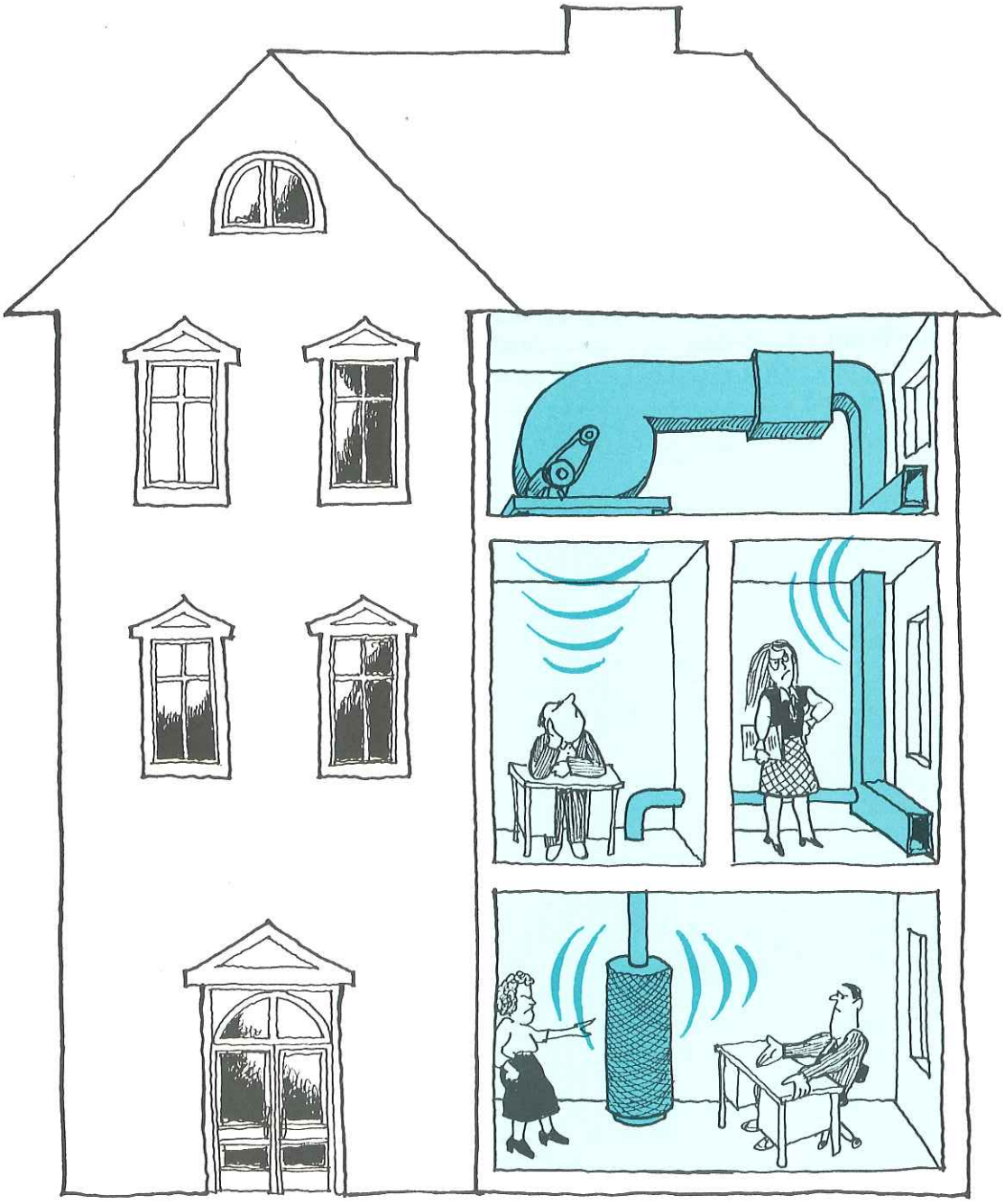
Lågfrekvent buller från ventilationsanläggningar

TIPS OM HUR MAN UNDVIKER PROBLEM



GUNNILLA BILLGREN • KLAS LIDBERG
CHRISTIAN SIMMONS • JÖRGEN SVENSSON • JAN SÖDERQUIST

BYGGFORSKNINGSRÅDET

KBS BYGGNADSSTYRELSEN

INNEHÅLL

Vad är det som brummar? 4

Exempel på lågfrekvensproblem 5

Begrepp och beteckningar 6

Mätning och bedömning av lågfrekvent buller 8

Checklista och tips 10

1. Placering av fläktar och kanaler 11
2. Ljudabsorption 12
3. Ljudisolering 13
4. Fläktval och driftpunkt 14
5. Anslutning av fläkt 15
6. Ljuddämpare 16
7. Kanaldragning och ljudisolering 17
8. Kanalinfästning 20
9. Ventilationsdon 20
10. Vibrationsisolering 21

Att tänka på 23

FÖRORD

Problem med lågfrekvent buller, främst från ventilationsanläggningar uppmärksammas allt mer.

Ljudmiljön upplevs besvärande trots att uppmätta ljudnivåer är "godkända" enligt de bestämmelser som finns. Krav och riktlinjer saknas för lågfrekvent ljud och den mätmetod som vanligen används undervärderar störningen.

I denna skrift vill vi visa hur man kan undvika lågfrekvent ljud från installationer i befintliga byggnader och vid nyproduktion. I en första del beskrivs och förklaras begreppet lågfrekvent ljud. Vi redovisar hur mätningar bör utföras och diskuterar rimlig bullernivå. Lämpliga riktvärden anges. I en andra del redovisas hur de vanligaste orsakerna till lågfrekvent buller kan undvikas. En checklista tar upp tio problempunkter och ger förslag på olika lösningar.

Vi vänder oss i första hand till Er som planerar, projekterar, bygger och förvaltar arbetslokaler. Redovisade exempel är hämtade från kontorsmiljö, men lösningarna är tillämpliga även i andra lokaler, skolor, sjukhus, bostäder etc.

Arbetet med skriften har bekostats i lika delar av Byggnadsstyrelsen och Byggforskningsrådet genom projekt 91 05 11-1 "Akustikförbättring – Informationsblad om lågfrekvent buller".

Värdefulla synpunkter har lämnats av BFR:s FoU-grupp Akustik och kollegor vid Byggnadsstyrelsen.

Byggnadsstyrelsen i december 1992

Gunnilla Billgren

VAD ÄR DET SOM BRUMMAR?

Jo, det är frånluftsfläkten i fläktrummet på vindsvåningen ovanför. Den har man visst glömt att vibrationsisolera. Men vindsbjälklaget är ju så vekt att det skulle väl ändå inte fungera? Kanske skulle det hjälpa med ett undertak. Gör det förresten någon nytta vid så låga frekvenser? Skyddsingenjören som var här och mätte bullret sa att det var godkända värden. Men jag störs ju av ljudet och kan inte tänka längre! Är det fel på hans bullermätare eller är det fel på gränsvärdet? Han kanske bara mätte på ett ställe där ljudet råkar vara svagare? Fläkten hörs mera nu när jag flyttat skrivbordet. Där det stod förut hörde jag istället en dov ton från tilluftsdonet.

Jovisst kan han det!
Men ännu bättre vore det om man hade tänkt på bullerproblemet när huset byggdes. Då hade man sluppit kostnaden för att rätta till felen i efterhand.

Bestämmelser och fakta saknas

Många människor är känsliga för lågfrekvent buller och känsligheten tenderar att öka ju längre man utsätts för det. Lågfrekvent buller är i allmänhet svårare att acceptera och lokalisera än högfrekvent ljud.

Det är svårt att ställa krav på och sätta gränser för det låga frekvensområdet.

- Fungerande krav saknas i byggnormerna.
- Standardlösningar eller rutinmässig behandling i projekteringen har inte tvingats fram.
- Ljudisoleringsvärden för väggar och bjälklag slutar där det lågfrekventa bullret tar vid, eftersom de standardiserade mätmetoderna inte når så långt ner.
- Den mätmetod man vanligen använder för bullermätningar underskattar störningsgraden vid låga frekvenser.

Lösningar finns

Störande ljud härrör i många fall från ventilationsanläggningen. Bullret är inte bara störande. Det kan också vara tecken på fel i ventilationsanläggningens funktion.
En olyckligt vald fläkttyp drar till exempel ofta onödigt mycket energi.

Det krävs fackkunskap, ibland komplicerade mätningar och beräkningar för att rätta till felen. Men ofta är lösningarna enkla.
Det handlar om:

- att undvika onödig ljudalstring, t ex genom att välja rätt fläkt och utforma systemet på rätt sätt
- att i planlösningen och placeringen av komponenterna tänka på att känsliga utrymmen inte ska störas av ventilationsljudet
- att ställa upp och montera komponenterna så att vibrationer inte överförs till byggnadsdelarna.

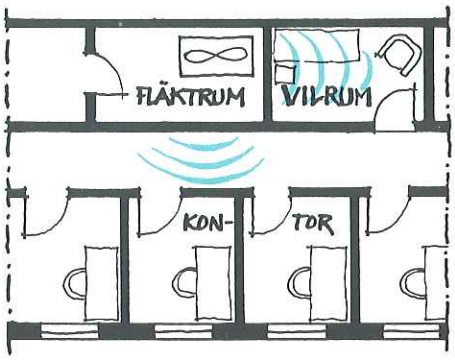
I denna skrift tar vi upp sådant som ofta blir fel, men där det är förhållandevis enkelt att göra rätt och möjligt att påverka, även om man inte är ljudspecialist.

EXEMPEL PÅ LÅGFREKVENSPROBLEM

Ventilationen orsakar lågfrekvensproblem

Ljud från ventilationsanläggningar dominerar problemen med lågfrekvent ljud. Några vanliga orsaker är:

- Felaktig uppställning av fläktar ofta i kombination med olämpliga fläktrumsbjälklag.
- Stora ventilationskanaler som går ovanför undertak i kontorsrum.
- Rektangulära ventilationskanaler nära schaktvägg som vetter mot ljudkänsliga rum.
- Ljuddämpare som endast dimensioneras för att klara ljudmålsättningen i dB(A), utan hänsyn till att det dominerande ljudinnehållet koncentreras till bastonerna.
- Olämplig utformning av strypdon. Det gäller speciellt i kombination med lågimpulsdon som ger ringa dämpning vid låga frekvenser.



Exempel på ljudkänsligt rum (vilrum) intill fläktrummet. På grund av lågfrekvent ljud kan rummet inte användas som vilrum, trots att ljudnivån bara är 35 dB(A).

