

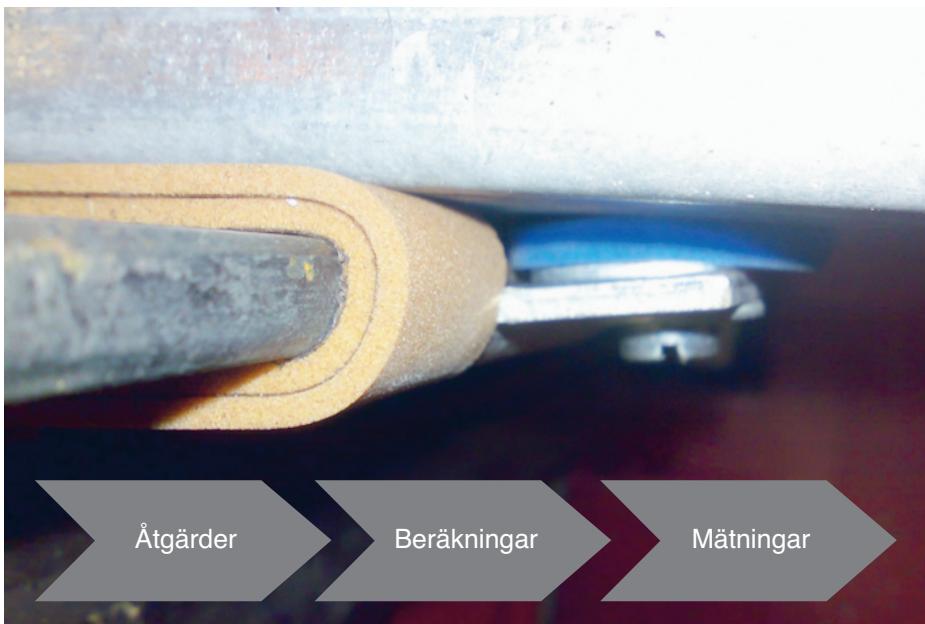
Stomljud från installationer – praktiska åtgärder, nya mät- och beräkningsmetoder

Stomljud från tekniska installationer och inredning, samt stegljud från trapphus, isoleras idag med uppreglade väggar och undertak som tar upp plats och ökar byggkostnaderna. Men det finns nu praktiska vibrationsisoleringar som dämpar stomljud effektivare än tillläggsisoleringar. Nya mät- och beräkningsmetoder gör att tillverkarna kan utveckla och dokumentera sina produkter, så att projektören kan välja rätt åtgärd för aktuell installation och stomme. Men det måste fram indata, branschen måste ställa tydliga krav på tillverkarna så att stomljudlösningarna blir möjliga att projektera och bygga!

Stomljud kan komma från ett antal källor inom en byggnad, till exempel fläktar, hissar, WC, avlopp, tvättmaskiner, tappvatten, värmevärmepumpar, köksskåp och trappor. Tillläggsisoleringar med gipsskivor på reglar är en vanlig åtgärd för att dämpa stomljud. Kostnaden för dessa har värderats till cirka tio tusen kronor per rum, vilket har visat sig ge merkostnader i storleksordningen en miljon kronor per standardprojekt i cirka en tredjedel av de projekt som vi har sett på. Dessutom är tillläggsisoleringar ofta otillräckliga på grund av flanktransmission förbi dessa, eller bristfälligt utförande. I hus med lätt stomme är det troligen ännu svårare att hitta fungerande lösningar, men stomljud i lätta stommars har inte studerats inom detta projekt. Det finns alltså starka skäl för att finna mer rationella lösningar på stomljudsproblem än att tillläggsisolera.

