

Vårt ombud	Vår ref – uppdragsbeteckning	Ert ombud och postadress
Christian Simmons	1276	Skanska Sverige AB
Mölnadal, vårt datum	Vårt dokument-ID	NCC Construction AB
2011-05-31 SAURa-1276E_Skanska_SBUF-12311_Sammanfattning.docx		
Anm. Granskad av Klas Hagberg, ÅF. Bilaga 4 ingår i rapporten.		
Ert datum	Er beteckning	Er fax och e-postadress

Distribution: Skanska. NCC, Familjebostäder, AkuLite, SBUF web

SBUF 12311: Optimerade och harmoniserade ljudkrav på flerbostadshus

Delrapport E. Sammanfattning och förslag till revidering av SS 25267 eller ny BBR-föreskrift

Innehållsförteckning

Projektresultat och mål.....	2
Rapporter.....	2
Mål.....	2
Problemställning och bakgrund	3
Rekommendationer – ändringar av SS 25267 eller BBR	4
Sammanfattning (lathund) – komplettering av krav enligt SS 25267.....	5
Allmänt - objektsspecifik anpassning av kravnivåerna	6
Termer och Definitioner.....	7
Kontroll av ljudfrågorna under projektering, utförande och i färdig byggnad	7
Krav/mål.....	9
Luft- och stegljudsisolering mellan lägenheter	10
Lokaler	11
Äldre hus	12
Ljudisolering i fasad mot trafikbuller och ljudnivåer utomhus.....	12
Vibrationer	13
Installationsbuller	13
Ljudabsorption och efterklangstid	16
Informationsinsats	16
Pågående forsknings- och standardiseringsarbete.....	16
Bilaga 4. Konferensbidrag till Forum Acusticum 2011, Aalborg.....	18

Simmons akustik & utveckling ab

postadress	telefon kontor/mobil	fax kontor/mobil	bankgiro	org.nr.
Krokslättis Fabriker 1	+46 (0)31 27 66 00	+46 (0)709 72 71 65	5298 - 3426	556625-6417
SE-431 37 Mölnadal	e-post & internet	SMS/e-post mobil	plusgiro	innehar F-skattebevis
besök Göteborgsvägen 97	info@simmons.se	+46 (0)709 72 72 65	—	momsreg.nr./VAT.no
Mölnadal (vid Byggcentrum)	www.simmons.se	christian.simmons@euromail.se		SE556625641701

Projektresultat och mål

Rapporter

Erfarenheterna och rekommendationerna från detta projekt redovisas i fem delrapporter:

- I delrapport (A) redovisas några svenska enkätstudier som utförts i nybyggda hus (Skanska, Familjebostäder 2003-2008) där olika ljudkrav har tillämpats. Intervjuer med såväl akustikkonsulter som bostadsbyggande företag redovisas. Tidigare undersökningar av befintliga flerbostadshus diskuteras också.
- I delrapport (B) redovisas resultat av enkätundersökningar och fältmätningar (NCC, i samarbete med ett svenskt forskningsprojekt om ljudisolering i trähus, AkuLite).
- I delrapport (C) redovisas enkätmallar på engelska och svenska samt det utvecklingsarbete som utförts i samarbete med vår examensarbetare från universitetet i Valladolid, ett europeiskt forskarnätverk (COST TU 0901) och AkuLite. I delrapport C finns även en litteraturstudie om utformning av bullerenkäter.
- I delrapport (D) redovisas erfarenheter från internationell forskning om samband mellan ljudkrav och kundnöjdhet (på engelska).
- I denna delrapport (E) sammanfattas resultaten och föreslås förändringar i ljudklassningsstandarden SS 25267 alternativt i en ny BBR-föreskrift om bullerskydd.