Praktikfall: Ljudkänsligt rum intill fläktrum

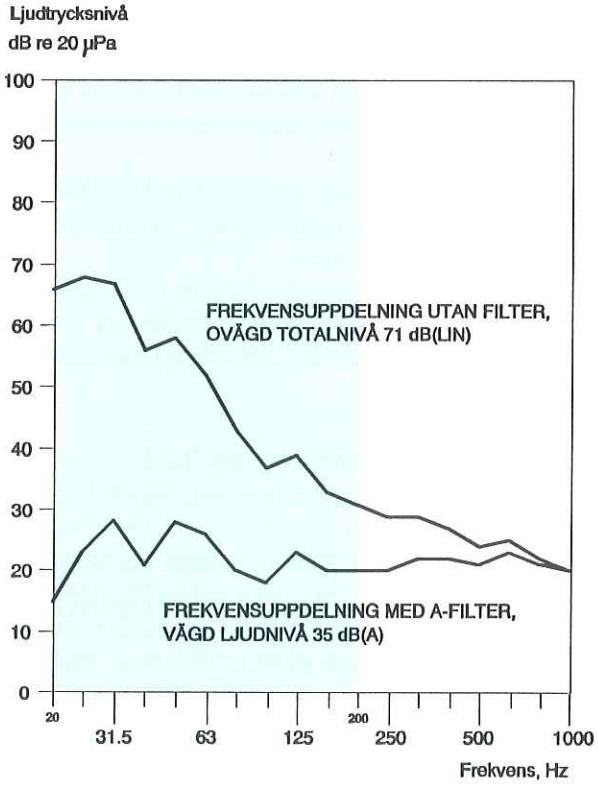
Planlösningen kan många gånger medverka till lågfrekvensproblem. En vanlig plansituation i kontorshus är att ljudkänsliga rum ligger ihop med fläktrum eller intill ventilationsschakt.

Vilrummet intill fläktrummets kortvägg i exemplet störs av lågfrekvent buller. Diagrammet visar frekvensuppdelningen i tersband av bullret.

Målsättningen är uppfylld, att högsta ventilationsbullernivå ska vara 35 dB(A). Rummet är ändå omöjligt att använda på grund av lågfrekvent ljud. Speciellt irriterande är att ljudet varierar starkt mellan olika platser i rummet, utan att man kan höra varifrån ljudet kommer. Det är ett fenomen som är typiskt för lågfrekvent buller.

Orsaken är i detta fall en olycklig placering av komponenterna i fläktrummet och en fläktrumsvägg med dålig ljudisolering i det område där fläktarna ger kraftigt lågfrekvensljud.

Kontorsrummen vid fasaden har inga lågfrekvensproblem, eftersom korridoren bildar en buffert (jämför även avsnittet Placering av fläktar och kanaler, sid 11).



Ljudmätning visar frekvensuppdelning av bullret i vilrummet (ljudtrycksnivåer i tersband). Den undre kurvan är mätning med dB(A)-filter. Krav på ljudnivå i rum anges ofta med ett högsta tillåtet dB(A)-värde. A-filtret undervärderar dock störningen från de låga frekvenserna. Den övre kurvan visar mätresultaten utan filter. Skillnaden mellan mätningen utan filter och med A-filter är mycket stor vid de lägsta frekvenserna. Det är det lågfrekventa ljudet som gör vilrummet oanvändbart.

BEGREPP OCH BETECKNINGAR

Ljudtryck och frekvens

Det man upplever som ljud, består av tryckvariationer i luften vilka påverkar trumhinnan i örat. Dessa svängningar har en styrka som bestäms av ljudtrycket, vilket mäts som ljudtrycksnivå i decibel (dB).

Antalet svängningar per sekund avgör ljudets tonhöjd, dess frekvens. Frekvensen anges i Hertz (Hz). De flesta naturliga källor, såsom fläktar, avger ljud som innehåller en blandning av toner med olika frekvens och styrka. Oönskat ljud kallas **buller**. Låga frekvenser innebär dova, mullrande ljud (basregistret) och höga frekvenser ger vassa, skärande ljud (diskantregistret).

Människans hörområde sträcker sig från ca 20 Hz till ca 20.000 Hz. Därunder finns s k infraljud och däröver s k ultraljud. Lågfrekvensområdet brukar räknas från ca 20 Hz till ca 200 Hz.

Örats känslighet

Både ljudtrycket och frekvensinnehållet har betydelse för hur man upplever bullerstörningen.

- Vid låga frekvenser är örat mycket okänsligt för svaga ljud jämfört med känsligheten vid högre frekvenser.
- Med ökande ljudtryck ökar örats känslighet vid låga frekvenser. Känsligheten är dock fortfarande sämre än vid höga frekvenser.

Olika filter för mätning av ljud

Ljudmätningar görs oftast med någon form av filter. Filtret kan ha till uppgift att efterlikna människans upplevelse av ljudet, som vägningsfilter A och C (se figur sidan 7). För att visa vilka frekvenser bullret innehåller, används bandfilter som skär ut en bit av frekvensområdet. Filtrets bredd bestämmer analysens noggrannhet. Ju smalare filter desto större detaljeringsgrad.

Vägningsfilter A

I de flesta mätstandarder föreskrivs att bullermätningar ska göras med vägningsfilter A inkopplat. Mätvärdet kallas ljudnivå och anges i dB(A).

Filtret dämpar låga frekvenser och framhäver höga, precis som örat. Överensstämmelsen med örats känslighet är god för svaga ljud.

Vägningsfilter C

Vid höga ljudtryck dämpar örat inte det lågfrekventa ljudet i samma grad. Detta förhållande motsvaras bättre av vägningsfilter C.

Skillnaden kan bli avsevärd mellan dB(A) och dB(C) för samma buller, när bullret är lågfrekvent. Det normalt tillämpade dB(A)-måttet tenderar alltså att underskatta störningsgraden för lågfrekvent buller.

Oktavbands- och tersbandsfilter

Oktavbandsfilter är vanligast vid bedömning av bullerstörning. Ett oktavband innefattar alla toner från en viss frekvens upp till dubbla frekvensen. Vid ljudmätningar anges oktavbanden med sina "mittfrekvenser". Jämför frekvensskalan i figuren på sidan 7.

För oktavbandsvärden finns flera "kriteriekurvor" som beskriver störningsgraden bättre än dB(A)-måttet. Exempel på sådana kurvor är Noise Rating Numbers (NR), Balanced Noise Criterion Curves (NCB) och Room Criteria (RC). Den senare förespråkas i en handbok från ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc).

Tersbandsfilter används främst för att beskriva ljudisoleringsegenskaper. Tersband är tredjedelsoktaver, dvs en oktav uppdelad i tre delar. Mittfrekvensen för den "mittersta tersen" är samma som mittfrekvensen för oktavbanden.

Smalband

Oktavbands- och tersbandsfiltren ger ibland för grov information om hur ljudet varierar mellan olika frekvenser. Vid mätning i smalband bestämmer man med hjälp av instrumentet hur brett frekvensband man vill ha.

Smalbandsmätning används främst för att bestämma exakta frekvenser. Det kan vara nödvändigt, t ex för att skilja ut vilken ljudkälla som orsakar lågfrekvensbullret.

Luftljud och stomljud

Ljudet i en byggnad sprids såväl genom luften (luftljud) som i form av vibrationer i byggnadsstommen för att sedan nå örat via luften (stomljud).

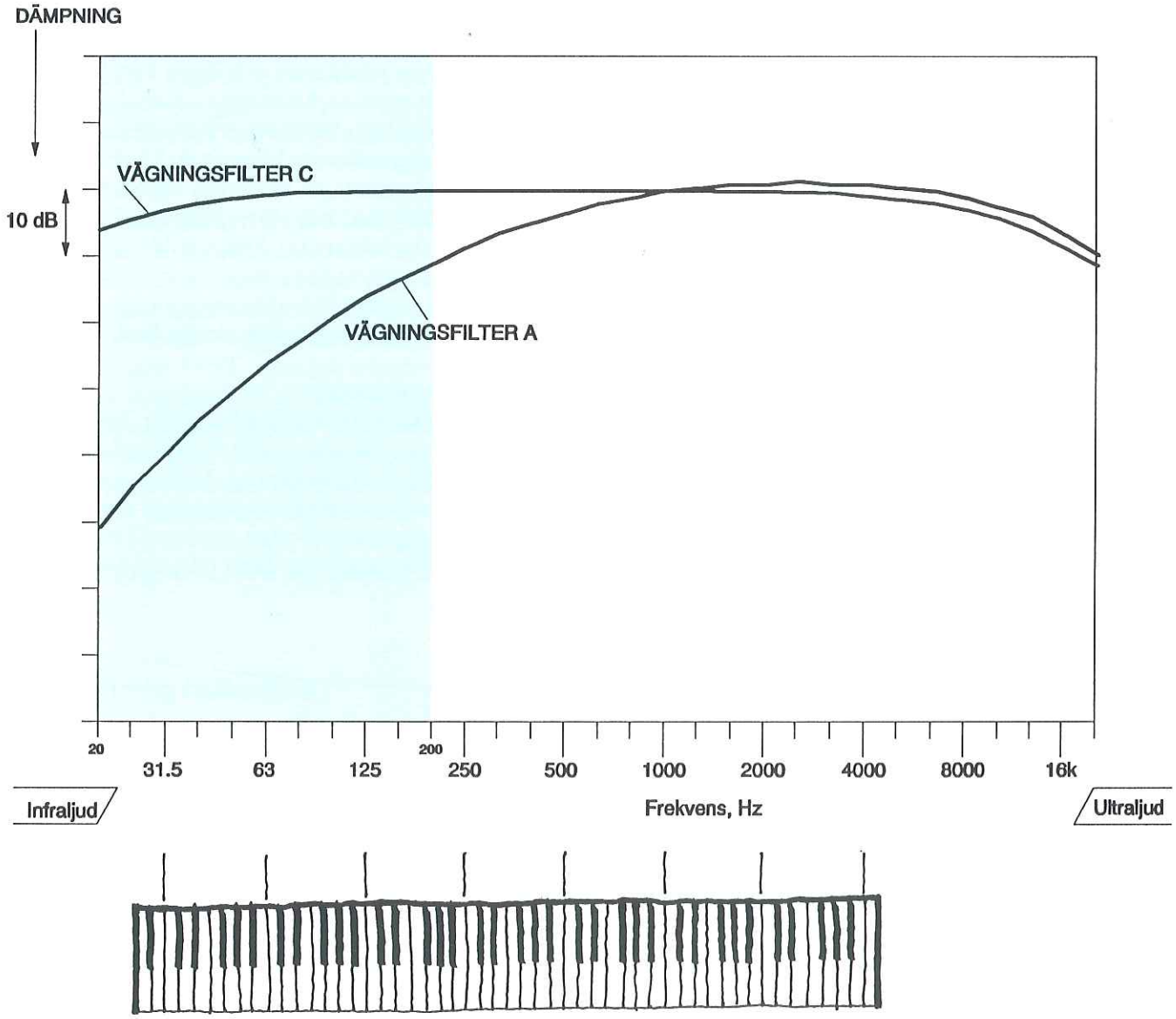
Stomljud sprids lätt i en byggnad och kan ge störningar långt från fläktrummet.

Ljudnivå och absorbenter
Ljudnivån i ett rum kan minskas med hjälp av ljudabsorbenter. Absorbenter är ofta porösa material. Absorptionsegenskaperna är olika för olika material och anges i % eller som absorptionsfaktor. Absorptionsfaktorn talar om hur stor del av infallande ljudenergi som absorberas.

Rummets storlek, absorptionsfaktorn samt absorptionsmaterialets placering och area påverkar ljudnivån och bestämmer även rummets efterklangstid. Normala ljudabsorbenter ger dock ringa effekt på lågfrekvent buller.