Nya lösningar har utvecklats

Inom några projekt för Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), Nordtest,



Skanska, NCC, Peab och AB Familjebo-städer har vi kunnat ta fram en hel del nyttigt material för tillverkare, projektörer och entreprenörer, som förhoppningsvis ska medföra att stomljudsfrågorna kan hanteras mer rationellt i framtiden:

- för flertalet vanliga installationer och inredningar har vi beskrivit typiska problem och tagit fram principiella åtgärder. Man bör dock i varje projekt se till de aktuella förutsättningarna och utforma åtgärder i samarbete med tillverkare och entreprenörer, eftersom det kan finnas specifika behov som måste uppfyllas (till exempel stabilitet, fuktproblem, åtkomlighet med mera)
- några tillverkare har tagit fram dämpade lösningar som är specifika för deras maskiner
- ett antal generella vibrationsisolerande produkter har utvecklats av Christian Berner AB och Vibratec AB, till exempel 2 mm tejp av polyuretan, bussningar, fundament, balkskor, takhängare med mera. Fjädrande maskinskor i olika former finns hos fler leverantörer
- några installationer som drivs vid olika varvtal kräver anpassade åtgärder, för dessa beskrivs både principiella åtgärder och relevanta beräkningsmetoder
- upphandlingskrav har formulerats för att driva på utvecklingsarbetet och få fram färdiga åtgärder
- mätmetoden NT acou 117 för att karakterisera själva stomljudskällan, som kan

användas i tillverkarnas lokaler eller i fält. Metoden har utvecklats inom ett parallellt Nordtestprojekt, se Bygg & teknik nummer 3/2008

- provningar av prototyplösningar i laboratorium har genomförts
- några resultat från fältmätningar redovisas
- en beräkningsmetod anvisas för projektering, som kan användas för att avgöra om tillläggsisolering behövs eller ej för en kombination av installation och stomme. Metoden är nästan samma som används för att räkna på stegljudisolering och olika golvprodukter.

Tillverkarna har utvecklat några lösningar

Ett antal tillverkare har utvecklat produkter som ska dämpa stomljud och samtidigt klara övriga krav. Exempelvis har Gustavsberg Rörsystem ett vägg- och takfaste för avloppsrör i gjutjärn som har provats med gott resultat. Myresjökök/Christian Berner AB har tagit fram bussningar för köksskåp. Electrolux Laundry Systems har ett isolerat fundament för standardtvättmaskiner som har provats grundligt. Produkten kan ersätta platsgjutna fundament i tvättstugor (plant golv) med betongbjälklag. Den kan också eftermonteras om man får ljudproblem i byggnaden. Golvhängande WC kan dämpas effektivt med limmade packningar och så vidare. Prototyplösningar för hissar har

Artikelförfattare är
Christian Simmons,
Simmons akustik
och utveckling AB,
Möln达尔.



provats, som har granskats av hisstillverkaren Otis och bör kunna användas i byggnader med deras produkter. Vissa lösningar har dock visat sig vara alltför utförandeckänsliga eller inte fungera alls, till exempel tunna gummibrickor utan genomföringshylsa respektive vibrationsisolerade fästen för avloppsrör av plast. Observera, att de lösningar som visas i rapporten är avsedda att driva på utvecklingen och innebär inget bindande ansvar från projektets parter. Man bör därför ha kontakt med respektive tillverkare och bedem att att föreslå robusta produkter med erforderlig dämpning i varje aktuellt fall. För att utvecklingsarbetet ska komma igång måste branschen ställa krav på dokumentation av produkternas stomljudsalstring/dämpning. En mätmetod för produkter föreslås nedan. Projektörerna kan inte jobba rationellt om det inte finns indata för beräkningar och "fältmässiga" åtgärder att sätta in, så det måste till en del utveckling ute hos tillverkarna. Se vidare i projektets slutrappart och bilagor, som kan hämtas på www.sbuf.se.

SBUF-rapporten föreslår principlösningar för dämpning

I SBUF-rapportens *första del* beskrivs hur ansvaret för att planera, upphandla och genomföra åtgärder mot stomljud kan fördelas mellan olika parter under byggningsprocessens gång, så som rekommenderas i Boverkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler".

I den *andra delen* beskrivs ett antal vanliga problem samt praktiska åtgärder som har visat sig minska överföringen av stomljud. Åtgärdsförslagen bör anpassas till rådande förhållanden, eftersom de i vissa fall kan påverka andra funktioner, till exempel stabilitet eller skador på utrustningar. Tillverkarna av olika installationer bör ta fram lösningar för sina produkter som även uppfyller övriga krav (till exempel på säkerhet, fuktåtgång, kostnader med mera). Stomljud som orsakas av turbulent luftströmmar i ventilationskanaler respektive markburet stomljud beskrivs bara kortfattat.