Vi har arrangerat seminarier och deltagit i olika kommittéer för att såväl hämta in information som att sprida information från de undersökningar som gjorts i projektet:

- Vi har arrangerat två ljuddagar (Mölndal 23 september och Nacka 13 oktober 2010) i samarbete med Byggcentrum i Göteborg. Till ljuddagarna inbjöds företrädare för bostadsbranschen och myndigheterna som diskuterade och kommenterade förslagen till förändringar av standarden med representanter från SIS och projektets referensgrupp.
- Vi har gjort aktiva insatser i ESF-rådets COST-program (TU 0901, FP 0702) och ISO-standardiseringen (ISO TC 43/SC 2/WG 18/AHG 5, AHG 6) vilka redovisas kortfattat. I arbetsgrupperna utarbetas förslag till harmoniserade standarder för ljudklassning, mätning och enkäter. Harmoniseringen syftar till att minska handelshindren och att förbättra erfarenhetsåterföringen.
- Förslag till uppdaterade versioner av ISO 717 delarna 1 och 2 är på remiss inom ISO och CEN under 2011. En ny standard med mer långtgående förenklingar, ISO 16717 har påbörjats men det är osäkert när den kan träda i kraft. Vi har deltagit i kommittéarbetet med båda standarderna.
- Delrapporterna har cirkulerats till SIS Tk 197, referensgrupperna för SBUF 12311 och 12403 samt deltagare i AkuLite-projektet.
- Resultaten presenteras på forskarkonferensen Forum Acusticum i Aalborg i juni 2011.

Projektet har haft stöd av en referensgrupp med

- Sten Nilsson Skanska Teknik, ersatt okt 2010 av Helena Knutsson-Burstrand
- Rikard Espling, Skanska Sverige
- Jan Berggrén, NCC Teknik
- Ingvar Andreasson, Familjebostäder
- Klas Hagberg, ÅF och SP Trätec (representant för AkuLite-projektet)

Mål

Målen för projektet har varit att

- att föreslå en optimerad ljudstandard för bostäder som parterna kan nyttja. Avsikten är att den reviderade standarden (eller en ny BBR-föreskrift) ska minska användningen av kostnadsdrivande tilläggskrav eller avsteg.

- att delta aktivt i ett EU-finansierat nätverk, COST TU 0901 samt ISO-arbetsgrupper för att sammanställa erfarenheter och diskutera hur en internationellt harmoniserad ljudklassningsstandard och enkätmall skulle kunna se ut.
- att ta fram en harmoniserad och standardiserad enkätmall, som kan användas för att följa upp kundnyttan i färdigställda bostäder på ett strukturerat och jämförbart sätt samt kommunicera resultaten med byggherrar och myndigheter.
- ordna ljuddagar och skriva artiklar som ger branschen möjlighet att lämna synpunkter på standardförslaget

Problemställning och bakgrund

Ljudkraven på flerbostadshus är i många avseenden både dimensionerande och kostnadsdrivande. Med rätt utformade ljudkrav ökar möjligheterna för byggbranschen att exploatera tillgänglig mark, utforma byggnader, dimensionera stomkonstruktioner, välja stomkompletteringar och anpassa installationer på ett optimalt och resurssnålt sätt.

Samtidigt ska byggnadens bullerskydd utformas så att de boende får en miljö inomhus och på uteplatser som svarar mot deras förväntningar (kundnytta). Samhällets minimikrav på god miljö och skydd för människors hälsa måste uppfyllas. Det finns signaler från såväl branschen som myndigheter om att dagens ljudklassningsstandard för bostäder (SS 25267) inte är optimalt utformad och att en revidering bör övervägas. Boverket överväger att publicera fullständiga föreskrifter om byggnaders bullerskydd istället för att hänvisa till standarder, vilket skulle ge föreskrifterna en tydligare plats i byggprocessen och göra dem fritt tillgängliga på Boverkets hemsida.

Det riktas ibland kritik mot dagens SIS-standard, som kan vara berättigad, men som även kan bero på bristfälliga konsekvensbeskrivningar och informationsinsatser. En vanlig kritik är att reglerna är alltför komplicerade. De kan säkert förbättras, men detta är ett komplicerat arbete eftersom standarden måste ta hänsyn till flera motstridiga behov. Dels ska den vara "allmänt tillämplig", dvs. gälla för många typer av bostadshus. Dels ska den vara "noggrann", dvs. förutse och gardera för allehanda osäkerheter, fel och tolkningsproblem. Formuleringar av såväl ljudkrav som tillhörande verifieringsmetoder påverkar i stor utsträckning både nyttoeffekterna (bullerskyddet för de boende) och de hyresnivådrivande byggkostnaderna. Standarden måste därför vara väl avvägd mot praktiska erfarenheter.

