25	31	41	31	22
450	4	9	19	24	28	33	25	17
500	4	9	19	24	28	33	25	17
560	9	16	20	27	31	33	22	16
630	9	16	20	27	31	33	22	16

Geluidempingswaarden (dB) vastgesteld volgens de norm ISO 7235

Bron : ATIC

II.6 CERTIFICATIE

Wij beschouwen hier het geval van nieuwe projecten, waarvoor vaak de nodige akoestische gegevens ontbreken om te bepalen welke maatregelen moeten worden getroffen om te voldoen aan de akoestische eisen.

Alle akoestische maar ook technische eigenschappen moeten in aanmerking worden genomen om een geschikte uitrusting te kunnen kiezen voor het project, rekening houdend met alle voorschriften (nuttig vermogen, verbruik, geluid afhankelijk van de gebruikstoestand, toelaatbare leidingverliezen, ...).

Over het algemeen kan elke beroepsorganisatie die de gegevens centraliseert en de methoden uniformeert, bijdragen tot de transparantie in de toepassing op het terrein. Op het vlak van HVAC installaties bestaat er een dergelijke organisatie, onder de naam "EUROVENT/CECOMAF".



Deze instantie heeft tot doel:

- de Europese constructeurs van airconditionings-, ventilatie- en koelmateriaal te vertegenwoordigen bij instellingen op de Belgische nationale markt, zowel inzake vraagstukken op Europees als op internationaal niveau;
- de kracht van hun sector op internationale basis in het licht te stellen;
- goede zakenrelaties uit bouwen met de Europese Unie;
- de leden van de commissies die de betreffende wetgeving opstellen bij de Europese Unie te informeren;
- een betrouwbaar algemeen rapporterings- en statistisch systeem te ontwikkelen;
- productcertificatieprogramma's uit te werken voor hun sector, via de European Certification Company;
- actief mee te werken aan de internationale normalisatie;
- de communicatie te verbeteren over algemene vraagstukken zoals koelmiddelen, energie en de kwaliteit van de omgevingslucht;
- technische leidraden en handleidingen te publiceren;
- het onderzoek te stimuleren;
- de instelling omvormen tot een organisatie die zelf de sector kan reguleren.

Op het vlak van de geluidsluur hebben wij toegang:

- rechtstreeks, dankzij het programma voor geluidscertificatie van apparatuur:
 - tot het algemene geluidsvermogen in dB (A),
 - het octaafbandspectrum in dB,
 - de gegevens in verband met de richtinggevoeligheid aan de 5 kanten;
- onrechtstreeks, via de publicatie van technische leidraden en handleidingen, bedoelt om een goede installatie, inbedrijfstelling en gebruik op lange termijn te garanderen voor de uitrusting (om problemen als gevolg van verkeerd gebruik te voorkomen);
- tot de nuttige prestaties (koelvermogen, debiet, ...) die een oordeelkundige keuze van het in te zetten materiaal mogelijk maken.

Al deze elementen zijn nuttig en noodzakelijk om problemen met geluidshinder te voorkomen, dankzij een toepassing die optimaal is aangepast aan de situatie op het terrein.

Voor meer informatie kunt u terecht op de volgende websites:

www.eurovent-cecomaf.org/web/eurovent/web/

www.eurovent-certification.com/



DEEL III : UITGESTRAALD GELUID EN OPLOSSINGEN PER TYPE VENTILATIE- EN AIRCONDITIONINGSINSTALLATIE

III.1 GROTE CENTRALE AIRCONDITIONINGSINSTALLATIES



Bron : BIM



III.1.1 BESCHRIJVING VAN DE UITRUSTING

Grote centrale airconditioningsinstallaties worden over het algemeen gebruikt voor een volledig gebouw (zoals kantoorgebouwen, woonblokken, ziekenhuizen...) en zijn complexe systemen met centrale koelgroepen en luchtpulsiegroepen en extractiegroepen, die omwille van de luchtaanvoer en afvoer meestal op het dak van het gebouw worden geïnstalleerd.

In deze installaties wordt lucht gebruikt als medium, die ter hoogte van de behandelingscentrale wordt gekoeld of verwarmd, en vervolgens in de gebouwen wordt rondgestuurd. Er bestaan ook varianten op dit systeem: het medium is dan een gekoelde vloeistof en de warmtewisseling met de binnenruimten gebeurt in de ruimte zelf via ventilatorconvectoren (lamellenradiator waarover een ventilatorlucht blaast om de frigorieën / calorieën te laten circuleren) of via koude plafonds. Hoe dan ook, zelfs in deze laatste twee gevallen moet de verse lucht (vandaar een geringe behoefte aan debiet) in het gebouw circuleren en is er dus ook een pulsiekring- / -extractiekring nodig.

Wat het geluid betreft, omvatten deze installaties 3 soorten machines die mogelijk lawaai veroorzaken naar buiten, waarvan de geluidsbronnen op verschillende wijzen geluid kunnen uitstralen:

de koelgroepen van het medium (lucht of vloeistof): dit zijn koelgroepen en/of warmtepompen die als punt- en/of oppervlaktebronnen stralen (III.1.2);
de luchtbehandelingsgroepen (circulatie: pulsie en extractie; filtering; vochtigheid; temperatuur) die stralen als ruimtebronnen (III.1.3);
de luchtinlaten (aanzuiging van verse lucht, afvoer van behandelde lucht) die stralen als oppervlaktebronnen (III.1.4);

III.1.2 DE KOELGROEPEN

Het grootste probleem van de koelgroepen is dat ze meestal een correcte ventilatie nodig hebben om warmtewisseling mogelijk te maken en dat, behalve in het bijzondere geval van bepaalde koeltorens, hun omkasting vrijwel onmogelijk is omdat hun ventilatoren nooit voorzien zijn om te beantwoorden aan leidingverliezen die overeenstemmen met de leidingverliezen die worden veroorzaakt door de geluiddempers die nodig zijn bij een dergelijke omkasting.

Opties:

- 1°) De keuze van minder luidruchtig materiaal ligt het meest voor de hand: er bestaan momenteel koelgroepen die geluidsvermogeniveau's halen van minder dan 100 dB(A), wat een verbetering is van 6 tot 7 dB(A) in vergelijking met de vorige generaties koelers.