I den *tredje delen* beskrivs mät- och beräkningsmetoder som kan användas för att mäta på produkter (stomljudsalstringen), vid dimensionering av åtgärder och kontroll i byggnad.

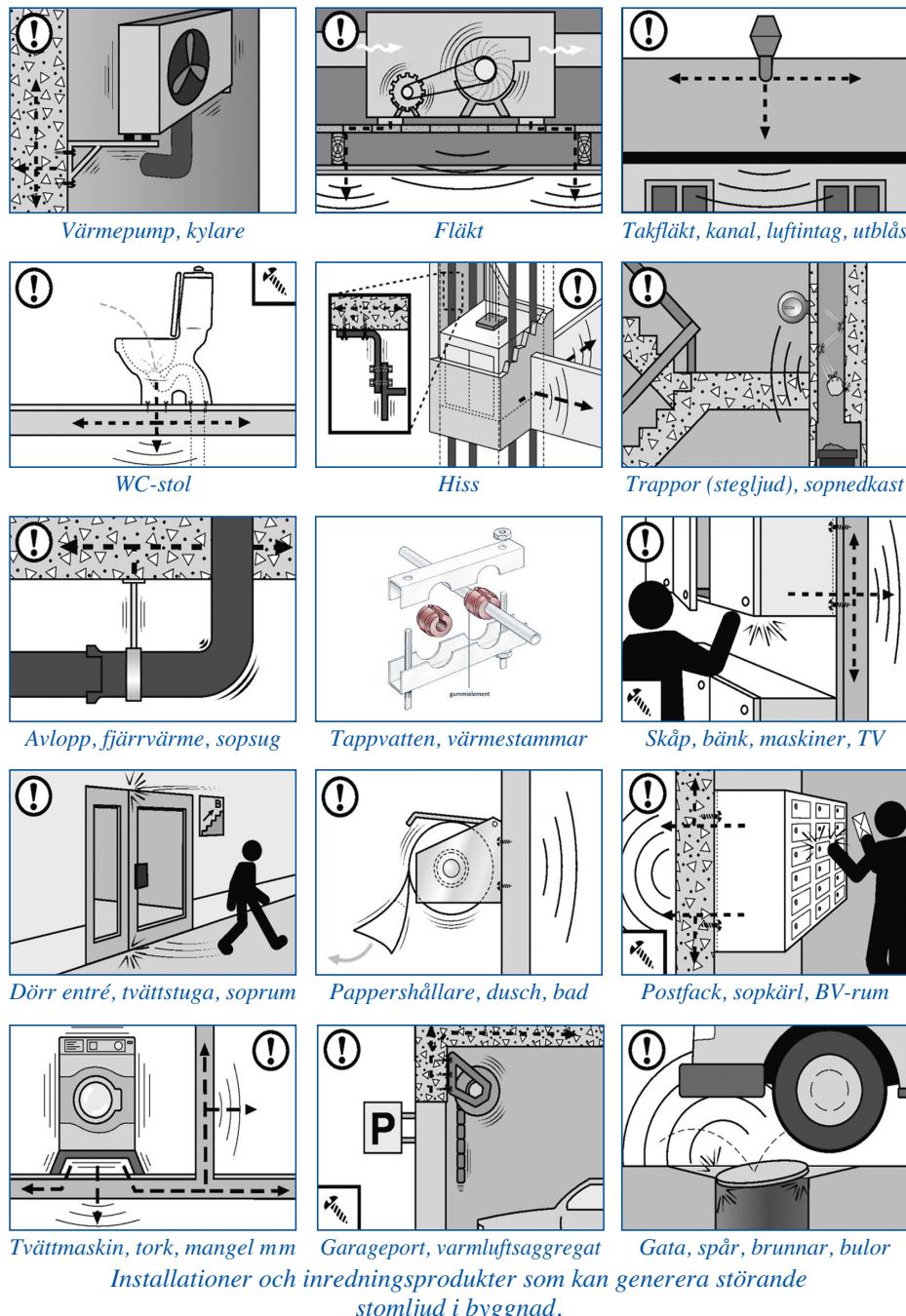
I *bilagorna* beskrivs resultat av tester både i laboratorium (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut) och i fält, där olika åtgärder har provats praktiskt. Skälet till att en del provningar gjordes i laboratorium var att det är svårt att mäta de förhållandevis svaga ljudet det är fråga om i byggnad, där det pågår allehanda aktiviteter. Det betyder också att man måste vara mycket noggrann när man mäter i byggnad, och vara medveten om att bakgrundsljud kan störa mätningen. Vissa "knep" beskrivs i rapporten, hur man kan minska risken för att ovidkommande bak-

grundsljud stör mätningen av ljud från en viss installation och göra resultatet lättare att tolka för produktansvariga.