Med begrepp lånade från statistiken kan man sammanfatta behovet som att standarden ska minimera både de *systematiska felen* (styra mot rätt nivåer) och de *slumpmässiga felen* (minska osäkerheter, fel och tvister).

Utmaningen för byggbranschen är att göra avvägningar mellan kundnytta och resursförbrukning, dvs. att hitta kostnadseffektiva konstruktioner med tillräckligt bra ljudkvalitet, som beställarna och de boende efterfrågar. För att nå detta mål krävs effektiva verktyg under hela byggprocessen. Det finns idag handböcker, databaser och beräkningsprogram som fungerar tillräckligt bra för *projekteringsarbete* medan andra verktyg har problem och måste förbättras (ljudkrav för *upphandling* respektive enkätmallar för *uppföljning*), vilket bland annat detta projekt har riktats in mot.

Ett aktuellt problem för beskrivare och anbudskonstruktörer är att de möter en flora av objektsspecifika ljudkrav, som inte är väldefinierade och inte följer standarderna. Det är vanligt att beställare av olika skäl dämpar eller skärper några ljudkrav, t.ex. genom att ställa vissa krav enligt ljudklass B och övriga enligt BBR/klass C. Diverse avsteg och tillägg tillkommer, t.ex. på stegljudsdämpning och trafikbuller. Ibland ställer man både funktionskrav och dimensionskrav, vilket gör ansvarsfrågan oklar. Exempel ges i figur 6 och i bilaga 1. Detta försvårar för projektörerna och reser ett antal objektsspecifika frågor som tar tid att lösa, begränsar vilka konstruktioner som kan användas och som därmed inverkar på både byggkostnaderna och produktionsresultaten. Orsakerna till "kravfloran" är inte dokumenterade. Ett delmål för projektet har därför varit att söka svar inom branschen på vad som ligger bakom de objektsspecifika ljudkraven och huruvida man har förtroende för dagens ljudklassningsstandard.

Rekommendationer – ändringar av SS 25267 eller BBR

Avsikten med genomgången av de svenska erfarenheterna (delrapporterna A och B) var att försöka se om husen varit optimalt konstruerade med hänsyn till de boendes "slutbetyg", vad som eventuellt hade gått att minska ned och vad som hade behövt vara bättre formulerat i ljudkraven. Det går knappast att ge några definitiva svar på dessa frågor, men de resultat som presenterats pekar ändå på ett antal möjliga förbättringar. Den internationella litteraturgenomgången och nätverksarbetet (delrapport D) har också bidragit till en samlad bedömning av vilka krav som ligger rätt och vilka som kan diskuteras.

Huruvida ändringarna ska införas i svensk standard eller inte beror till viss del på vilka ändringar Boverket planerar. Vi har utarbetat ett förslag till komplett föreskrift i BBR om bullerskydd, som inte hänvisar till några ljudklassningsstandarder utan anger alla krav i detalj. Förslaget bearbetas just nu av Boverket och bör komma ut på remiss senare i år.

Under mellantiden kan man använda de förslag till ändringar som ges nedan, först som en sammanfattande "lathund" och därefter mer detaljerat beskrivna.

Sist i rapporten återfinns en kort redovisning av vad som sker i den pågående internationella standardiseringen.