Mer information

Detaljerade begreppsförklaringar finns i Byggforskningsrådets skrift T17:1991 "Buller och ljudisolering – Begreppsförklaringar, krav och standarder".



Figuren visar dämpningskurvan för vägningsfilter A och C. A-filtret ger kraftig dämpning vid låga frekvenser och efterliknar örats känslighet för svaga ljud. Vid kraftigare ljud har örat sämre filterverkan vid låga frekvenser än A-filtret. dB(A)-värdet ger en falsk bild av ljudstörningen upp till ca 200 Hz. Med vägningsfilter C kan man "gaffla in" risken för lågfrekvensstörning, eftersom C-filtret inte ger nämnvärd lågfrekvensdämpning.

MÄTNING OCH BEDÖMNING AV LÅGFREKVENT BULLER

Mätnoggrannhet

Ljudmätningars noggrannhet bestäms av instrumentets precision, mikrofonens placering och ljudkällans egenskaper.

Ljudnivåmätare

Ljudnivåmätare består av en mikrofon som omvandlar tryckpulsationerna i luften till elektriska signaler, en förstärkare med ett eller flera filter och en analog (stapel eller visare) eller digital (siffervärden) visning av dB-talet.

Den internationella standarden IEC 651 har specificerat prestanda för ljudnivåmätare. Det finns två klasser:

- Typ 1 som har god noggrannhet (precisionsmätare)
- Typ 2 som har vidare toleransgränser, t ex för frekvensområdet och A-filtret. Mätaren är mindre lämplig för mätning av lågfrekvent ljud.

Alla ljudnivåmätare har vägningsfilter A. Filtret väger samman mätvärdena med en filterkurva, som dämpar låga frekvenser kraftigt på ett sätt som anses motsvara örats uppfattning av ljudet. Många instrument har också vägningsfilter C, som framhäver det lågfrekventa ljudet mer.

Mer avancerade instrument är även försedda med oktavbandsfilter, som visar ljudets nivå vid olika frekvenser. För att mäta tersband används ofta en s k realtidsanalysator. Rena toner från exempelvis roterande maskiner identifieras bäst med en FFT-analysator.

Mikrofonens placering

I ett rum förekommer ofta "stående vågor" mellan parallella ytor. Dessa ger höga ljudtryck i vissa positioner och lägre i andra. Det är särskilt märkbart när rena toner dominerar bullret. Vid låga frekvenser kan skillnaden mellan två positioner bli mer än 15 dB! Stående vågor bestäms av rummets dimensioner. Lågfrekvent ljud har större våglängd än högfrekvent (se faktaruta). Detta leder till mera uttalade vågmönster i normala rum. Mikrofonens placering kan således göra att man hittar eller missar särskilt starka ljud.

Vibrationsmätning

Med vibrationsmätning på väggar, bjälklag, etc kan man lokalisera och detaljstudera orsaken till en bullerstörning. Mätningen kan ofta göras med samma instrument som för ljudmätning. Mikrofonen ersätts då med en s k accelerometer som fästs på ytan (väggen etc).

Stående vågor finns i rum som har buller. Det är särskilt tydligt när bullret innehåller rena toner. De stående vågorna kan i vissa punkter i rummet ge betydligt högre ljudtryck än i övriga delar.

FAKTA
Ljudets våglängd beräknas enligt formeln, $\lambda = c / f$. Lambda (λ) är våglängden i meter, c är ljudhastigheten i m/s och f är frekvensen i Hz.
Några exempel på våglängder i luft:

Frekvens	Våglängd
20 Hz	17,0 m
50 Hz	6,8 m
100 Hz	3,4 m
200 Hz	1,7 m
1 000 Hz	0,34 m
10 000 Hz	0,034 m

Fluktuerande buller
Buller som varierar kraftigt är svårt att avläsa på vanliga mätinstrument. Vid buller som varierar i tiden ska vanligen energimedelvärdet under den tid man betraktar bullret (ekvivalentnivån) jämföras med det ljudkrav man har i rummet. Lämpliga mätinstrument för detta är s k integrerande instrument.

Vid måttliga variationer kan det räcka med ett vanligt instrument med tidsvägning SLOW. Man inför en normerad tröghet i instrumentutslaget så att mindre fluktuationer inte påverkar mätresultatet. För ljud med kort varaktighet (bullertoppar) används normalt tidsvägningen FAST, som har mindre tröghet.

Svensk standard, SS 025263 (Byggakustik – Mätning av ljudnivå i rum – Fältprovning) ger regler för hur ljudnivåmätning ska ske. Den förordar att man mäter ekvivalent ljudnivå. Standarden lämnar tips om hur man avgör om bullret är lågfrekvent och anger tilläggsregler, med mätning nära hörn där ljudtrycket är högst.

Vad är rimlig bullernivå?

I Nybyggnadsreglerna anges för arbetslokal i kontors- och affärshus att ljudnivån från installationer inte bör överstiga 40 dB(A) i arbetsrum för en till tio personer. I Byggnadsstyrelsens Nybyggnadshandbok, Krav och råd 1992, ges olika värden på högsta tillåtna ljudnivåer beroende på lokaltyp.

Ange gränser för lågfrekvensbullret
Det behövs ett mått som tar bättre hänsyn till frekvensinnehållet än vad dB(A)-värdet gör. Med en kompletterande mätning med C-filtret kan man kontrollera om ljudet har lågfrekvent karaktär.

Följande kan anses vara lämpliga riktvärden för högsta tillåtna installationsbuller.

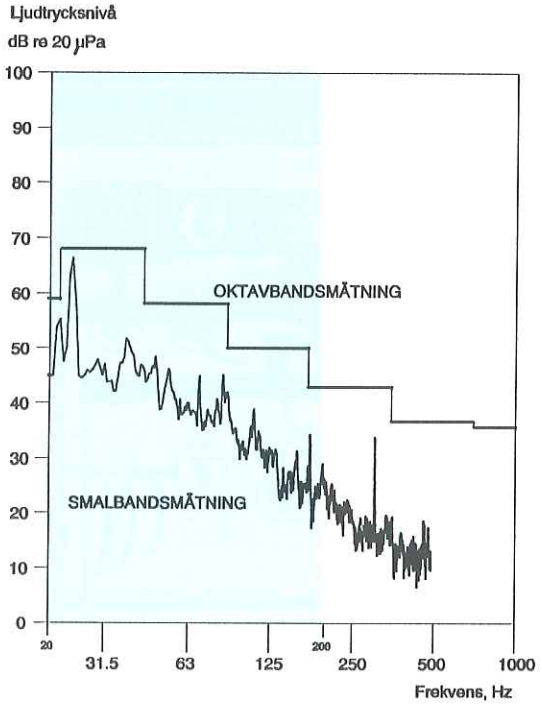
- För normala smårumskontor högst 35 dB(A), med tilläggskravet att 50 dB(C) inte får överskridas.
- För vissa lokaltyper, som laboratorier kan riktvärdet höjas till 40 dB(A) med tilläggskravet 55 dB(C).
- För andra, till exempel större hörsalar bör riktvärdet skärpas till 30 dB(A) med tilläggskravet 45 dB(C)

Tilläggskravet i dB(C) medför att det lågfrekventa bullret måste beaktas särskilt.

TUMREGLER
1. *Om C-värdet är mer än 15 dB högre än A-värdet kan ljudet sägas vara dominerat av låga frekvenser. Det är då ofta nödvändigt att göra en mera ingående analys av ljudet.*
2. *Om C-värdet överstiger A-värdet med 25 dB-enheter eller mer kan man räkna med allvarliga bullerstörningar.*

Dominerande frekvenser
För att i detalj studera frekvenser som dominerar behövs en analys med oktavband-, tersband- eller smalbandsfilter.

Även om man mäter "godkända värden" kan människor känna sig störda. Det är när bullret domineras av rena toner, som i figuren, eller när bullret är oregelbundet. Då kan det vara befogat att skärpa kraven ovan med 5 dB-enheter.



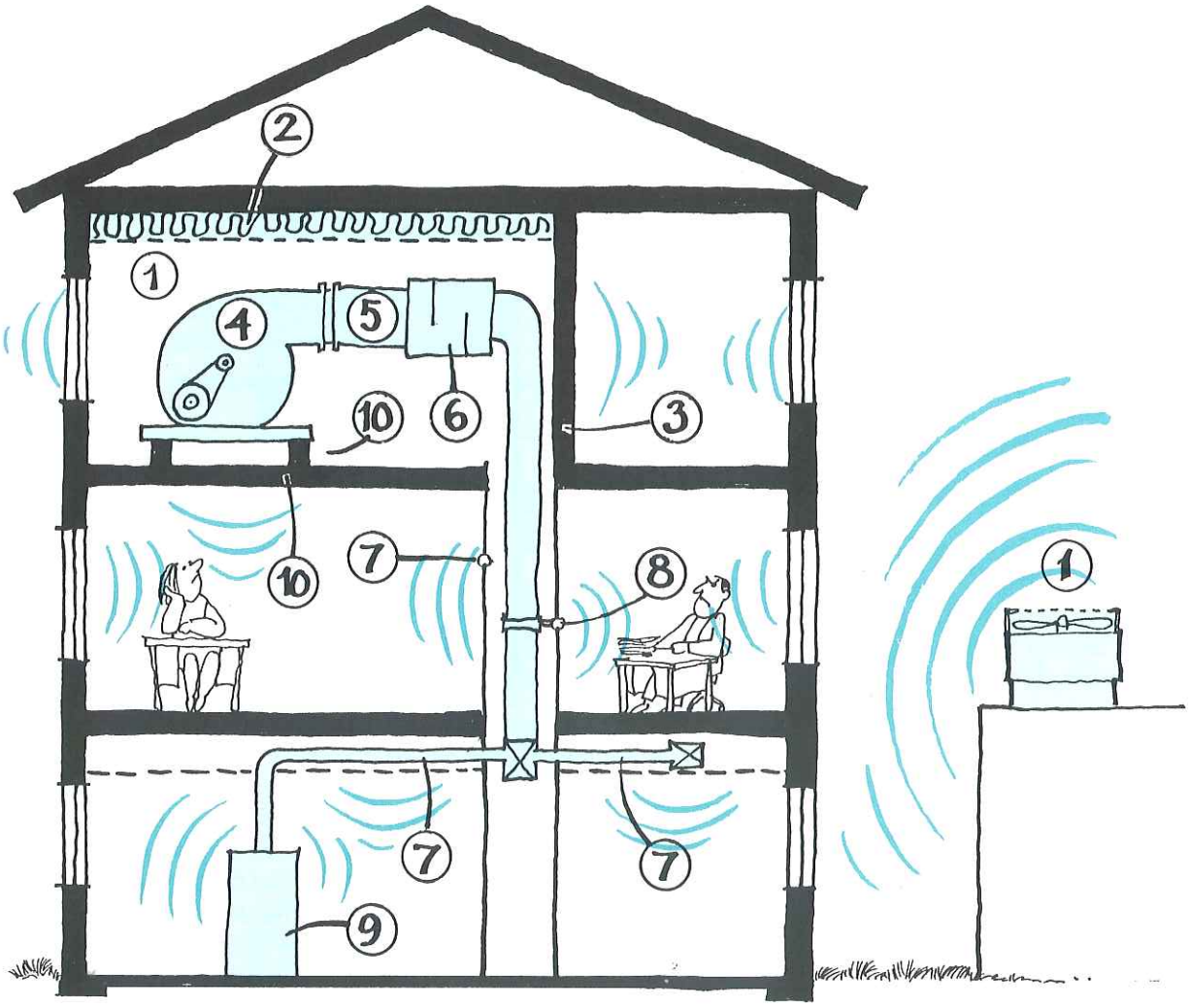
Den taggiga kurvan visar smalbandsmätning och heldragna linjer oktavbandsmätning i ett kontor. Kurvorna avslöjar att bullret består av rena toner (de höga topparna) och hur de visar sig med analysmetoderna smalbandsmätning och oktavbandsmätning. Tonen vid 25 Hz motsvaras av driftvarvtalet på en pumpmotor. Smalbandskurvan ger därmed informationen att det inte var den näraliggande fläkten (med lägre varvtal) som stör mest.