Nya mät- och beräkningsmetoder

Det finns nu metoder för att mäta vilken stomljudseffekt eller vibrationsnivåskillnad en viss maskin eller installation har, med vissa förbehåll för vilken typ av ramden har och vilket underlag den monteras emot (betong eller lätta strukturer). En ny Europastandard för laboratoriemätningar (EN 15657-1) och en Nordtestmetod för fältmätningar (NT acou 117) har utvecklats under projektets löptid. Stomljudseffekten eller vibrationsnivåskillnad mot en referenskälla (stegljudsapparat eller kraftgivare) kan nu användas som jämförelsetal mellan olika fabrikat eller som indata för beräkning av vilken ljudnivå som kan förväntas i en aktuell byggnad. För beräkning krävs det uppgifter om bjälklagstyp, bärande upplag med mera.

Beräkningarna av ljudnivå i angränsande rum kan göras antingen enligt en ny del av Europastandarden EN 12354 del 5 (från stomljudseffekt), eller enklare, räknad som en "stegljudsnivå" enligt del 2 av samma standard (från skillnader i vibrationsnivå eller luftljudsnivå). Några exempel ges sist i rapporten. De tidigare delarna av denna standard behandlar beräkning av luft- och stegljudisolering, trafikbullerisolering samt rumsakustik. För dessa delar finns beräkningsprogram och produktdatabaser som har kommit till bred användning (Bastian). Det är nu möjligt att komplettera dessa så att stomljudsberäkningar kan göras samtidigt som övrig ljuddimensionering utförs, förutsatt att tillverkarna tar fram data för sina produkter. Det är också viktigt att alla hjälps åt att göra jämförande fältmätningar och rapportera dem öppet, så att vi får fram den sammantagna osäkerheten i beräkningar och fältmätningar, som kan



användas som marginal vid dimensionering.

Rapporten visar också många exempel på stomljudsbygg, som kortsluter vibrationsisoleringen. Lösningarna måste vara robust utformade. Monteringsanvisningar från tillverkaren måste vara tydliga med hur sådana ska undvikas, och entreprenören bör ha med kontrollpunkter i sina checklistor som förebygger att sådana ändå uppstår av misstag, eller av oaktksamhet.

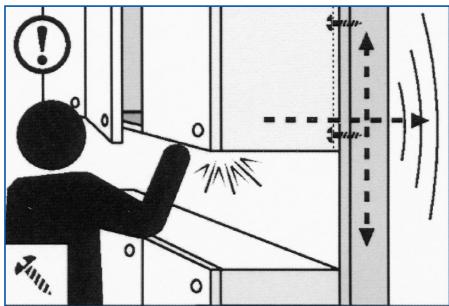
Exempel på lösningar

Rörupphängning, där svepen sitter monterade i en U-profil. Profilen fästs mot bjälklaget med särskilda dämpare. Här ut-



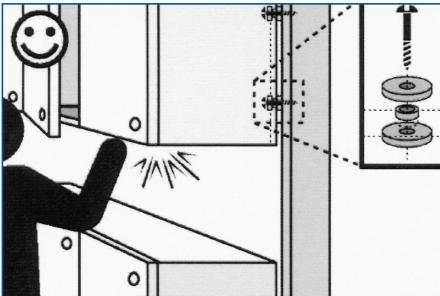
sätts dämplementet för tryckbelastning inne i polyuretankudden (minimal risk för dragbelastning eller kortslutning). Monteringsarbetet i högt läge går lättare (arbetsmiljö).