Sammanfattning (lathund) – komplettering av krav enligt SS 25267

Använd följande preciseringar vid upphandling med stöd av SS 25267:

- Använd ljudklass B för skiljekonstruktioner mellan lägenheter eller radhus med olika ägare. Använd ljudklass C för ljudkrav i enklare typer av flerbostadshus.
- Skriv inte "mål ljudklass B" utan håll på kravet. Standarden har (sedan 2004) regler för avvikelser som fångar upp osäkerheter i tillräcklig grad.
- Specialfall som inte omfattas av detaljkrav i SS 25267 ska utföras så att man får "tillfredsställande ljudförhållanden" enligt föreskrifter i BBR avsnitt 7 och 2. Exempelvis bör takterasser utföras med god ljudisolering då de ligger ovanför boningsrum "trots att" detta fall inte beskrivs uttryckligen i standarden. Om *smärre* avsteg ska göras från standarden, beskriv dem tydligt och förankra dem tidigt under projekteringen.
- Styr projekteringen enligt Boverkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler".
- Vid lätta bjälklag, projektera för ljudklass B med god marginal. Stegljudsisoleringen varierar inom byggnaderna och upplevs i många fall som dålig eller mycket dålig trots att ljudklass C eller B kan vara uppfylld. Gör egna undersökningar i referensobjekt med samma stomkonstruktion före upphandling. Ställ tydliga krav på leverantören. Kontrollera stegljudsnivån vertikalt i samtliga lägenheter.
- Stegljudsdämpande golvbeläggning i hall: Dagens undantag för 1 m² golvyta bör ändras till att gälla de delar som inte beträds vid gång mellan utrymmen inom lägenheten, t.ex. att golvytor 0,5 m ut från vägg får beläggas med klinker utan stegljudsdämpning även om de täcker större area än 1 m².
- Tamburdörrar i klass R^w 35 dB godtas i ljudklass C med ljudabsorbenter i trapphuset enligt SS 25267-T1:2009, men det finns risk för att samtal kan överhöras ute i trapphuset. Välj dörrar i klass R^w 40 dB för att få bra ljudisolering mot trapphuset.
- I ljudklass B, överväg att erbjuda tyst rum som tilläggsval. För vissa innebär det en väsentlig kvalitetshöjning att ha ett rum där familjens aktiviteter inte stör eller där man kan tala ostört. Praktiskt kan man förbereda väggar m m och välja dörrar efter vilka tillägg som beställs.
- Förtydliga, att med regelmässig förekomst menas ljudhändelser som förekommer mer än tillfälligt, där bullerstörningen kan vara betydande.
- Förtydliga att referenstillståndet i rum vid mätning av trafikbuller är 0,5 s efterklangstid, vilket normalt motsvarar förhållandena i ett möblerat rum
- Gör noggranna kartläggningar i tidigt skede av buller från alla typer av trafikslag, även järnväg och flyg, samt utvändiga installationer (fläktar, kompressorer m m).
- Förtydliga att den mest bullrande fordonstypen skall ligga till grund för dimensionering och utförande av fasadisolering. Vid kontroll av buller från vägtrafik godtas en statistisk värdering som motsvarar den ljudnivå som inträffar högst 5 passager per natt enligt Boverkets handbok. Förtydliga att ljudnivån för 4 passager eller färre ska beräknas på samma sätt.
- Vid tunga bjälklag, förse WC, tvättmaskin, torktumlare m fl stomljudsalstrande installationer med dämpade infästningar enligt tillverkarens anvisningar. Med dessa godtar standarden att golv i våtrum inte är stegljudsdämpat. Tvättstuga steg- och luftljudsisoleras extra enligt standardens krav för verksamhetsutrymmen.
- Buller från enstaka installationer ska uppfylla ljudkraven med 2-4 dB marginal. His-sar, WC, tilluftsdon i sovrum, köksinredning infäst i lägenhetsskiljande vägg samt installationer som ger toner eller impulser ska uppfylla 4 dB lägre ljudnivåer än kravet i ljudklassen. Ekvivalentnivåer gäller för de perioder en installation är igång.
- Buller vid låga frekvenser måste uppfylla Socialstyrelsens råd 2005:5 ljudklass B i SS 25267. Detta gäller numera även i ljudklass C, efter ett prejudicerande domslut.

Allmänt - objektsspecifik anpassning av kravnivåerna

De väsentligaste förslagen till förbättringar i SS 25267 alternativt i BBR ges nedan, med **markeringar i fet stil**.