CHECKLISTA OCH TIPS

Ventilationsanläggningar kan orsaka lågfrekvensstörningar på många olika sätt. Åtgärder som begränsar lågfrekvensbuller ger inte bara bättre ljudmiljöer, utan kan också bidra till bättre driftsekonomi. Checklistan sammanfattar några vanliga problemområden och på följande sidor ges tips till lösningar. De kan direkt utnyttjas vid nyproduktion och större ombyggnader. Många kan även tillämpas i befintliga byggnader.

CHECKLISTA

1. Placering av fläktar och kanaler
2. Ljudabsorption
3. Ljudisolering
4. Fläktval och driftpunkt
5. Anslutning av fläkt
6. Ljuddämpare
7. Kanaldragning och ljudisolering
8. Kanalinfästning
9. Ventilationsdon
10. Vibrationsisolering

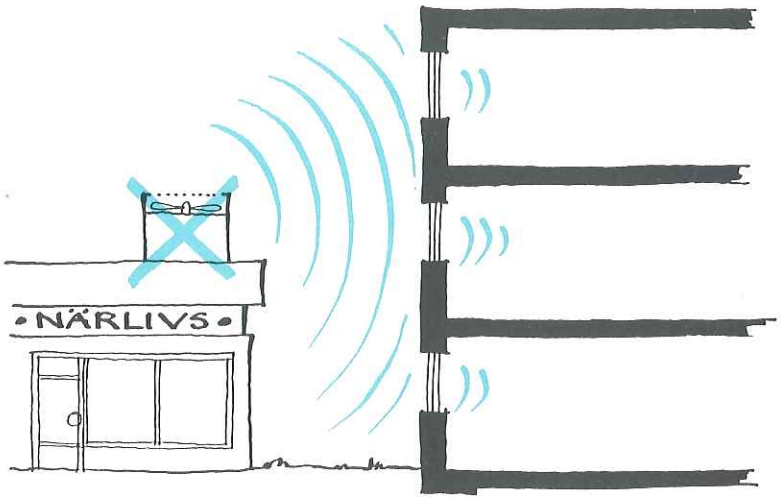


1. PLACERING AV FLÄKTAR OCH KANALER

1 a. Installationer utomhus

Aggregat som placeras inne på gårdar och på lågbyggnader intill högre hus är vanliga orsaker till bullerproblem icke minst i samband med energisparprojekt och andra ombyggnader. Ljudet från fläktarna tränger in genom fönstren på bredvidliggande högre hus. Man blir störd även med stängt fönster, eftersom detta ger dålig ljudisolering vid låga frekvenser. Om aggregatet flyttas till ett väl avskärmat läge minskar störningsrisken.

En för många välkänd störning är bullrande fläktar på lågbyggnader eller gårdar. Fläktar bör placeras i ljudavskärmat läge.

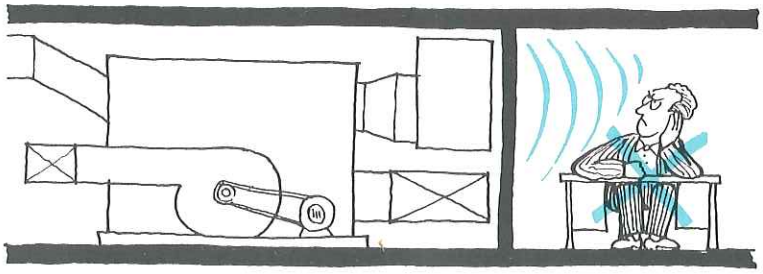


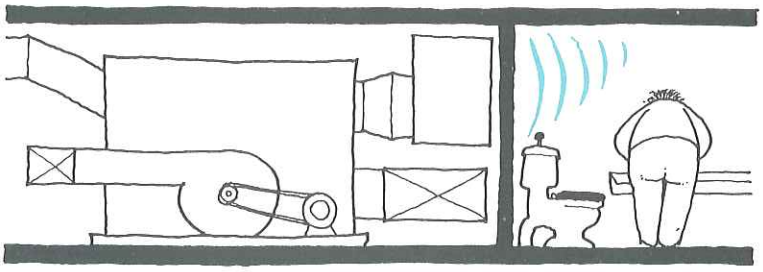
1 b. Rum intill fläktrum

Ljudkänsliga rum bör inte placeras nära fläktrum, inte heller nära schakt med rektangulära huvudkanaler. Rektangulära kanaler vållar vanligen större ljudproblem än cirkulära (se även exempel 7 b. Kanalsektion).

Rum som är mindre ljudkänsliga såsom förråd och toaletter placeras lämpligen som buffert intill fläktrummet. Detta ökar friheten att välja fläktrumskonstruktioner, utan att riskera bullerstörningar.

Mindre ljudkänsliga rum som toaletter och förråd bör placeras intill fläktrum eller schakt.

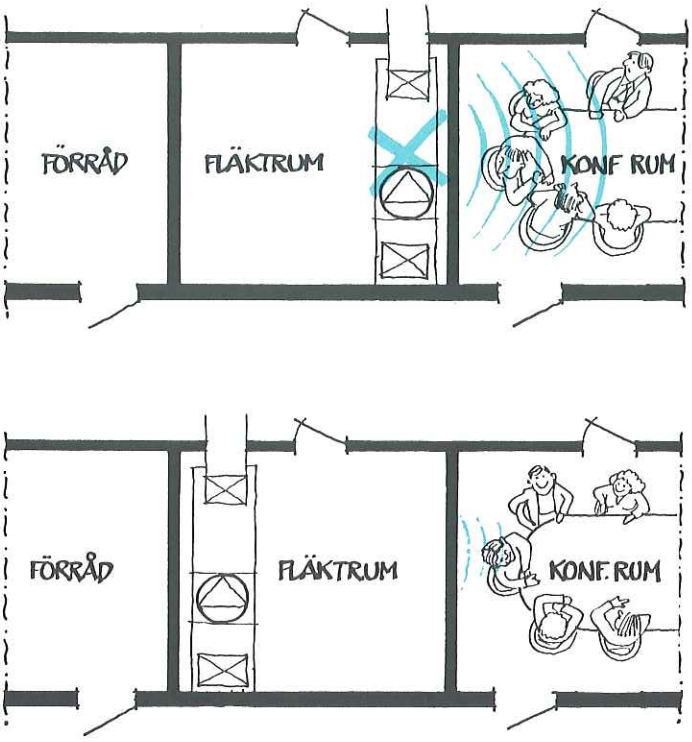




1 c. Placering i fläktrum

Fläktaggregat bör inte placeras nära en vägg som vetter mot ett ljudkänsligt rum. Ljudet från aggregatet trycker på väggen med stor kraft via den luftfjäder som bildas av spalten mot väggen. Ett rejält avstånd till den ljudisolerande väggen försvagar luftfjädern. Trycket på väggen blir betydligt mindre. Samma princip gäller för placering av rektangulära kanaler. Det ska vara stort avstånd till väggen. Ofta förbises detta och kanalen fästs t o m i den ljudisolerande väggen, vilket innebär stor risk för ljudproblem.

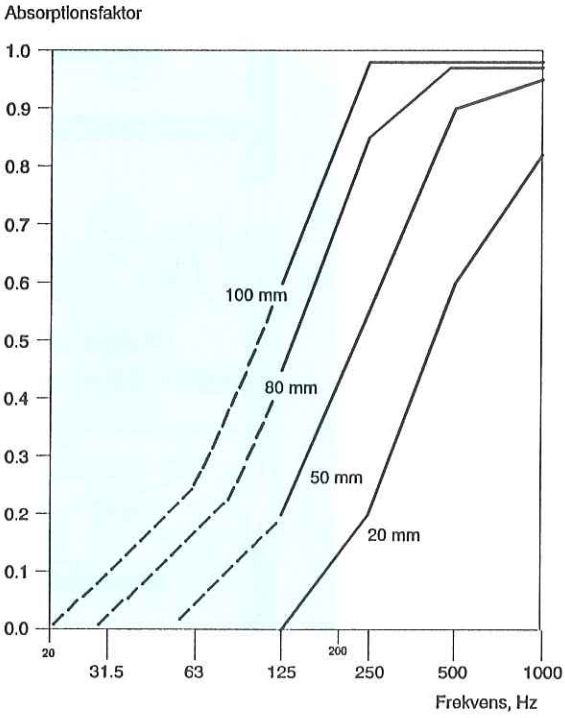
Placera fläktar och rektangulära kanaler så att rumsvolymen hjälper till att försvaga ljudet innan det träffar den ljudisolerade väggen, dvs så långt som möjligt från väggen.



2. LJUDABSORPTION

Ljudabsorbenter kan inte lösa problem med lågfrekvent ljud i fläktrum. Tjocka ljudabsorbenter ger visserligen en viss effekt vid låga frekvenser, men inte tillräcklig. Tunna absorbenter har ingen effekt.

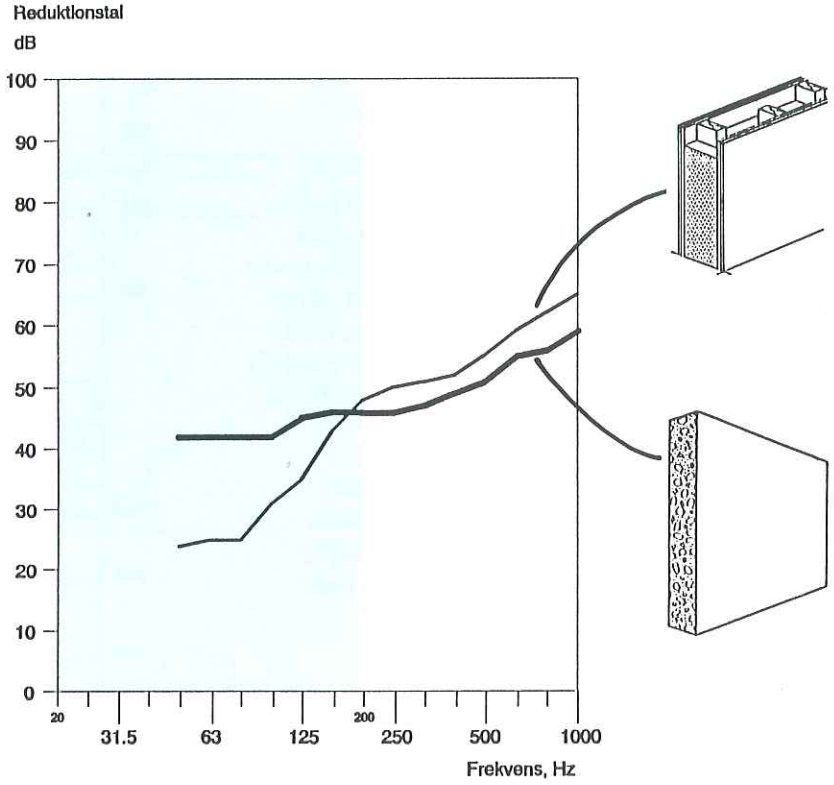
Kurvan visar absorptionsfaktorn för mineralull, dvs hur stor del av infallande ljudenergi som absorberas vid olika frekvenser och olika tjocklek på absorbenten. Vid låga frekvenser är absorptionsfaktorn låg.