Köksskåp, bänk, postfack, vägghängd TV och liknande är inte installationer i den mening som avses i SS 25267 och SS



25268, men de finns normalt i en bostad, bland annat för att uppfylla andra krav (än ljud) i Boverkets byggregler (BBR). Hantering av porslin i köksskåp, matberedning på bänk, disk och vibrationer från olika köksmaskiner kan ge störande stomljud inne i angränsande lägenhet om skåpstommar och bänk sitter stumt infästa i en gemensam betongvägg. Fältmätningar på stängning av köksskåp visar upp emot 50 dB A-vägd maximalnivå och man hör tydligt vad som görs på andra sidan av väggen.

Skåp och bänk ska alltså fästas elastiskt mot lägenhetsskiljande tung vägg. Det finns nu brickor, band och genomförringshylsor som är avpassade för skåp och som dämpar stomljudsöverföring från bänkar och skåp effektivt. Genomförringshylsan är väsentlig. Den gör att man kan dra åt med normalt moment och den



hindrar oacceptabla sättningar eller vibrationer i händelse av att det vibrationsisoleraende materialet trycks ihop för hårt eller skadas på annat sätt.

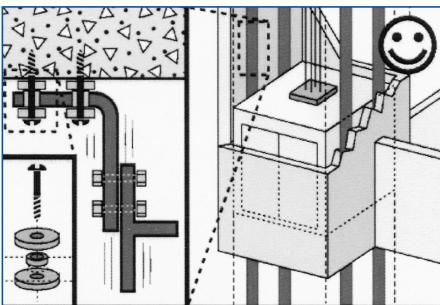
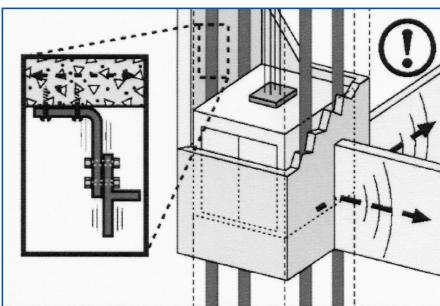
Det finns ganska många stomljudskäl i ett kök, förutom kyl, frys och disk-



maskin. Bussningar mellan vägg och skåp/bänk blockerar stomljud från dessa att nå in till grannen – en billig åtgärd för att lösa ett ljudproblem, om åtgärden vidtas vid nyinstallation.

Andra inredningsdetaljer som bör åtgärdas mot stomljud är vägghängda hyllor, TV-apparater, stereohögtalare, datorhögtalare med mera med inbyggda bashögtalare. Om man hänger dem i fjädrande bussningar ger de minimalt med stomljud in i väggen.

I hissar har det visats, att gummibussningar mellan väggfästena och schaktväggen, eller mellan väggfästena och gej-

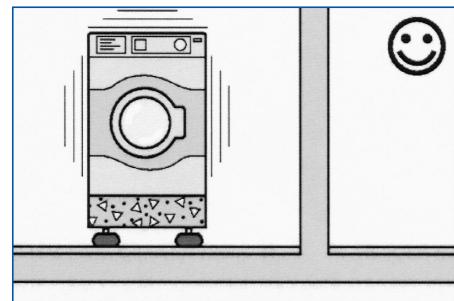
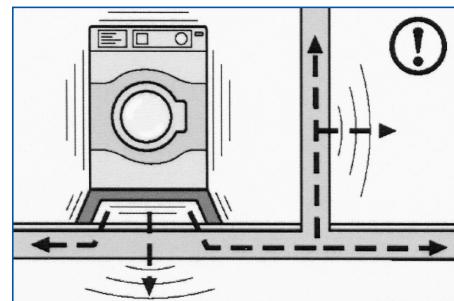


derskenan, dämpar stomljudet effektivt. Även infästningar av hissdörr och kontorskåp bör förses med bussningar för

att hindra stomljud. Kostnaderna för bussningarna är en bråkdel av vad tilläggsisoleringar mot rum kostar. De påverkar inte heller säkerheten, i och med att bultarna går i i betongen på sedvanligt sätt. Vibrationsdämpningen ligger i bussningen, mellan bultarna och den infästa detaljen.