Inledningen till standarden bör innehålla ett allmänt formulerat krav motsvarande det som står i plan- och byggförordningen och föreskriften i BBR. Kravet fungerar som en **portalparagraf**, som anger att intentionen med tabellvärden i ljudklass C är att uppnå tillfredsställande ljudförhållanden (bullerskydd), som är minimikrav på nya bostäder. Paragrafen behövs för att täcka in specialfall som inte omfattas av tabellerna. Ett aktuellt exempel är stora takterasser, där många personer kan uppehålla sig mer än tillfälligt och skapa stegljud i rummen under terrassen. Standarden tar idag bara upp gemensamma balkonger, med antagandet att små lägenhetsbalkonger inte ger några ljudproblem.

Det har diskuterats för- och nackdelar med att öppna standarden för avsteg för att man ska kunna optimera åtgärder mot behoven i respektive byggprojekt. Avsteg skulle i så fall kunna dokumenteras och intygas av en certifierad sakkunnig i samband med byggsamråd eller kontraktsgenomgång, men några har påtalat en risk för att sådana intyg skulle försvaga kraven och möjligen även användas för att "motivera" att bristfälliga konstruktioner godtas.

Portalparagrafen skulle även kunna användas för att medge **smärre avsteg** om det **finns skäl** att tro att ljudmiljön ändå blir lika bra som ljudklassen förutsätter, på motsvarande sätt som BBR ger möjlighet för byggnadsnämnden att göra, se BBR avsnitt 1:3. Ett annat exempel är utrymningstrapphus, se nedan.

- *Argument för* avsteg är att det kan tyckas vara rimligt att låta användarna av standarden göra vissa avväganden med hänsyn till de faktiska förhållandena i det aktuella projektet, förutsatt att de görs under ordnade former. I händelse av tvist skulle standardens krav gälla såvida det inte starka skäl att godta avsteg har dokumenterats i tidigt skede.
- *Argument emot* är som nämnts ovan risken för att avstegen görs för lättvindigt, att dåliga förhållanden godtas och att ljudklassningen uppfattas som otydlig.
- *Behovet av optimering* skulle istället kunna mötas genom att ställa olika krav beroende på bullersituationen, ungefär så som är gjort för tamburdörrar i gällande utgåva av standarden och för stegljudsbelastning i ljudstandard för lokaler (SS 25268). Komplexiteten ökar dock och det kan vara svårt att formulera sig tillräckligt generellt.

Stegljudskrav bör kunna slopas i **utrymningstrapphus** och liknande (med plomberade dörrar) där gångtrafik förekommer högst sporadiskt. I dagens standard finns några liknande preciseringar för äldreboenden som kan utvidgas.

I lägenheter med **gångstråk och stora rum** kan man utgå från att basmusik, barnlek, hopp och rask gång förekommer ofta och att **lågfrekvensisoleringen är väsentlig**.

Ett förslag från en akustikkonsult är att godta något lägre luftljudskrav vid låga frekvenser i studentbostäder och liknande särskilda boendeformer med små ytor och rum. Där kan man enligt konsulten begränsa bruket av ljudanläggningar (basljud) via information, tidsbegränsade hyresavtal mm. Stegljudskravet vid låga frekvenser skulle också kunna lättas i små bostäder (rum \leq cirka 12 m²) där man inte behöver räkna med 'lekande barn' och det är för trångt för att gå så snabbt över golvet att det alstras störande lågfrekvent stegljud. Ändringen kan implementeras enkelt som ett tillägg till kravet för äldreboenden, där C-termen slopats. Tillägget skulle möjliggöra kostnadsbesparingar för hus med lätta bjälklag i första hand, t.ex. träbjälklag. En mindre riktad enkätundersökning i ett statistiskt representativt urval studentbostadshus som vederlägger eller bekräftar tesen måste dock genomföras innan ett särkrav införs. Därför läggs inget förslag här, utan en utredning bör göras först.

Det finns inget i de studerade husen med betongbjälklag som tyder på att dagens krav behöver skärpas, **men i byggnader med lätta bjälklag har man indikerat stora problem med stegljud som medför att ljudkraven måste formuleras om.** Det räcker inte att skriva in ljudklass B som krav för hus med trästomme, man bör göra egna undersökningar och hänvisa till de byggsystem som visat sig ge nöjda boende. Se vidare nedan och i delrapport B.