Deze groepen veroorzaken echter nog altijd niveaus in de orde van 60 dB(A) op 10 m, zodat het duidelijk is dat ze niet zomaar om het even waar kunnen worden ingeplant.



Bron: BIM

De kostprijs van een zogenaamde "Low Noise" (stille) koelgroep ligt om en bij de 15 % hoger dan die van een klassieke installatie. Deze meerkosten zijn voornamelijk toe te schrijven aan het gebruik van stille ventilatoren (lagere snelheid bij gelijk vermogen) en verschillende geluiddempende middelen zoals akoestische wanden (ondanks de openingen) en isolatie van de leidingen.



2°) Extra beschermingsmiddelen: schermen, schoorstenen of open technische ruimten.

De geluidsniveaus van deze koelgroepen / koeltorens blijven ondanks alles hoog, zodat het dus soms noodzakelijk is hun impact op de omgeving te beperken met bijkomende ingrepen.

We hebben gezien dat het nagenoeg onmogelijk is deze installaties volledig te omkassen, omdat zij een vrije luchtcirculatie rondom nodig hebben om correct te kunnen werken.

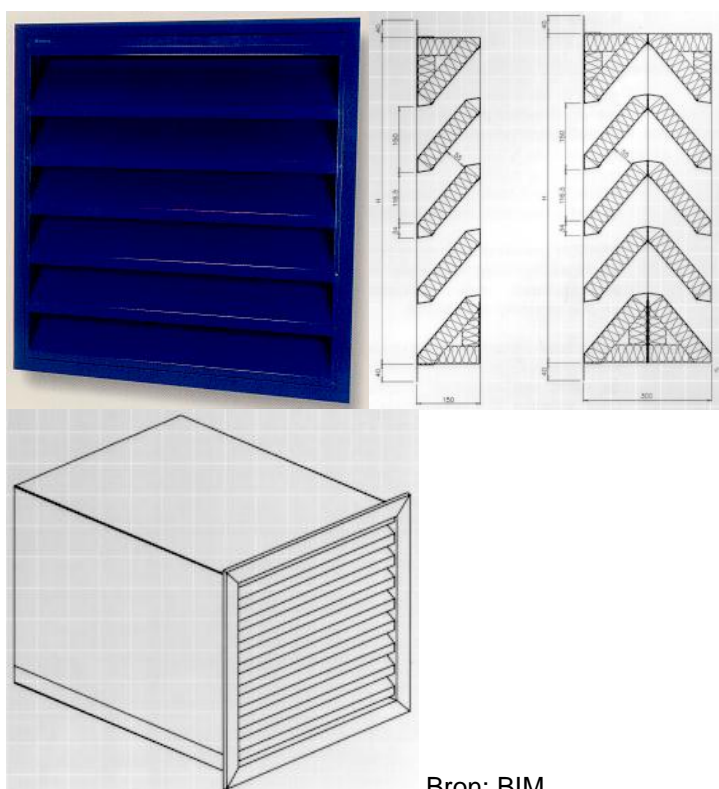
Niettemin is het mogelijk deze groepen achter geluidwerende schermen of in een open ruimte te plaatsen, waarvan de wanden dan als geluidsschermen fungeren. Zie deel II in dit verband.

Zorg er dan voor dat deze wanden zowel geluidsisolerend ($R_w = 30 \text{ dB(A)}$) en – absorberend zijn aan de binnenkant van de ruimte, die ook wel "schouw" wordt genoemd.

Zo nodig - als de wanden van de ruimte zich te dicht bij de groep(en) bevinden - kan men ook een ventilatie voorzien via geluidgedempte roosters, of via een klassieke geluiddemper die voor een normaal rooster wordt geplaatst.

Zonder te spreken over de esthetische consequenties en de gevolgen voor de stabiliteit, kan de kostprijs van een dergelijke schouw in een dubbelwandige metalen beplating met haar draagstructuur geschat worden op ongeveer € 250/m²; geluidgedempte roosters van hun kant kosten € 1.000 tot € 2.000 /m² naar gelang het verkregen rendement, van 13 tot 17 dB(A).

Het uiteindelijke rendement van een bescherming met een schouw is sterk afhankelijk van de aanwezige geometrie tussen de geluidsbron en de ontvangers: een studie is dus ten zeerste aan te bevelen; toch mag men over het algemeen een effect verwachten in de orde van 10 tot 15 dB(A) (maximaal).



Bron: BIM

III.1.2.1 DE KOELTOREN



Zoals reeds werd uiteengezet in hoofdstuk 1.2.1, kan, afhankelijk van het gevraagde koelvermogen en/of ter aanvulling van een "koelende" koelgroep ook een koeltorensysteem worden gebruikt. Dit systeem verschilt van een groep doordat het geen gebruik maakt van een compressor/condensor-eenheid, maar van het principe van afkoeling door verdamping, het zogenaamde absorptie koelsysteem.

In een dergelijke installatie wordt het geluid gedeeltelijk veroorzaakt door de ventilator, de luchtstroming over de koelribben en de luchtcirculatie. Het geluidsvermogen van deze torens is uiteraard afhankelijk van het vermogen van de toren zelf: voor een klassieke toepassing vinden we geluidsvermogen niveaus van 105 dB(A) of meer.

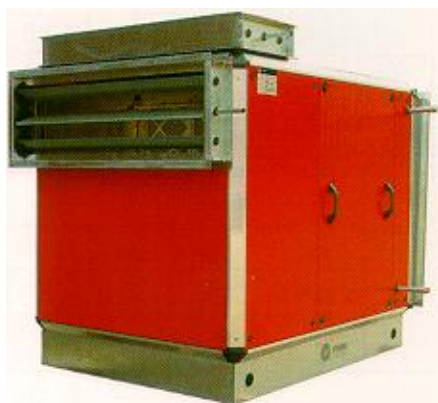
Zolang de ventilatoren van het centrifugale type zijn (axiale ventilatoren verdragen geen grote leidingverliezen), kan het geluid aanzienlijk worden verminderd door gebruik te maken van een omkasting en door de fabrikant geleverde originele geluiddempers. Zie deel II in dit verband.

Voor een meerprijs in de orde van 30 tot 60 % van de oorspronkelijke installatie, kan men een winst boeken van 13 tot 20 dB(A), wat zeer aanzienlijk is, en waardoor men kan afzien van een open technische ruimte.