Tvättmaskiner och utrustning i tvättstugor, hushållsmaskiner

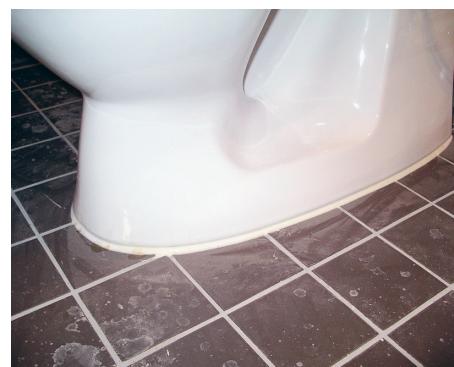
Electrolux Laundry Systems har tagit fram ett standardfundament (cirka 180 kg) med kraftiga vibrationsisolatorer, som är av-



passade för deras standardmaskiner. Med dessa lösningar behövs inga uppgjutna fundament på normala betongbjälklag. Uppställning på träbjälklag kräver dock speciella åtgärder, milt uttryckt. Rapporten beskriver fler åtgärder för att förebygga de vanligaste ljudproblemen i tvättstugor, flertalet av dessa är mycket enkla och billiga.

WC på golv

Packningar under WC kan utföras med en 2 mm gummilist, som limmas mot golvet (och WC mot list). Springan försluts med



en silikonfog. Lösningen är fördelaktig ur fuktsynpunkt, eftersom man slipper punktera tätskiktet med skruvar. Risken för sprickor i godset minskar, packningen jämnar ut lokala punktlaster. Om pack-

ningen utförs i rätt material är det ingen risk för att WC rör sig för mycket när någon sätter sig, förutsatt att golvet är plant. Underlaget måste vara plant, eventuella rillor i golvklinker, brutna fall med mera måste först avjämnas med en tunn strängsättbruk eller dylikt.

En mätmetod från Nordtest för så kallat "pink noise" i WC finns i Boverkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler". Den gör att man kan mäta på ett enhetligt sätt både vid produktprovningar och ute i fält. Metoden har visats vara tillräckligt stabil för att fungera praktiskt, till

skillnad från några andra metoder där strömmande vatten används som stomljudskälla.

Av någon anledning verkar det som om vägghängda WC inte ger besvärande stomljud, möjligen med reservation för montering i lätta väggar. Det vore intressant att se mätningar av vibrationsnivåskillnad (se nedan) för dessa produkter, att jämföras med golvstående WC.

Stegljud från trapphus

Det förekommer att man tilläggsisoleras rum mot trapphus för att inte riskera att

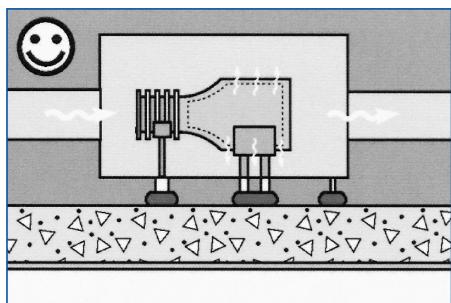
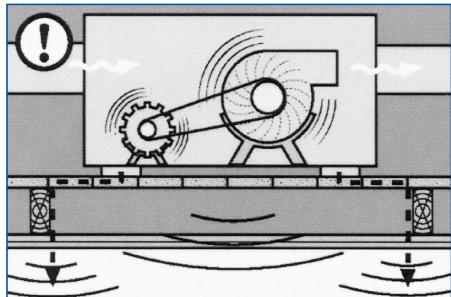
stegljud från trappor och vilplan ska överträffa kraven. Men de vibrationsisolerade lösningar som finns kan räcka för att uppfylla kraven med tillräcklig marginal, om de utförs korrekt. Undersökningar i fält visar dock som framgår av bilderna ovan, att det är lätt gjort att efterlaga upplagen på ett sätt som kortsluter rörelser mot stommen. En "slarvig" lagning medför då att man inte klarar kraven. Fältmätningar har visat, att man i mer än vartannat fall överskrider stegljudskraven vid mätning från vilplan, även när man har trott att man har gjort rätt. Det finns därför anled-



ning att se på antingen en hårdare kontroll av utförandet, eller bättre, mer ”fältmässiga” byggmetoder som klarar normala toleranser i utförandet. Det är svårt att ”finhälla” betong i ett hål från en stor hink, oavsett vad man skriver på ritningar!