Sammanfattningsvis, inledningen till standarden bör ta in föreskriften i BBR som en **portalparagraf och ange att tabellkraven i ljudklass C uppfyller denna, men att det kan finnas skäl i det enskilda fallet att överväga tillägg eller smärre avsteg som ändå medför att man uppfyller det generella kravet. Ändringarna skall dokumenteras av parterna eller av byggnadsnämnden (vid tillämpning av BBR/ljudklass C).**

Termer och Definitioner

Ordet 'regelmässigt' i SS 25267 var tänkt att gälla för ljud som förekommer mer än spontant, 'med en viss regelbundenhet'. Ordvalet har kritiserats för att vara svårt att tolka i de konkreta tillämpningarna. Det skulle kunna bytas mot 'tillfälligt' respektive 'mer än tillfälligt', med exempel på vad som avses så som det är gjort i SS 25268 avsnitt 5.4. En komplikation är att definitionen av 'utrymmen med tillfällig vistelse' i BBR 2006 avsnitt 1.6 är mycket snäv, i princip bara vistelse i kulvertar, maskinrum o dyl. Även utrymme för personlig hygien är ett utrymme man vistas i mer än tillfälligt enligt BBR och TNC:s definitioner.

För att få avsedd verkan bör det därför införas **en egen definition av tillfällig förekomst** i standarden, exempelvis: "Med tillfällig förekomst eller vistelse avses i denna standard Avsikten är att sporadiska händelser eller vistelser där störningen är obetydlig inte skall omfattas av alltför strikta ljudkrav. Vissa avgränsningar eller förtydliganden av tillämpningen av kraven görs i respektive avsnitt".

En konstruktion eller installation som godkänns enligt BBR/BÄR ska även vara godkänd mot Socialstyrelsens råd (**SoSFS**). Detta kan göras genom att se till att båda dessa allmänna råd hänvisar till samma standard för **ljudnivåer inomhus**, och genom att se till att Socialstyrelsen anger att prövning av ljudstörningar mellan bostäder ska bedömas baserat på ifall de uppfyller krav på ljudisolering etc. enligt det byggregelverk som gällde vid tiden för byggnadsmålan. SIS Tk 197 bör ta kontakt med Socialstyrelsen för att se om en sådan samordning kan genomföras.

Ljudklass B bör finnas kvar som begrepp, för att markera högre krav än BBR.

Kontroll av ljudfrågorna under projektering, utförande och i färdig byggnad

I rapporterna från Byggforskningsrådet, Byggekostnadsforum och Skanska Teknik indikeras en relativt stor spridning i resultaten. I många fall har man projekterat för en högre ljudklass än vad som krävts, medan en eller flera egenskaper har dragit ned slutbetyget i den färdiga byggnaden. Den internationella studien pekar på något som även är känt i Sverige, att det finns en hel rad ljudstörningar som inte omfattas av krav. Dit hör stomljud från dörrar, kökskåp, WC-användning, postboxar etcetera. Utomhus kan man ha höga ljudnivåer från återvinningsstationer, varuintag, skolgårdar etcetera. Detta innebär att investeringar i stommar och installationer med goda ljudegenskaper ändå inte ger utdelning i form av positiv värdering av ljudmiljön. Kedjan blir så stark som dess svagaste länk är. **Det kan vara lämpligt**

att informera om åtgärder mot nämnda bullerkällor, även om man inte ställer nya krav, t.ex. med hänvisning till handböcker mm.

Standarden bör peka på vikten av en effektiv **styrning av ljudfrågorna** genom att

- beakta ljudegenskaper i nyproduktion, vid val av planlösning, stomsystem och installationer
- beakta ljudegenskaper i ombyggnad och ROT, både i befintliga lösningar och vid ersättningar (som kan förbättra eller försämra ljudmiljön i huset)
- räkna noggrant i projekteringskedet
- använda ljuddokumenterade byggprodukter
- kontrollera utförandet under produktionen (t.ex. tätningar, stomljudsbygggor)
- göra noggranna ljudmätningar (minskade mätfel ger bättre erfarenhetsåterföringar)

Skanskas genomgång indikerar att andelen missnöjda minskar och betygen förbättras i de projekt där man har studerat ljudfrågorna utförligt under projekteringen och lagt vikt vid ett gott utförande. Se vidare i Boverkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler".