Buiten de omkasting zelf en de geluiddempers, worden de meerkosten eveneens veroorzaakt door de versterking van de motor van de ventilator en de aandrijfmechaniek.

Sommige koeltorens kunnen niet "aan de bron" worden gedempt, hetzij omdat ze met axiale ventilatoren werken of omdat ze te groot zijn: net als bij de koelgroepen kan dan een open technische ruimte in overweging worden genomen.

III.1.3 DE LUCHTBEHANDELINGSGROEP



Bron: BIM

Luchtbehandelingsgroepen zorgen niet alleen voor de luchtcirculatie van een installatie, maar ook voor de filtering van de lucht en de regeling van de luchtvochtigheid, en natuurlijk de temperatuur van de lucht.

In deze groepen is er geen koelgroep voorzien: de lucht wordt verwarmd of gekoeld doordat ze door over een verwarmings- of koelbatterij stroomt waarin water circuleert dat in een separate koelgroep of verwarmingsketel is opgewekt.

In tegenstelling tot koelgroepen, vereisen luchtbehandelingsgroepen geen luchtcirculatie rondom: ze kunnen dus in een binnenruimte worden geplaatst, wat trouwens ook vaak gebeurt.



Niettemin beschrijven we hier de geluidsstraling van dit soort uitrusting om te begrijpen welke impact deze kan hebben wanneer ze "in open lucht" wordt geplaatst, wat altijd mogelijk is.

- Uitgestraald geluid door de groep zelf (kast):
Gesloten kast waarvan de wanden bestaan uit sandwichpanelen (resultaten tot - 40 dB(A)), waardoor niveaus haalbaar zijn van 35 tot 50 dB(A) op 10 m van de uitrusting (uiteeraard kunnen deze niveaus sterk worden beïnvloed door de omgeving), wat vrij goed compatibel is met een woonomgeving.
- Uitgestraald geluid door de luchtinlaat- en/of –uitlaatopeningen:
De luchtuitwisseling moet natuurlijk gewaarborgd zijn voor de luchtinlaat en luchtuitlaat van de luchtbehandelingsgroepen, dit zowel voor de luchtcirculatie in het kanalsysteem, waartoe de installatie trouwens dient, als voor de aanzuig van verse lucht en afvoer van verwilde lucht. Zie hoofdstuk III.1.4.

We beseffen dus dat we voor de luchtbehandelingsgroepen "aan de bron" moeten ingrijpen:

- door nieuw materiaal te kiezen dat compatibel is met de omgeving (het is moeilijk om hier van meerkosten te spreken omdat de uitrusting al geluidgedempt is, een verder doorgedreven geluiddemping zou een meerprijs met zich meebrengen van om en bij de 10 tot 15 % voor de versterking van de wanden van de groep);
- door na te gaan of een bestaande uitrusting niet de volgende problemen vertoont:
 - onvoldoende isolerende zijwanden (versterking mogelijk met minerale wol en aangepaste geluiddempende panelen voor een kostprijs die kan gaan van € 1.000 tot € 2.500 ongeveer)
 - geluidsslekken van de omkasting (slecht gesloten, niet dichte deuren, versleten dichtingen...),
 - mechanische veroudering van de uitrusting (motoren, lagers, transmissie).

Zie deel II in dit verband.

Mocht er echter geluidshinder blijven bestaan, wordt het steeds moeilijker om nog iets te verbeteren aan deze groepen: het zal dan noodzakelijk zijn een oplossing met geluidsschermen te bestuderen, of ze in aangepaste technische ruimten te plaatsen. Zie deel II in dit verband.

III.1.4 LUCHTINLAAT- EN -UITLAATOPENINGEN

In het kokernet van een installatie zijn er twee cruciale contactpunten met de buitenlucht: de aanzuiging en afvoer van de lucht. Deze contactpunten (roosters) vormen dus mogelijke bronnen van geluidshinder naar de omgeving omdat zij:

- het geluid van de uitrusting aan de binnenkant van het rooster doorgeven, hetzij in de lichtkring zelf of in de vertrekken waar de koker doorheen loopt.
- het geluid van de luchtstroming zelf doorgeven, dat wordt veroorzaakt door de turbulenties in de aansluitkoker.
- het geluid veroorzaakt door het rooster, dat zijn oorsprong vindt in turbulenties die worden opgewekt door de luchtstroom (en vooral de snelheid daarvan).



Om de eerste twee soorten geluid te reduceren, moet een geluiddemper worden gedimensioneerd en hetzij onmiddellijk achter het rooster worden geplaatst, of zo dicht mogelijk erbij om in de mate van het mogelijke te voorkomen dat er bijkomend geluid wordt geproduceerd tussen het uiteinde van de geluiddemper en het rooster (geluiden buiten de koker en/of geluiden in de koker).

Meestal worden de geluiddempers gedimensioneerd bij het ontwerp van de installatie en is hun prijs begrepen in bij de totale kostprijs van de installatie (deze maakt zo'n 8 tot 15 % uit van de totale prijs). In sommige gevallen helaas, kan de dimensionering onvoldoende blijken en moeten de prestaties verbeterd worden. Dit is niet eenvoudig, omdat we hiervoor slechts over de volgende mogelijkheden beschikken:

- De lengte vergroten (deze oplossing voegt het minste leidingverlies toe, maar betekent wel een grotere omvang);
- De lucht snelheid tussen de absorberende platen van de geluiddemper verhogen (deze oplossing doet de leidingverliezen fors toenemen, tenzij men de doorsnede van de geluiddemper in dezelfde mate vergroot; dit vereist dan dat men de geluiddemper "opblaast", maar ook de zogenaamde "divergente/convergente" verloopstukken om de koker aan te sluiten op de nieuwe doorsnede van de geluiddemper: deze aansluitstukken maken dus ook de hele inrichting langer).

Om het roostergeluid te verminderen, dient men een laminaire stroming te verzekeren (een luchtsnelheid van max 10 m/s is te respecteren) . De luchtstroomsnelheid verminderen is eveneens een voordeel, maar hiervoor zal in oppervlakte een grotere opening nodig zijn als men hetzelfde debiet wil bewaren.