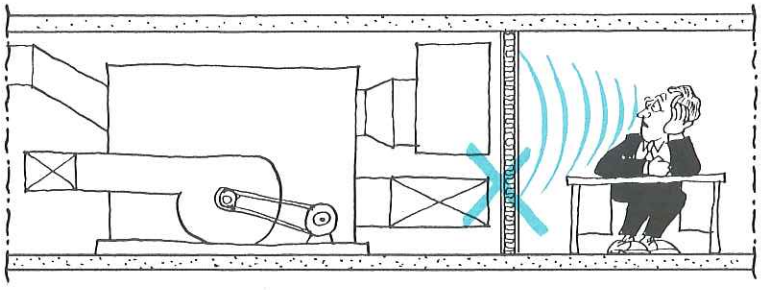
3. LJUDISOLERING

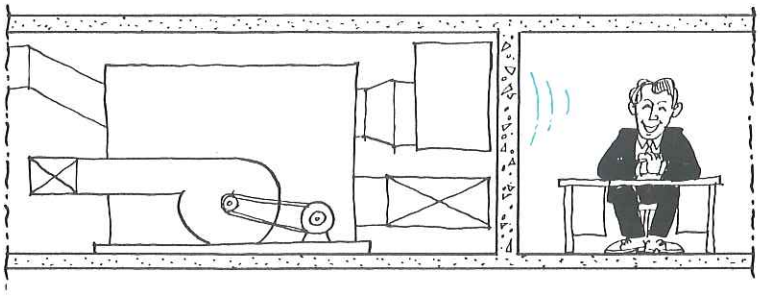
Fläktrumsväggar bör helst byggas som tunga enkelkonstruktioner. De har i allmänhet bättre ljudisolering vid låga frekvenser än lätta regelväggar med luftspalt. Lättväggar har normalt en resonansfrekvens i det lågfrekventa området, som i olyckliga fall kan sammanfalla med fläktens skovelfrekvens eller annan störfrekvens. Lätta regelväggar kräver större noggrannhet i dimensioneringen än tunga enkelkonstruktioner.

Kurvorna visar skillnaden mellan en tung vägg av betong och en vanlig regelvägg. Väggarna har samma ljudklass, men skillnaden i ljudisolering är stor vid de lägsta frekvenserna. Vid 63 Hz skiljer ca 20 dB.



Se till att fläktrumsväggen ger tillräcklig ljudisolering även vid låga frekvenser. Tunga väggar av t ex betong eller tegel ger vanligen bra lågfrekvensisolering. Lätta regelväggar och lättbetongväggar fordrar noggrann dimensionering.





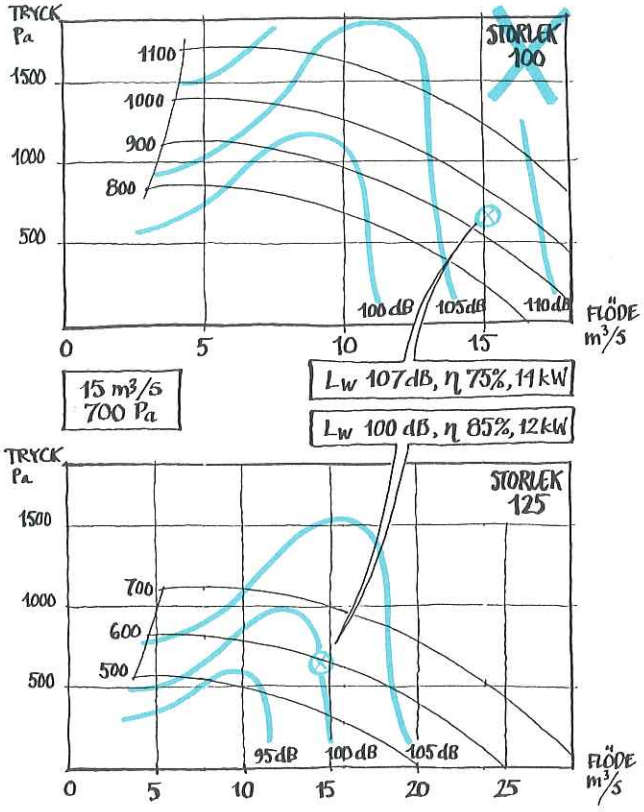
4. FLÄKTVAL OCH DRIFTPUNKT

Valet av fläkt har betydelse för lågfrekvent ljudalstring. I alla entreprenadformer är det viktigt att specificera fläktegenskaperna och att se upp med alla förslag till byte. Det gäller inte minst vid totalentreprenader, där lägsta anläggningskostnad lätt blir styrande. (Se även exempel 10 c. Invändig vibrationsisolering i klimataggregat). Även underhållet av ventilationsanläggningen påverkar bullerförhållandena. Ett delvis igensatt batteri kan t ex ändra fläktens driftpunkt så att lågfrekvensbullret ökar drastiskt, samtidigt som verkningsgrad och övrig fläktfunktion blir sämre. Se speciellt upp med ändringar i samband med ombyggnader, där befintliga fläktar ofta behålls trots förändrade flöden.

4 a. Val av fläktstorlek

Nödvändig fläktfunktion kan ofta klaras med olika storlekar av samma fläkttyp. En mindre fläkt med högre varvtal kan göra samma arbete som en större med lägre varvtal. Även från ljudsynpunkt bör man välja fläkt så att verkningsgraden blir hög. Driftpunkter i fläktdiagrammets utkanter medför risk för instabilt flöde och därmed kraftiga lågfrekvensstörningar.

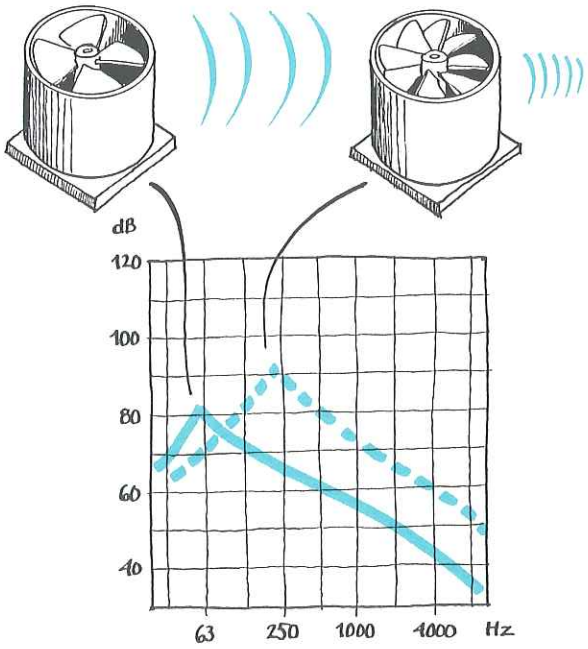
En fläktstorlek som ger en driftpunkt i fläktdiagrammets utkanter alstrar mer ljud än en bättre vald storlek. Driftekonomin och möjligheterna att ändra flöde försämras även med den mindre fläktstorleken.



4 b. Val av fläkthjul och varvtal

Dämpning av lågfrekvent buller kräver stora dimensioner och kraftiga konstruktioner. Det lönar sig ibland att välja en fläkt med högre varvtal och/eller större skovelantal än den som ger den lägsta ljudalstringen i dB(A). Eftersom dämpbehovet förskjuts mot högre frekvenser (mindre våglängd) kan det bli lättare att ordna ljuddämpare trots att dämpbehovet i dB(A) är större.

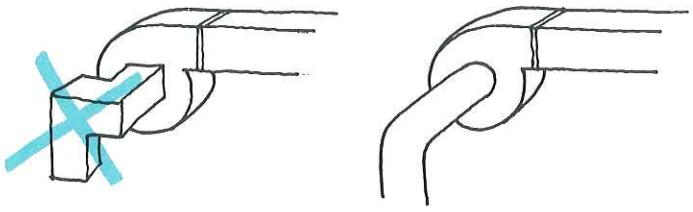
Fläktar med få blad och lågt varvtal, ger lågfrekvent ljud. Fläktar med många blad och högre varvtal, ger högfrekventare ljud som kan vara lättare att dämpa än det lågfrekventa.
Figuren visar ett exempel där både skovelantal och varvtal dubblerats. Detta gör att fläktens bladfrekvens flyttas med faktorn 4 från 50 till 200 Hz.



5. ANSLUTNING AV FLÄKT

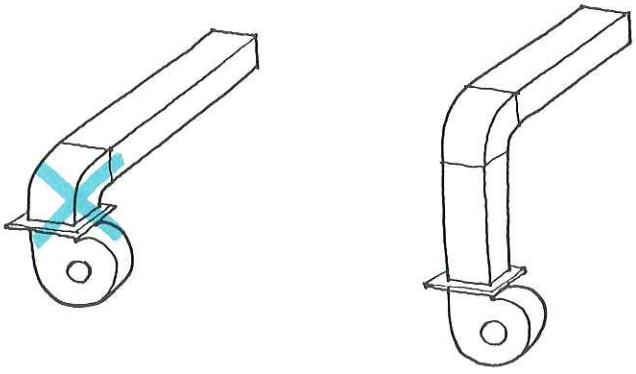
Anslutningarna till inloppet och utloppet på fläkten är känsliga punkter. De måste utformas så att luftströmningen blir jämn och hastighetsprofilen symmetrisk. Om luften kommer i rotation (turbulens) alstras det ljud. Är hastighetsprofilen ojämn riskerar man att ljud alstras i efterföljande komponenter. Turbulens stör dessutom fläktens arbete och den vidare luftströmningen i kanalen.