Fläktar, ventilationsaggregat och kanalsystem

Stomljud från fristående radialfläktar med remdrift som ställs på ett träbjälklag ger stor risk för ljudproblem. Direktdrivna



kammarfläktar som ställs på betongbjälklag ger troligen avsevärt lägre stomljudsnivåer. Valet av installation gör stor skillnad i vilka obalanskrafter i motor, fläkt och transmission som man sedan måste dimensionera tilläggsisoleringen mot. I dagsläget arbetar man med enkla schabloner om massa i bjälklaget samt krav på teoretisk avvibrering av störkrafter. Det finns bättre sätt att jobba på. I rapporten föreslås ett sätt att mäta och räkna som sannolikt kan möjliggöra förenklingar utan att riskera ljudproblem. Se vidare nedan.

Livslängd – risk för skador

Det finns tyvärr exempel på billiga men olämpliga material som används, som har gett sättningskador och bristfällig dämpning redan efter en kort tid. Skadorna be-



ror ofta på miljöpåverkan, då materialen utsätts för tryck, fukt, alkali, värme, kyla med mera. De dämpmaterial som föreslås och provats i detta projekt kostar något mer men har erfarenhetsmässigt visat sig fungera under lång tid. Produkter vars elasticitet baseras på inneslutet gas är rent allmänt osäkrare än produkter med högre densitet, vars materialstruktur tar upp såväl de statiska som de dynamiska lasterna. Alla material är känsliga för överdriven sammanpressning, och de ska alltid avpassas för de aktuella statiska belastningarna. Både för mjuka och för hårdare produkter fungerar sämre än rätt avpassade produkter. Återvinningsmaterial typ ”pyttipannamattor” måste genomgå kontinuerliga tillverkningskontroller för att undgå fel som beror på ojämna materialkvalitet i produktionen. Ansvaret för att ställa rätt krav på tillverkaren ligger hos inköparen, så att priser jämförs mellan likvärdiga material.

VVS-AMA

Det pågår ett arbete med att revidera VVS-AMA när det gäller restobalanskrafter och vibrationshastigheter i fläkt och lagerhus. VVS-AMA:s krav skulle kunna kompletteras med redovisning av uppmätt vibrationsnivåskillnad för maskin vid jämförelse med standardiserad kraftkälla (stegljudsapparat) på ett angivet referensbjälklag, enligt NT acou 117. Mätning på ett bjälklag blir ett tydligare bevis för hur maskinen fungerar på ett realistiskt underlag än en teoretiskt beräknad störkraft och vibrationsisolering under idealiserade förhållanden. Dessut-

om kan mätning på ett betongbjälklag översättas till förväntad nivå på ett annat betongbjälklag, genom beräkning enligt EN 12354-2 (Bastian).

Inverkan av stommen

För att vibrationsisoleringen i fjäderelementen ska fungera som avsett krävs att underlaget ”håller emot”. All rörelse ska



idealtsättas upp i vibrationsisolatorerna. Eftergivlighet i bjälklag och väggar är en vanlig orsak till bristande funktion och för höga stomljudsnivåer. Man bör därför kontrollräkna de första egenfrekvenserna i bjälklag och väggar (vid låga frekvenser) och vid behov förstärka stommen. Beräkningen av A-vägd ljudnivå i angränsande rum i frekvensområdet 25 till 2 500 Hz har beräknats för några maskiner, vars vibrationsnivå relativt stegljudsapparaten har mätts upp, se tabell 1 nedan. ■

Tabell 1: Beräkningen av A-vägd ljudnivå i angränsande rum, vibrationsnivå relativt stegljudsapparaten, i frekvensområdet 25 till 2 500 Hz för några maskiner.

Bjälklags-tjocklek	L_{pAeq} (dB)	Bjälklags-tjocklek	L_{pAeq} (dB)
Stort fläktaggregat med intern vibrisolering			
10 cm betong	52	20 cm betong	42
Tvättmaskin på: Lätt plåtfundament			
10 cm betong	61	20 cm betong	50
Tvättmaskin på: Betongfundament på stålklossar			
10 cm betong	60	20 cm betong	46
Tvättmaskin på: Betongfundament på mjuka klossar			
10 cm betong	43	20 cm betong	31
Köksskåp stänger (utan dämpare)			
10 cm betong	52	20 cm betong	41
Köksskåp stänger (snickarmonterade dämpare)			
10 cm betong	44	20 cm betong	32
Köksskåp stänger, justerade dämpare (fritt vägg)			
10 cm betong	40	20 cm betong	28