Hoewel de keuze van een stillere rooster over het algemeen niet zo duur is (5 tot 10 % bij aankoop), is een vergroting van zijn oppervlakte lastiger, want naast de proportionele vergroting van deze oppervlakte, moet men nog rekening houden met meerkosten voor de aansluiting aan de oorspronkelijke koker, van een bepaalde doorsnede, en de nieuwe rooster, van een grotere doorsnede.

Het is ook interessant te weten dat wanneer de ruimte het toelaat, het voorzien van een absorberend plenum - een soort vertrek tussen de monding van de koker en de buitenroosters - de mogelijkheid biedt de snelheden fors te verminderen en kan bijdragen tot de beheersing van het uiteindelijk naar buiten uitgestraalde geluid.

De kostprijs van een geluiddemper schommelt van 1.000 tot 2.500 €, afhankelijk van zijn rendement, zijn grootte, het effectieve traject van de lucht en de leidingverliezen die hij veroorzaakt naar gelang het luchtdebiet dat er doorheen gaat.



III.2 KLEINE AIRCONDITIONINGSINSTALLATIES



Bron: BIM



III.2.1 BESCHRIJVING VAN DE UITRUSTING

Kleine airconditioningsinstallaties worden hoofdzakelijk gebruikt:

- in de vorm van één enkele groep (privé, specifieke ruimten in KMO's: horeca; voedingssector...) die zowel de koelgroep (compressor / condensor) als de eigenlijke ventilatorluchtkoeler bevat,
- in de vorm van verschillende kleine groepen, verspreid op basis van de behoeften; dit zijn middelgrote installaties, altijd zonder centrale luchtbehandeling, maar waarvan de externe koeleenheden gescheiden zijn van de ventilatorluchtkoelers die in elke behandelde ruimte geïnstalleerd zijn ("split"-systeem).



Meestal – gezien hun afmetingen – stralen deze bronnen als puntbronnen. In deze installaties bevindt het koelsysteem zich buiten en bevat:

Bron: BIM

- een compressor voor de koelvloeistof,
- een condensor,
- een ventilator om de condensorwarmte af te voeren van de groep te vermijden.

Het koelmedium stroomt in vloeibare toestand tot in de lokalen (eindvertrekken zoals burelen...) en de koude-uitwisseling vindt plaats in de eindvertrekken door middel van een of meer verdamper: net als de koude plafonds bij grote installaties, leveren deze verdamper meestal weinig geluidsprobleem op in de lokalen.

De kleinste installaties bestaan uit een uitrusting met één groep die zowel de condensoren, compressor, ventilator en verdamper kan bevatten, en deze zijn luidruchtiger dan systemen met gescheiden condensoren gezien hun kleiner vermogen.

III.2.2 MONOGROEP INSTALLATIES

Deze installaties kunnen voor reële geluidsproblemen zorgen, waarvoor er, behalve vervanging van de uitrusting, zo goed als geen remedies bestaan.

Er zijn weinig alternatieven om het geluid van deze installaties te verminderen: het komt er op aan een installatie te kopen waarvan de geluidsvermogeneigenschappen aangepast zijn aan de omgeving, en deze zo nodig te programmeren op basis van bepaalde tijdsperiodes.

Het grote probleem van deze installaties is namelijk dat ze zijn uitgerust met axiale ventilatoren, en dat ze ontworpen zijn voor een directe warmte-uitwisseling met de buitenwereld: als we ze akoestisch willen isoleren door ze in te kapselen, worden we geconfronteerd met twee serieuze problemen:

- Deze apparaten verdragen vrijwel geen bijkomende leidingverliezen,
- Ze kunnen niet in een gesloten ruimte worden geïnstalleerd.

De enige mogelijkheid is dus een minder luidruchtige uitrusting te kiezen, of deze ergens te plaatsen waar ze niemand hindert, maar in dat geval zal de kostprijs voor de verplaatsing van de koelstroomleidingen ook niet te verwaarlozen zijn. Zie deel II in dit verband.

Momenteel bestaan er compressor- / condensorgroepen waarvan het geluidsvermogen (PWL) beneden 65 of zelfs 60dB(A) ligt, terwijl er andere apparaten worden verkocht die nog een geluidsvermogen van 75dB(A) of zelfs meer halen.

Het is een misvatting dat de minst luidruchtige installaties ook de duurste zijn: dat geldt misschien binnen één en hetzelfde merk (meerprijs van 10 tot 30 % voor een winst van 6 tot 10 dB(A)), maar niet tussen 2 verschillende merken (voor dezelfde prijs, vindt men bij twee verschillende installateurs soms apparaten met een geluidsverschil van bijna 10 dB(A)!).

III.3 LUCHTCIRCULATIEGROEPEN



Bron: BIM

III.3.1 BESCHRIJVING VAN DE UITRUSTING

Dit soort installaties is zeer belangrijk, omdat het hier gaat

- van zeer kleine installaties (afzuiging van sanitaire installaties, afzuigkappen van privékeukens – deze kunnen apart of gegroepeerd zijn) die kunnen worden gelijkgesteld met puntbronnen,
- tot de grootste installaties (pulsatiegroepen PG – of extractiegroepen EG – airconditioningscentrales) die kunnen gelijkgesteld worden met ruimtebronnen, hoewel hun luchtinlaatroosters worden beschouwd als oppervlaktebronnen.

Het geluid dat deze installaties voortbrengen, omvat twee soorten geluiden:

- motorgeluiden van de ventilatoren, die meestal goed onder controle zijn bij de nieuwe installaties,
- en geluiden van aëraulische oorsprong, dit wil zeggen veroorzaakt door de luchtstroming en de turbulenties.

We stellen over het algemeen een maximaal geluid vast in de onmiddellijke omgeving van de ventilatorschoepen, en het gebruik van een geluiddemper kan hier interessant zijn.

Niettemin moet men erop toezien dat de luchtstroming aan het uiteinde van de geluiddemper, of verder weg, niet te turbulent is, wat opnieuw lawaai zou produceren.

Zie deel II in dit verband.

III.3.2 GROTE INSTALLATIES

Onder de grote installaties treffen we luchtbehandelingsgroepen en luchttoevoersystemen aan, die reeds werden voorgesteld (hoofdstuk III.1.3 en III.1.4).