5 a. Kanalutformning – inloppssidan



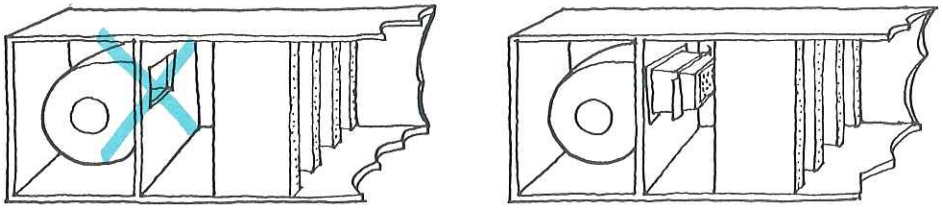
Tvära kanalkrökar före fläktinloppet ger en orolig luftström. Det finns risk för att lågfrekvent ljud alstras. En mjuk kanalböj, på tillräckligt avstånd från fläkten ger jämn luftströmning.

5 b. Kanalutformning – utloppsidan



Kanalkrökar bör undvikas nära fläktutloppet. Den osymmetriska hastighetsprofilen påverkar tryckfallet i efterföljande komponenter och ger turbulens och ljud i kanalkröken. Luften måste först plana ut, så att hastighetsprofilen blir likformig. Det fordras en rak kanal med tillräcklig längd efter fläkten.

5 c. Flödesutjämning med diffusor



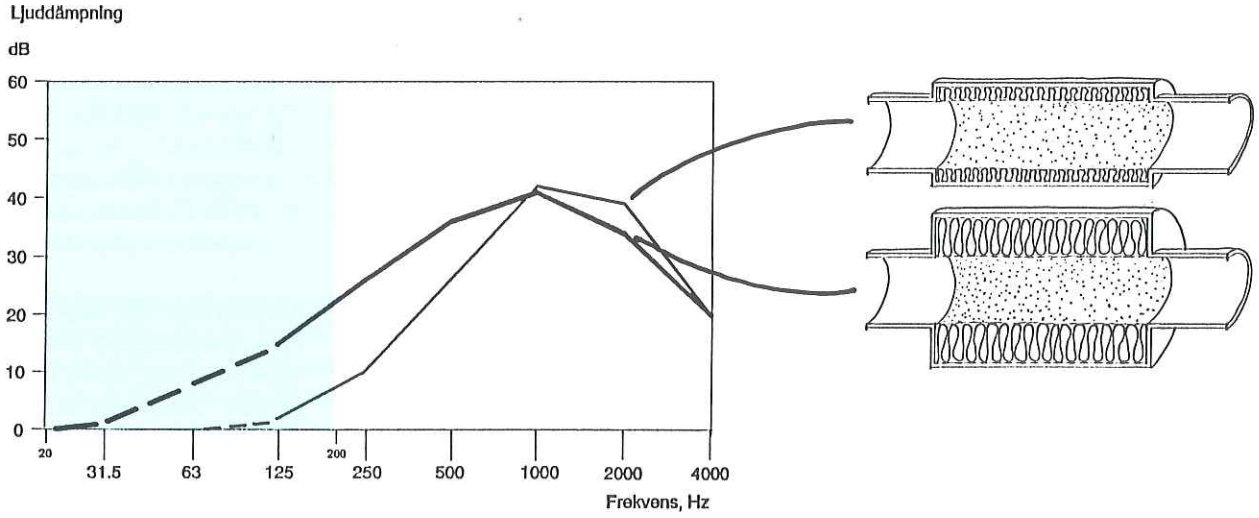
Ojämn luftfördelning i utrymmen efter fläkten, t ex tryckläda i ett klimataggregat, är en källa till lågfrekvensbuller.
En diffusor i fläktutloppet gör areaförändringen mindre markant, samtidigt som fläktens funktion förbättras.
Åtgärden kan ofta enkelt genomföras även i befintliga anläggningar.

6. LJUDDÄMPARE

Ljuddämpare måste väljas med avseende på de frekvenser som ska dämpas. Lågfrekvent ljud är betydligt svårare att dämpa än mellan- och högfrekvent ljud.

6 a. Absorbenttjocklek i ljuddämpare

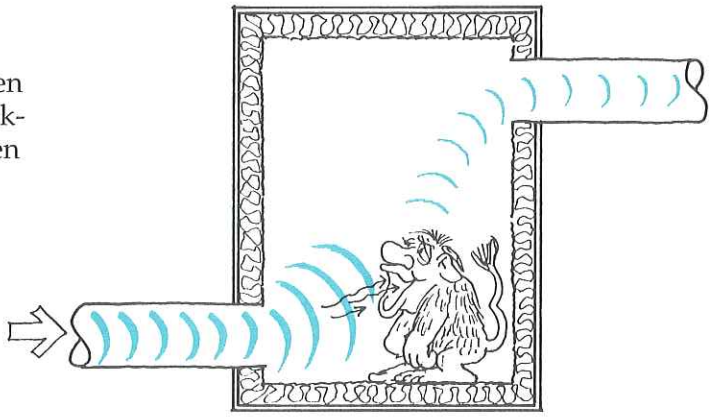
Högfrekvent ljud dämpas bra med tunna ljudabsorptionsmaterial, men man får just ingen dämpning vid låga frekvenser. Ljuddämpare med tunt absorptionsmaterial ger god dämpning av dB(A)-värdet, medan lågfrekvensbullret inte påverkas. Med större absorbenttjocklek blir ljuddämparen effektivare vid låga frekvenser med bibehållen effekt vid högre frekvenser. Dämpningen är dock dålig vid riktigt lågfrekvent ljud. Med avstämda (reaktiva) ljuddämpare kan man ordna effektiv dämpning även vid låga frekvenser.



Kurvorna visar ljuddämpningen hos två ljuddämpare med olika tjocka ljudabsorptionsmaterial, 50 respektive 150 mm mineralull. Kanaldimensionen är Ø 250 mm. Skillnaden är stor vid lågfrekvent ljud (125 Hz). Där dämpar det tunnare materialet just ingenting. Ljuddämpningen vid mellan- och högre frekvenser är någorlunda likvärdig.

6 b. Expansionskammare

En dämpad expansionskammare ger god lågfrekvensdämpning. Expansionskammaren kan ofta ingå som en naturlig sug- eller tryck-låda i ventilationssystemet. Ljuddämpningen bestäms bland annat av kammarens volym och avstånd mellan inlopp och utlopp.



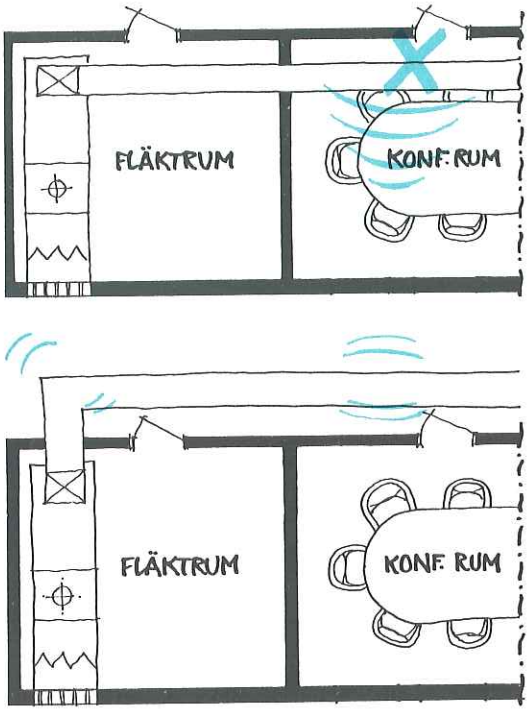
Expansionskammare invändigt klädd med mineralull ger god lågfrekvensdämpning.

7. KANALDRAGNING OCH LJUDISOLERING

7 a. Kanalförläggning

Hur kanaler förläggs i byggnaden har betydelse för om kanalljudet ger ljudstörning eller inte. Rektangulära kanaler och stora cirkulära kanaler bör inte dras genom ljudkänsliga rum. Kanaler bör i möjligaste mån placeras i korridorer och andra mindre känsliga utrymmen.

Det krävs speciallösningar för att dra rektangulära kanaler genom t ex ett konferensrum.
När det är möjligt bör kanalerna i stället dras genom mindre känsliga utrymmen.

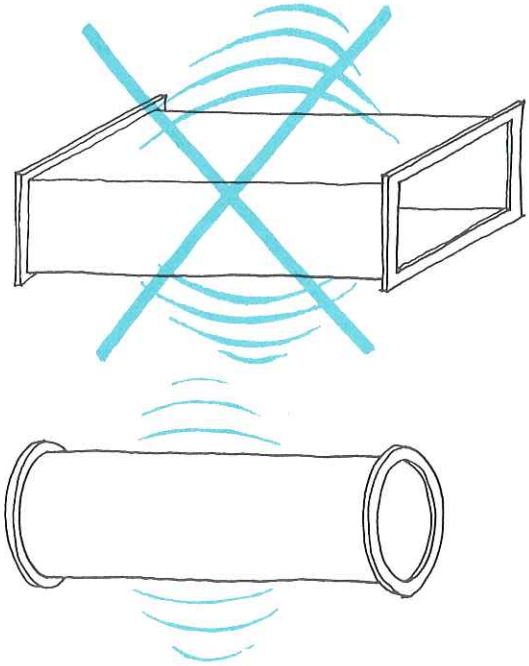


7 b. Kanalsektion

Rektangulära kanaler isolerar dåligt mot lågfrekvent ljud. Ju större kanalerna är desto större blir ljudproblemen. Plåten kommer lätt i svängning.

Cirkulära kanaler ger betydligt mindre problem. Plåten har genom sin form en mycket större styvhet och därmed bättre lågfrekvensisolering.

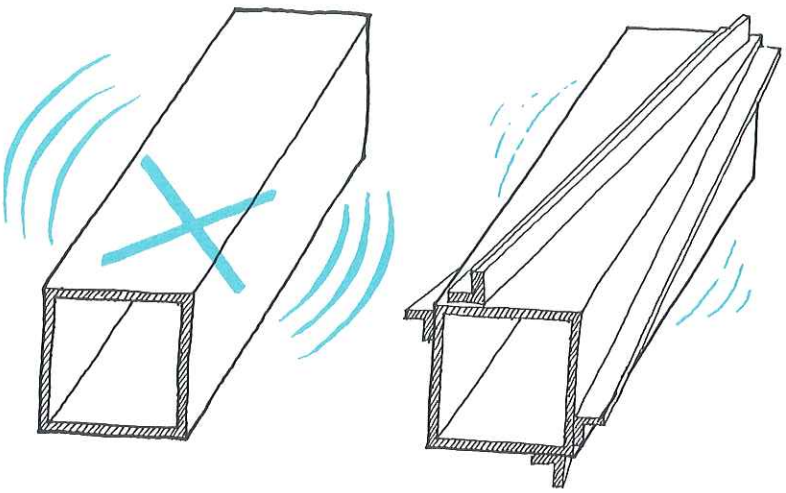
Cirkulära kanaler bör användas så långt som möjligt. De har god lågfrekvensisolering. Rektangulära plåtkanaler har mycket dålig ljudisolering vid låga frekvenser.
Stora, plana och ostyvade plåtytor har ofta resonanser vid låga frekvenser.



7 c. Uppstyvning och dämpning

Stora rektangulära kanaler har stora vibrerande plåtytor, som ger lågfrekvent resonanssvängning. Ett sätt att lösa problemet är att styva upp plåten. På så sätt flyttas resonanssvängningarna mot högre frekvenser, vilka lättare låter sig dämpas med dämpningsmaterial.