De enige situatie waar we een luchtcirculatiecentrale zonder behandelingssysteem (verwarming of afkoeling) kunnen hebben, is in het geval van zuivere luchtverversing voor bepaalde ruimten, zoals parkeergarages of ondergrondse stations.

Elke toepassing van rechtstreekse luchttoevoer buiten leidt tot dezelfde opmerkingen en oplossingen als die welke reeds werden aangehaald voor de grote installaties.

Hierbij wordt echter opgemerkt dat het voor ondergrondseparings soms mogelijk is gebruik te maken van geluiddempers met zeer grote afmetingen en met lage stromingssnelheden, die desondanks grote debieten aankunnen (geluiddempers van meer dan € 20.000 zijn perfect mogelijk).

III.3.3 KLEINE INSTALLATIES

Het gaat hierbij altijd om luchtafzuigsystemen.

We onderscheiden twee soorten installaties:

- centrale installaties (bijvoorbeeld: afzuiging van gemeenschappelijke sanitaire installaties, gemeenschappelijke afvoer van afzuigkappen in keukens).

Het spreekt vanzelf dat bij centrale installaties zo nodig passende geluiddempers naar buiten kunnen worden ingebouwd, maar dit is zelden mogelijk omdat deze afzuiging meestal wordt uitgevoerd met behulp van dakextractoren met axiale ventilator, die geen bijkomende leidingverliezen verdragen. Bron: BIM

Het komt er dus op aan deze dakextractoren te kiezen op basis van het beoogde doel (het uitgestraald vermogen van dergelijke dakextractoren kan gaan van 55 tot meer dan 90 dB(A)!).

Een andere oplossing is een centrale centrifugale ventilator te gebruiken waarbij het gebruik van een geluiddemper wel mogelijk is.

Let op voor het telefooneffect. Elke afzuigopening staat in verbinding met de andere via een zelfde netwerk van kokers, die meestal geluidsreflecterend zijn en het geluid over het volledige netwerk voortplanten. Om deze nadelen te beperken, dient men nog inwendige geluiddempers in te bouwen in elke opening: dit kan gebeuren door middel van akoestische slangen waarvan de lengte afhankelijk is van de beoogde geluiddemping.



- individuele installaties (raamventilatoren, individuele dampkap). Er bestaan twee soorten ventilatoren:
 - axiale ventilatoren (vaak ingewerkt in een venster), centrifugale ventilatoren. Behalve door een stillere ventilator te kiezen (ontwerp van de schoepen, lagere rotatiesnelheid), is het onmogelijk het geluid van een bestaande axiale ventilator te verminderen.
 - moderne afzuigkappen, centrifugale ventilatoren, die in enige mate leidingverliezen verdragen: in dit geval kan het geluid met meer dan 15 dB per meter koker worden gereduceerd door gebruik te maken van een akoestische slang vóór de uitgang van de koker naar buiten, en dit tegen een tamelijk lage prijs van nog geen € 25 per meter (voor zover dit geen onverenigbaarheid oplevert met te hoge luchttemperaturen).

III.4 SPECIFIEKE KOELGROEPEN



Bron : BIM



III.4.1 BESCHRIJVING VAN DE UITRUSTING

Behalve de koelgroepen van grote airconditioningsinstallaties, bestaan er ook koelinstallaties, meestal voor ondernemingen in de voedingssector (slagerijen, verse producten,...) of in de HORECA.

Vaak zijn dit kleine groepen die zonder voorzorgsmaatregelen buiten de gebouwen of de gekoelde installaties worden geplaatst, en in dat geval treffen we de volgende geluidsbronnen aan:

- de compressor en de condensor,
- als het al niet, ook nog, een aparte ventilator is voor de koeling van de groep zelf.

Meestal – gezien hun afmetingen – stralen deze installaties als puntbronnen.

III.4.2 OPLOSSINGEN GEVAL PER GEVAL

Het grootste probleem van deze installaties is dat het helemaal niet meer dezelfde installateurs zijn die dit soort uitrusting installeren: het zijn "koeltechnici".

Al te vaak hebben deze installateurs geen oog voor de akoestische eigenschappen van hun installaties, die vrijwel altijd "op maat" worden gemaakt, en dus vóór hun plaatsing nooit gecertificeerd worden, noch in het laboratorium, noch door een erkend organisme. We kunnen stellen dat deze installaties al te vaak "onreglementair" worden gebouwd, als het al geen "knutselwerk" is.

In dat geval moeten helaas ook de maatregelen "op maat" zijn, omdat ze er eens te meer rekening mee moeten houden dat axiale ventilatoren geen leidingverliezen verdragen, en de condensoren een passende ventilatie vereisen.

Enkele gegevens (zie hoofdstuk II.4 voor nadere informatie):

- open omkasting met geluidsabsorberende en –isolerende wanden (van 3 tot 8 dB(A) voor een kostprijs vanaf € 1.000);
- geluidsschermen ingeval een omkasting, zelfs gedeeltelijk, onmogelijk is (van 4 tot 5 dB(A) of meer voor een kostprijs van € 300/m²);
- ondanks alles toch een omkasting als de prestaties dit vereisen, maar dan moet ook een warmteafvoer systeem voor de kast zelf worden voorzien (!) (kostprijs van de omkasting in de orde van € 300 per m² + kostprijs van het warmteafvoersysteem, vanaf € 1.500 of meer...).



III.5 OVERZICHT VAN DE MAATREGELEN PER CATEGORIE INSTALLATIES

We kunnen de maatregelen voor elke categorie installaties als volgt samenvatten:
"maxi-airco":

- **keuze van "Low Noise" materiaal,**
 - schermen, schoorstenen of open technische ruimten (koelgroepen),
 - verbetering van de geluiddichtheid van de omkasting (luchtbehandelingsgroepen),
 - correct gebruik van geluiddempers (luchtopeningen),
 - uitrusting in een technische ruimte plaatsen;

- **"mini-airco":**
 - keuze van "Low Noise" materiaal,
 - omkasting onmogelijk,
 - verplaatsing naar een plaats die minder overlast geeft;

- **"luchtinlaat- en -uitlaatopeningen":**
 - aangepaste of verbeterde geluiddempers,
 - keuze van een luchtdoorgangssnelheid die geen extra geluid veroorzaakt,
 - plaatsing van de uitlaatopeningen;

- **"specifieke koelgroepen":**
 - Beschermingsmaatregelen "op maat", aangepast aan dit soort installaties "op maat",
 - Schoorstenen of open akoestische omkastingen;

- **"technische ruimten":**
 - controle van de geluiddichtheid van de ruimte (muren en dak),
 - versterking van de isolatie van lichte wanden (bijvoorbeeld: verdubbeling van de bekleding),
 - aangepaste geluiddemping van alle openingen,
 - plaatsing van geluidsabsorberend materiaal binnenin de ruimte.



WOORDENLIJST

Geluidsabsorptie	Zie hoofdstuk II.5
Geluiddemping	Zie hoofdstuk II.5
Schoep	
Geluidsabsorberende plaat	
Decibel	Logaritmische meeteenheid van het geluidsniveau. Zie hoofdstuk II.5
Decibel A	Decibelwaarde waaraan de wegingsfilter A wordt gekoppeld, bedoeld om rekening te houden met het filterende vermogen van het menselijke oor. Zie hoofdstuk II.5
Geluidsdiffractie	Fysisch verschijnsel dat de afbuiging weergeeft van een geluidsgolf die op een obstakel stuit. Dit verschijnsel doet zich voor wanneer de lengte van de geluidsgolf van dezelfde orde van grootte is als het obstakel.
Overschrijding	Wordt gezegd wanneer het globale geluidsniveau beduidend hoger is dan het achtergrondgeluid. Men spreekt van tonale overschrijding wanneer het geluidsniveau van een frequentieband hoger is dan het niveau van de aangrenzende frequentiebanden.
Frequenties	De frequentie is het aantal malen dat een regelmatige trilling van de luchtmoleculen in een zekere tijd plaatsvindt. Des te sneller de trillingen op elkaar volgen, des te hoger de frequentie van het geluid is. De frequentie wordt uitgedrukt in Hertz (Hz) en vertegenwoordigt het aantal trillingen per seconde.
Toonhoogte	Hoogte van de tonen, bepaald door het aantal trillingen. Men spreekt van een hoge of lage toon wanneer de frequentie respectievelijk hoog of laag.
Geluidsisolatie	Inrichting die verhindert dat geluid door een wand dringt.
Golflengte	De golflengte λ is de afstand tussen twee opeenvolgende maximale drukwaarden.
Geluidsdrukniveau	Het geluidsdrukniveau, symbool L_p , geeft de effectieve waarde van een geluid, uitgedrukt in decibel (dB).
Geluidsvermogeniveau	
Leidingverlies	
Plenum	
Voortplanting in diffuus veld	De voortplanting van een geluid in een omgeving met obstakels waartegen het geluid gedeeltelijk of volledig weerkaatst. Het geluidsniveau van een geluid bij de immissie hangt af van de resultante van het geluidsniveau bij emissie en van de geluidsniveaus van de golven die worden weerkaatst door de omringende wanden.



- Voortplanting in vrij veld** Geluid dat zich voortplant zonder te stuiten op een obstakel dat zijn geluidsniveau zou kunnen beïnvloeden. Het niveau van een geluid bij de ontvangst hangt dus enkel af van de afstand tussen de bron en de ontvanger.
- Geluidsweerkaatsing** Fysisch verschijnsel waarbij een deel van de geluidsgolf wordt teruggekaatsd in de richting van waaruit ze oorspronkelijk komt wanneer ze op een obstakel stuit.
- Toon** Zich door de lucht voortplantende trillende beweging die door het gehoororgaan waarneembaar is. Geluid is een drukverschil ten opzichte van de normale atmosferische druk. Het menselijke oor kan drukverschillen waarnemen met een frequentie tussen 20 Hz en 20.000 Hz.
- Puntbron** Indien de afmetingen van de geluidsbron klein zijn in verhouding tot de afstand waarop de waarnemer zich bevindt.



BIBLIOGRAFIE

- « Maîtrise de bruit des installations de ventilation et de conditionnement d'air », Atech/Agora
- Association royale Technique de l'Industrie du Chauffage, de la ventilation et des branches connexes (ATIC)
- « Climatisation et conditionnement d'air », J-L Cauchepin, PYC livres
- « Climatisation et conditionnement d'air », J Bouteloup, Editions Parisiennes
- « Acoustique des Bâtiments et lutte contre le bruit », Ulg
- « Bruit rayonné à l'extérieur par les installations de production de froid », Faculté polytechnique de Mons,
- « Guide d'aide à la conception d'unités de climatisation silencieuses », CETIAT, MICROdB
- « La régulation des installations frigorifiques en climatisation des bâtiments », Editeur responsable : Ministère de la Région Wallonne
- Cahiers du CSTB (Centre Technique et Scientifique du Bâtiment)
- Dossier CVC n° 826 – novembre-décembre 2003, « ventilation et acoustique »
- « La correction acoustique », Philippe Guignouard, LASA
- Energie plus : <http://energie.wallonie.be/energieplus>
- ADEME
- Brüel & Kjaer, « intensité acoustique »
- Industrial Noise Control and Acoustics
- Environment Agency Horizontal Guidance for Noise (IPPC)
- INRS: Fiche pratique : « réussir un encoffrement acoustique » ; « importance des fuites acoustiques sur l'efficacité globale d'un capotage de machine » ; « encoffrement de machines »



BIJLAGEN



IA: GELUIDSVERMOGEN VAN DRAAIENDE COMPRESSOREN

Voor draaiende centrifugale compressoren kan een raming van het geluidsvermogeniveau worden gegeven door de vergelijking :

$$L_w \text{ (dB)} = 20 \log (W/W_o) + 50 \log U_t/U_o + 81,$$

waarin W het vermogen is, W_o een referentievermogen van 745,7 Watt, U_t de snelheid van de schoep (m/s) en U_o een referentiesnelheid van 243,8 m/s (omzetting van de hoeksnelheid nodig).