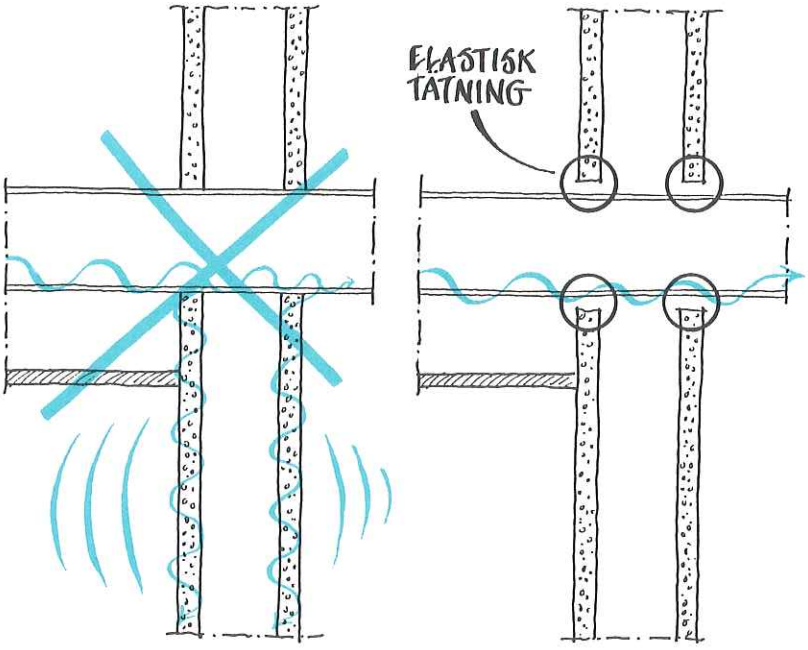
Med diagonalt monterade L-stål kan kanalen styvas upp. Det ger ljudet en högre frekvens, vilken i sin tur kan dämpas med mineralullsisolering eller inklädnad. Ibland kan en tung mineralullsskiva (brandisolering) eller gipsskivor, i båda fallen stumt infästa i kanalen, räcka för att lösa problemen.



7 d. Genomföringar

Kanaler får inte ha kontakt med lätta byggnadsdelar som regelväggar. I genomföringar bör kanalen "hänga fritt" från väggskivorna. Annars finns det risk för att vibrationerna överförs till väggen. För att undvika ljudläckage måste genomföringen tätas. Det finns olika sätt att göra detta.

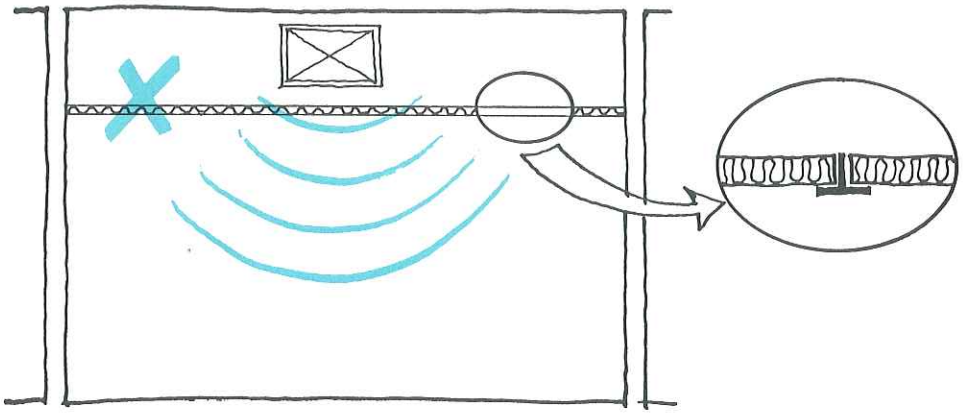
Kanaler ska hängas upp fritt från lätta byggnadsdelar. Exempel på tätning av genomföringen finns i Metodblad T7:1987 från Byggforskningsrådet.



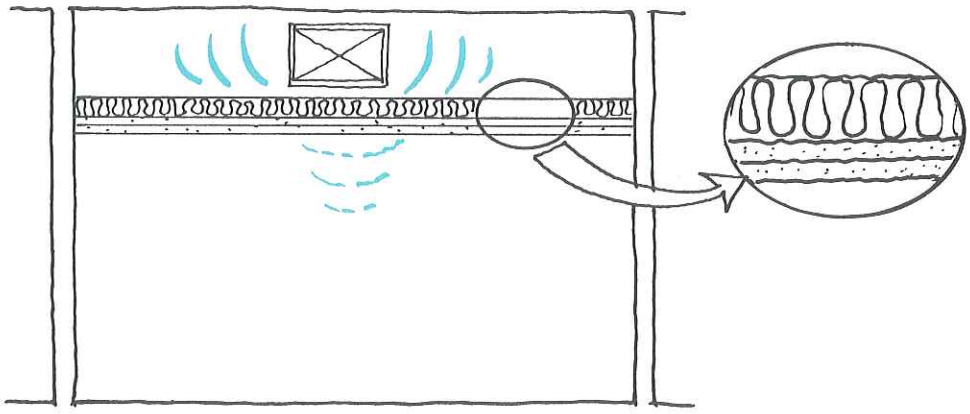
7 e. Undertak

Ljudmässigt kan ett undertak ha två funktioner. Det kan vara ljudisolerande eller ljudabsorberande. Ljudisolering hindrar uppifrån kommande ljud. Med absorption tar man hand om ljud som alstras i rummet. Tyvärr monteras undertak ofta utan tanke på att kanalerna strålar ut buller. Då får man inte tillräcklig ljudisolering.

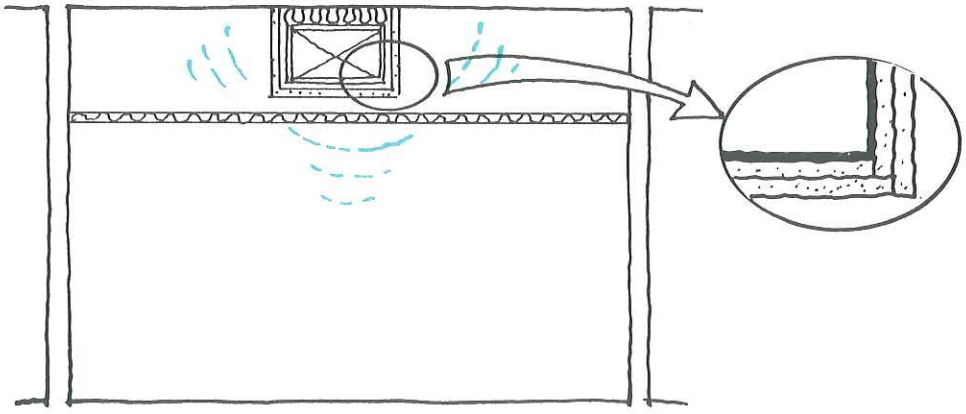
Lätta undertak s k akustiktak absorberar ljud som alstras i rummet men ger ingen eller dålig ljudisolering vid låga frekvenser.



Ett tungt undertak av t ex dubbla gipsskivor ger betydligt bättre lågfrekvensisolering.

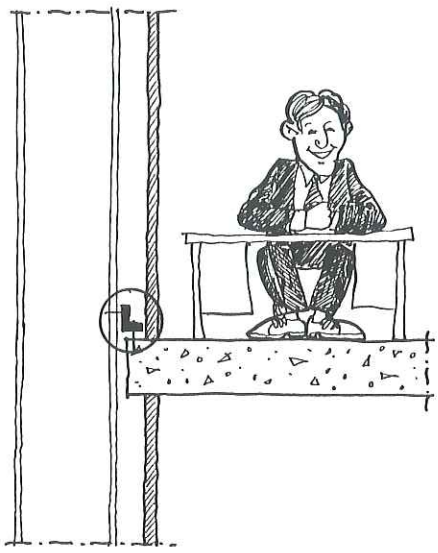


Alternativt kan kanalen byggas in – en vanlig åtgärd vid problem i befintliga byggnader.



8. KANALINFÄSTNING

Ventilationskanaler bör fästas i tunga konstruktioner. En tung konstruktion som ett betongbjälklag kan stå emot kanalvibrationerna utan att komma i svängning. Infästning i lätta konstruktioner ger vibrationer och risk för lågfrekvensbuller.

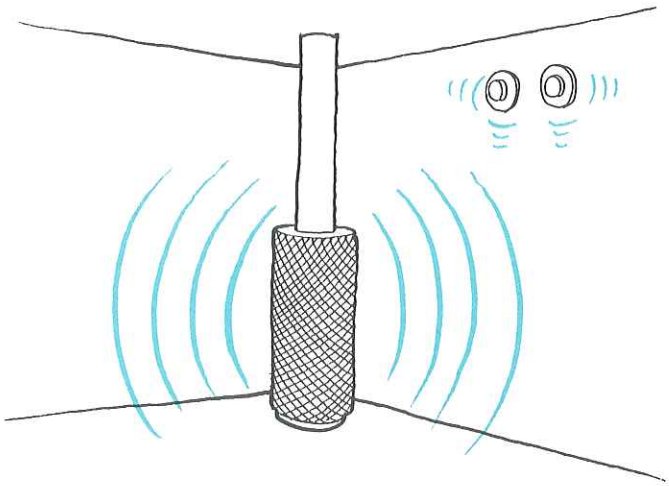


Kanaler ska inte fästas i lätta konstruktioner som t ex regelväggar. Det hjälper oftast inte med elastisk infästning, eftersom väggskivorna inte ger tillräckligt "mothåll". Kanaler bör i stället fästas i tunga konstruktioner. Infästningen kan då ofta vara stum.

9. VENTILATIONSDON

Ventilationsdonen och anslutningarna har betydelse för dämpning av lågfrekvent ljud.
Don med stor anslutningskanal har vanligen dålig ljuddämpning vid låga frekvenser.
Don med liten anslutningskanal har i stället god ljuddämpning vid låga frekvenser.

Vissa lågimpulsdon behöver kompletteras med ljuddämpare för god lågfrekvensdämpning. Se särskilt upp med strypdon och andra detaljer som stör luftströmmen. De kan alstra buller efter ljuddämparen. Don med liten öppning mot rummet klarar sig ofta utan särskild ljuddämpare. Men lufthastigheten får inte vara så hög att kanter etc alstrar turbulensbuller.