Het spectrum vertoont eveneens een frequentiepiek bij $f=1000 U_t/U_o$ Hz. Spectraal kan het geluidsniveau per octaafband worden geraamd door:

$$L_w \text{ (octaafband)} = L_w - C,$$

met C (dB) gegeven door de volgende tabel (de band is de band die de hieronder gegeven frequentie bevat):

f/32	f/16	f/8	f/4	f/2	f	2f	4f	8f
36	25	18	12	7	4	8	14	21

Voorbeeld:

Een centrifugale compressor met een vermogen van 500 kW, schoepdiameter van 1,20 m en een rotatiesnelheid van 4800 toeren per minuut:

$$U_t = 3,14 \cdot (4800/60) \cdot (1,20) = 301,6 \text{ m/s},$$

$$L_w = 20 \cdot \log (500/0,7457) + 50 \cdot \log (301,6/243,8) + 81 = 142,1 \text{ dB},$$

met een tonale piek op $1000 \cdot (301,6/243,8) = 1237$ Hz

Spectraal bevindt 1237 Hz zich in de octaafband van 1000 Hz, in deze band bedraagt het verwachte geluidsvermogeniveau dus $142,1 - 4 = 138,1$ dB

Voor draaiende axiale compressoren kan een raming van het geluidsvermogeniveau worden gegeven door de vergelijking:

$$L_w \text{ (dB)} = 20 \log (W/W_o) + 76.$$

Het spectrum vertoont een frequentiepiek bij $2Nn$ Hz, waarbij N het aantal schoepen is, en n de rotatiesnelheid van de compressor in toeren/min.



BIJLAGE IB: GELUIDSVERMOGEN VAN KOELTORENS

Voor koeltorens met geïnduceerde trek:

$$L_w \text{ (dB)} = 10 \log (W/W_o) + 96$$

waarin W het vermogen en W_o een referentievermogen van 745,7 W is
spectraal kan het geluidsniveau per octaafband worden geraamd door:

$$L_w \text{ (octaafband)} = L_w - C,$$

met C (dB) gegeven door de volgende tabel:

63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
6	5	7	9	16	21	29	35

Voor koeltorens met kunstmatige trek:

$$L_w \text{ (dB)} = 10 \log (W/W_o) + 87$$

waarin W het vermogen en W_o een referentievermogen van 745,7 W is
spectraal kan het geluidsniveau per octaafband worden geraamd door:

$$L_w \text{ (octaafband)} = L_w - C,$$

met C (dB) gegeven door de volgende tabel:

63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
4	5	9	10	14	16	22	31



BIJLAGE IC : GELUIDSVERMOGEN VAN VENTILATOREN

Evaluatie van de geluidsemissies van ventilatoren en parameters die het geluid beïnvloeden

Raming van het totale geluidsvermogen

$$PWL = 10 \log D + 20 \log P_s + 40 + K^5$$

- D het debiet van de ventilator in m³/u;
- P_s de statische druk in Pa;
- K is een constante afhankelijk van het type ventilator: 72 voor axiale stroming met buis en schoepen of centrifugaal met radiale schoepen; 59 voor centrifugale ventilator met schoepen met concaaf of convex profiel; 77 voor axiale stroming met voortstuwer; 67 voor buisvormige centrifugale ventilator;
- Gemiddelde waarde: L_w = 37 + 10*log*(debiet) + 20*log*(drukhoogte in Pa) voor een ventilator die met een minimaal rendement van 70 % werkt. Bij elke daling van het rendement met 10 %: + 4dB

Frequentie van de schoepen (sirenegeluid), wat tot uiting kan komen in het ontstaan van een tonale lijn (grondtoon en zijn boventonen) in het spectrum; er kunnen nog andere pieken in het spectrum optreden als gevolg van obstructies van de luchtstroming of onregelmatigheden in de afstand tussen de schoepen

$$f_p = \frac{nN}{60} (Hz), \text{ grondfrequentie}$$

- n het aantal schoepen;
- N de rotatiesnelheid in t/min;
- de factor 60 hoeft niet in aanmerking te worden genomen wanneer de snelheid is opgegeven in Hz;
- het tonale geluid kan soms worden gemaskeerd door het aërodynamische geluid met een wisselende frequentie;

Voor centrifugale en axiale ventilatoren (geldt niet voor schroefvormige, tangentiële of mixed flow ventilatoren) geeft de formule van Beranek een benaderende raming van het totale geluidsvermogeniveau van de ventilatoren met de vergelijking (waarden in de koker aan zuig- of perszijde, tolerantie van ongeveer 4 dB en voor een rendement van 70 % of meer):

L_w = 10 log q + 20 log p + 40 dB, waarin

q = luchtdebiet in m³/s

p = statische druk in Pa

Om de waarden per octaafband te bepalen, moeten de volgende correcties worden toegepast:

Frequentie Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K
centrifugale ventilatoren (schoepen naar voren)	-2	-7	-12	-17	-22	-27	-32
centrifugale ventilatoren (schoepen naar achteren)	-7	-8	-7	-12	-17	-22	-27
axiale ventilatoren	-5	-5	-6	-7	-8	-10	-13

⁵ In de octaafbanden van 500 Hz tot 4 kHz



Voor ventilatoren die zijn omkast, zoals bij ventilatie- en airconditioningsgroepen (centrifugaal type met dubbele aanzuigopening), en waarbij de wanden bijdragen aan de geluidsdemping, dienen de geluidsniveaus te worden gecorrigeerd met de volgende factoren:

1) voor enkelwandige kasten van het type (van binnen naar buiten):

- (geluid) absorberend en (thermisch) isolerend materiaal, dikte 25 tot 50 mm: in de meeste gevallen bestaande uit een paneel in minerale wol, bekleed met een beschermlaag
- een staalplaat, dikte ongeveer 0,8 mm (meestal verstijfd) of dikte van 1 tot 1,5 mm (meestal niet verstijfd)

Correcties toe te passen op de "in duct" waarden voor de voorspelling van het geluidsvermogen uitgestraald door enkelwandige ventilatiekasten:

Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
dB	-6	-8	-14	-16	-20	-22	-25	-27

2) Voor dubbelwandige kasten (bijv. plaatstaal van ongeveer 1 mm, minerale wol van 25 tot 50 mm, buitenwand van ongeveer 1 mm), zijn de correcties als volgt:

Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
dB	-11	-11	-14	-20	-23	-25	-27	-27

Tot slot kunnen met de volgende vergelijking: $PWL = 70 \log D + 50 \log N + C$, waarin D de diameter van het wiel is in meter, N de rotatiesnelheid in toeren/min., C = constante,

de geluidsvermogenniveaus worden vergeleken tussen ventilatoren van dezelfde groep, maar met verschillende snelheden en/of diameters:

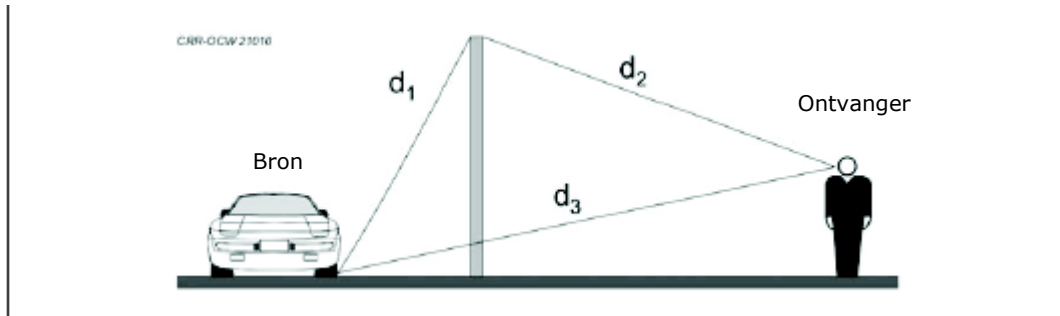
1) deel de snelheid door twee → voegt men een term toe gelijk aan $-50 \log 2 = -15$ dB;

2) of een ventilator A met een diameter D1 die draait met een snelheid N1 en een ventilator B met een snelheid N2 = 0,5 N1 en een diameter D2 = 1,26 D1 om hetzelfde debiet Q (~ D³N) te handhaven. Het verschil in geluidsvermogen tussen beide ventilatoren bedraagt $70 \log 1,26 - 50 \log 2 = -8$ dB (LWB=LWA - 8dB). Dus een grote ventilator met een lage snelheid is minder luidruchtig dan een kleine ventilator met hoge snelheid (bij gelijk debiet).



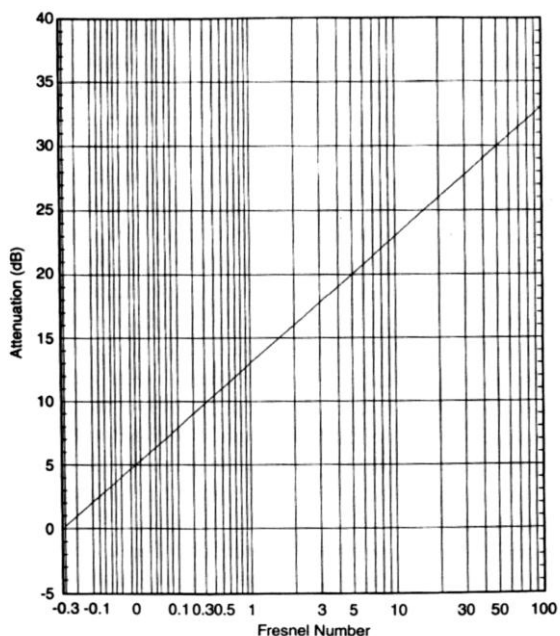
BIJLAGE II: GELUIDDEMPING VAN GELUIDWERENDE SCHERMEN

Grofweg kan men de geluiddemping die schermen opleveren, ramen met behulp van het Fresnel-getal dat als volgt wordt gedefinieerd (veronderstelling van een oneindige dunne plaat): $N = 2 \cdot (d_1 + d_2 - d_3) / \lambda$, waarin λ de golflengte is van het geluid; d_1 , d_2 , d_3 de afstanden tussen de zender en de ontvanger, zoals geïllustreerd in de afbeelding hieronder.



Bron: BIM

De geluiddemping in dB afhankelijk van het Fresnel-getal N wordt getoond in de grafiek hieronder (Maekawa). Let op: in de praktijk is deze demping beperkt tot maximaal om en bij de 15 dB.



Uit dit getal leiden we af dat hoe dichter de bron zich bij het scherm bevindt, hoe beter de geluiddemping is ($d_1 + d_2$ veel groter dan d_3) en dat hoe hoger de frequentie van het geluid is, hoe beter de demping zal zijn bij een identieke geometrische situatie.

De methode van Maekawa kan worden toegepast in het belangrijke geval waar de reflecties op een weerkaatsende bodem niet te verwaarlozen zijn – we verwijzen hier naar de verschillende modellen die in dit geval moeten worden toegepast – alsook in het geval van schermen van eindige lengte of van aanzienlijke dikte (dikker dan de golflengte van het beschouwde geluid).

Bron: BIM



BIJLAGE III : GELUIDSVERMOGEN VAN TECHNISCHE RUIMTEN

Het geluidsvermogen L_w afkomstig van de technische ruimte kan als volgt worden bepaald:

- **ventilatioeroosters en -openingen**

$$L_w = L_p - 3 + 10 \log S$$

L_p = geluidsdrukkniveau in de technische ruimte

S = oppervlakte van het rooster in m^2

- **gevel van de technische ruimte**

$$L_w = L_p - 3 - R + 10 \log S$$

L_p = geluidsdrukkniveau in de technische ruimte

S = geveloppervlakte in m^2

R = geluidsisolatie-index van het materiaal waaruit de gevel is opgetrokken

- **buitenroosters voor de aanvoer van verse lucht**

Het vermogensniveau is de som van de afzonderlijke vermogensniveaus van de hierop aangesloten pulsieventilatoren, verminderd met de demping van geluiddempers, filters, bochten, enz.

- **luchtafvoerroosters**

Het vermogensniveau is de som van de afzonderlijke vermogensniveaus van de afzuigventilatoren, verminderd met de demping tussen de afzuigventilator(en) en het rooster.





Redactie: M. Van Caillie

Revisie (inhoud en vertaling):

Koninklijke Technische Vereniging van de verwarmings- en verluchttingsnijverheid en van de aanverwante takken (ATIC), Thomas Leclercq, Sophie Vansever, Frédérique Bouras (Leefmilieu Brussel)

Wettelijk depot: D/5762/2009/10

Verantwoordelijke uitgevers: E. schamp, J.-P. Hannequart, Gulledelle 100, 1200 Brussel