10. VIBRATIONSISOLERING

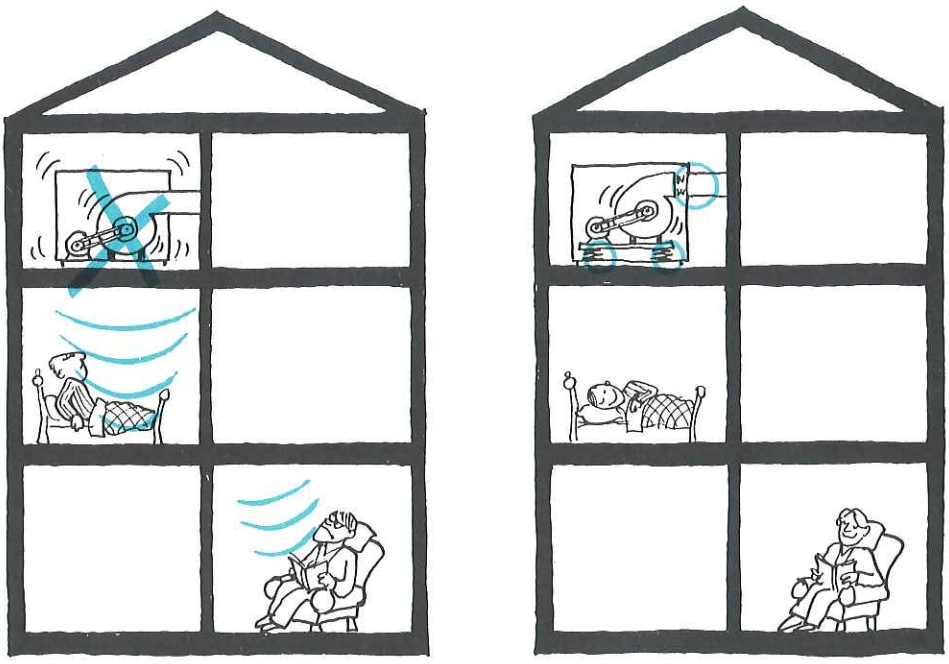
En vanlig orsak till lågfrekvent buller är att fläktar ställs upp utan tillräcklig vibrations- och stomljudsisolering. Bland annat krävs det att:

- underlaget har tillräcklig styvhet och massa
- aggregatet har korrekt dimensionerade fjäderelement
- alla anslutningar till kanaler, via elledningar m m, görs elastiska.

10 a. Aggregatuppställning

Fläktar som ställs upp med dålig eller ingen vibrationsisolering ger stomljud. Ljudet sprider sig i byggnadens konstruktioner och kan ge störningar långt från fläktrummet.

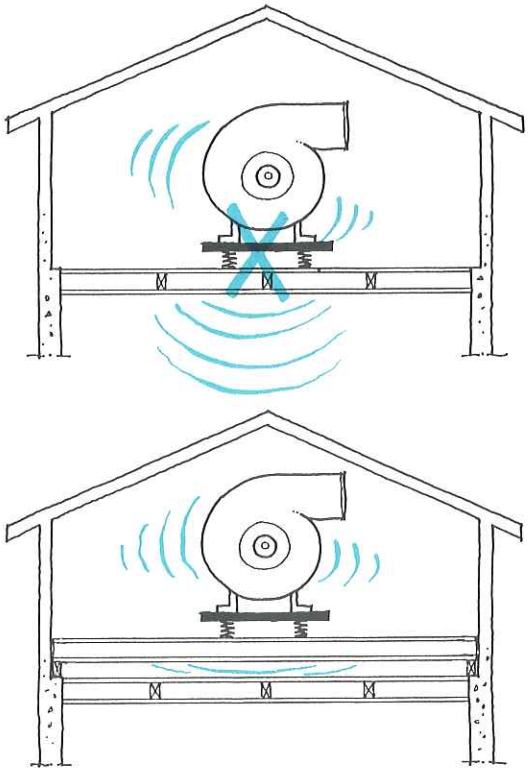
Fläktarna måste skiljas från bjälklaget med korrekt dimensionerade vibrationsdämpare.



10 b. Underlag

Fläktar och andra aggregat som ställs på vekt underlag ger ljudproblem. Underlaget har inte tillräcklig styvhet och massa för att ta upp vibrationerna.

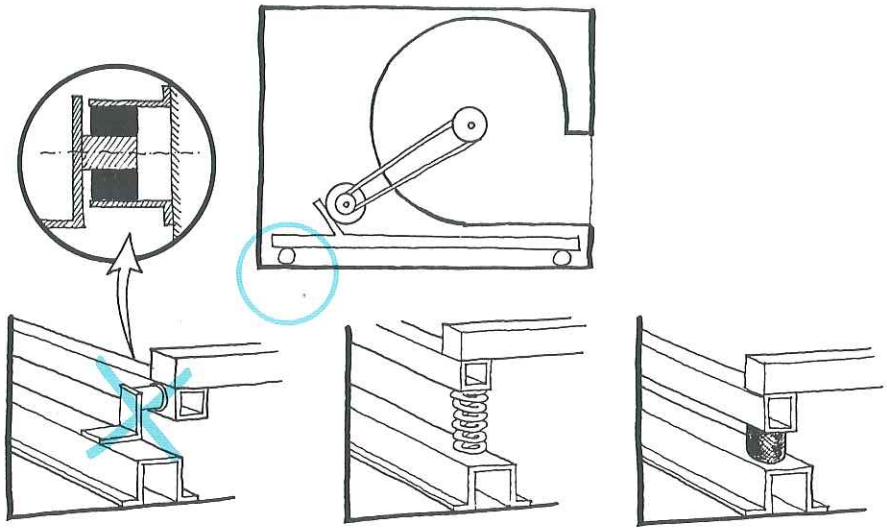
Vibrationsdämpare hjälper inte, eftersom det veka underlaget inte ger tillräckligt "mothåll" för att ta upp svängningarna i fjäderelementen. Fläkten bör vibrationsisoleras och ställas på ett stabilt balksystem, som i sin tur är upplagt på bärande konstruktioner. Ett annat sätt är att hänga upp fläkten i en stabil takkonstruktion med mjuka fjäderelement i pendlarna. Den principen är ofta enklare att tillämpa i befintliga anläggningar.



10 c. Invändig vibrationsisolering

I klimataggregat är fläktdelen monterad i ett hölje. En del fabrikat har som standardlösning att fästa fläkten i höljet med hårda hylselement. Det ger ingen vibrationsisolering. Sådana aggregat orsakar ofta bullerstörningar vid låga frekvenser.

Om fläkten i stället vibrationsisoleras med mjuka fjäderelement mot styva konstruktioner i aggregathöljet, får man en effektiv spärr mot vibrationsöverföring.



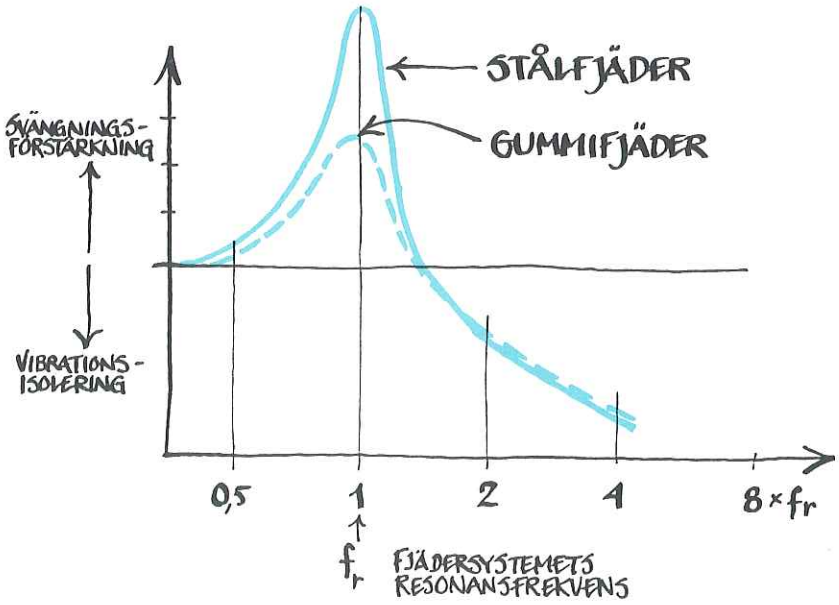
När fläkten fästs med hårda hylselement i höljet får man ingen vibrationsisolering. Korrekt invändig vibrationsisolering erbjuds ibland som tillval för de fläktfabrikat där detta inte är standard.

10 d. Fjäderelement

Vibrationsisoleringen måste dimensioneras så att den ger god effekt vid alla frekvenser som kan ge störningar. Felaktig dimensionering, t ex för styva fjädrar är en vanlig orsak till problem.

Normalt används stålfjäder- eller gummielement till vibrationsisolering. Stålfjädrar ger god vibrationsisolering, men har kraftig amplitud (svängningsvidd) vid resonans. Även gummifjädrar kan dimensioneras så att låga störfrekvenser isoleras. Gummifjädrar har mindre amplitud vid resonans än stålfjädrar.

Figuren visar vibrationsisoleringen med stål- respektive gummifjäder för ett idealiserat fall, där underlaget inte påverkar resonansfrekvenserna.
Vid resonansfrekvensen (f_r) blir överföringen till underlaget kraftigare än om apparaten monterats stumt!
God isolering nås först vid frekvenser långt över resonansfrekvensen.



ATT TÄNKA PÅ

❑ Stor skillnad mellan mätvärde i dB(C) och i dB(A) visar att ljudet är lågfrekvent.

❑ Stående vågor i rummet med tydliga lägen för högre och lägre ljudnivå är också tecken på lågfrekvent buller.

❑ Eftersom dB(A)-värden inte ger en rättvisande bild av störning för lågfrekvent ljud bör krav på högsta ljudnivå i dB(A) kompletteras med tilläggskrav i dB(C).

❑ Ljudabsorbenter hjälper föga mot lågfrekvent buller.

❑ En systemutformning som ger ringa lågfrekvensbuller ger ofta den bästa driftekonomin.

❑ Minska risken för lågfrekvensproblem genom att välja säkrare lösningar såsom
- "ofarlig" placering av fläktrum och utomhusinstallationer
- förråd eller annat "buffertutrymme" mellan fläktrum och ljudkänsligt rum
- kanalstråk i korridor i stället för genom arbetsrum
- placering/infästning i fläktrum och schakt som ej ger risk för ljudöverföring
- gynnsamt val av fläkttyp och storlek
- cirkulära kanaler i stället för rektangulära
- kanalutformning (icke minst vid fläkt) så att luftströmningen blir jämn och lugn
- korrekt vibrationsisolering även med hänsyn till egenskaper hos underlaget.

❑ Se upp med ändringar i driftdata i samband med ombyggnader, upprustning av ventilationssystem etc.

❑ Sköt även underhållet så att inte fläkten får felaktig driftpunkt eller defekter såsom obalans.

❑ Många av principlösningarna i denna skrift kan tillämpas i befintliga anläggningar.
Men bäst och billigast är att från början – ända från systemval – specialbevaka möjligheterna till säkra lösningar.

Skriften har tillkommit på initiativ av Byggnadsstyrelsen med stöd från Byggforskningsrådet.

Projektledare
Gunnilla Billgren, Byggnadsstyrelsen.

För tekniskt innehåll svarar
DNV Ingemansson AB genom
Klas Lidberg, Christian Simmons,
Jörgen Svensson och Jan Söderquist

Redaktionell bearbetning och layout
Sören Danielsson och Lena Forsberg
e-gruppen teknikinformation ab

Illustrationer
Robert Källgren, ILLINFO

T6:1993
ISBN 91-540-5533-4
Byggforskningsrådet, Stockholm

Art. nr:6833006
Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris:125 kr inkl moms

Ljunglöfs Offset AB, Stockholm 1993