Om "standardkonstruktioner": Ljudisoleringen i bjälklag och väggar av betong beror inte bara av tjockleken (ytvikten) utan även av rumsstorlekar och typ av anslutande väggar och bjälklag. Golvbeläggningarna påverkar både luft- och stegljudsisoleringen. Detta medför att det är svårt att ge generella råd om vilka konstruktioner som erfordras för att nå en viss ljudklass.¹ På betongbranschens hemsidor finns flera hjälpmedel, tabeller och exempel som baseras på ett stort statistiskt underlag². När det gäller träbyggnader hänvisas till leverantörerna av byggsystemen, se vidare nedan och i delrapport B. Standarden kan ange ett antal **referenser** till handböcker mm.

Det är numera enkelt och kostnadseffektivt att räkna på olika kombinationer av tunga bjälklag, golvbeläggningar och väggar med hjälp av datorprogram och byggdels-databaser, som automatiskt tar hänsyn till de aktuella förhållandena. Då kan man även beräkna kostnaderna för olika alternativ. Se vidare i *handboken 2008*³ och *avhandlingen 2009*⁴. Standarden kan beskriva **dessa möjligheter (och begränsningar)** bättre i den informativa bilagan (F) för att uppmuntra en mer detaljerad projektering. Se vidare under toleranser nedan.

Stegljudskraven på nya hus med träbjälklag bör skärpas enligt BETSI, akustikkonsult-enkäten och AkuLite projektbeskrivning. I delrapport B visas att de boende rankade stegljudsisoleringen som dålig i de byggnader som undersöktes. Nya hus med trästomme byggs ofta med någon typ av prefabricerat byggsystem där man som upphandlare har en begränsad insyn. Ljudisoleringen varierar mer mellan lägenheterna än i hus med tung stomme. Lätta hus bör därför upphandlas med ljudkrav där leverantören står för ljuddimensionering och utförande och byggherren genomför kontroller i flertalet lägenheter. Se även i avsnittet om installationer (stomljud från maskiner). Det är väsentligt att koppla slutmätningar av oberoende instans till sådana upphandlingar, eftersom det är svårt att bedöma konstruktionerna under projekteringen och det är svårt för byggherren att påverka slutresultatet.

¹ Några tumregler: 1 dB svarar mot cirka 1 cm betong i väggar och bjälklag. Mellan ljudklasserna skiljer det oftast 4 dB. En genomtänkt utformning av stommen kan ge upp till 4 dB skillnad med i övrigt likartade konstruktioner. För ljudklass B bör man räkna med HD/f-bjälklag eller plattbärlag med en ytvikt om minst 540 kg/m² och 20 cm betongväggar. För massiva bjälklag förefaller 25 cm betong fungera, tunnare ger ofta någon dB brist mot kravet för klass B. Med uppreglade golv kan lättare bjälklag användas. Ljudmätningar bör utföras av oberoende instans.

² Handböcker, tabeller och praktiska exempel finns på www.byggamedprefab.se och www.betongbanken.com

³ "Bullerskydd i bostäder och lokaler", handbok från Boverket 2008 (SBUF-projekt 12012). www.boverket.se

⁴ Managing uncertainty in building acoustics : comparisons of predictions with the 12354 standards to measurements. Avhandling LTU. Simmons, C. http://pure.ltu.se/ws/fbspretrieve/3404226/Christian_Simmons_DOC2009.pdf

För hus med lätt stomme är det i dagsläget svårt att göra beräkningar på stommens ljudisolering, man får förlita sig till erfarenheter av varje specifikt byggsystem. Beräkningsmetoderna i EN 12354 är inte anpassade till stommsystem i trä eller stål, men det pågår forskning och provning för att utveckla nya metoder. Många konstruktioner är känsliga för utförandet (stomljusbryggor) vilket kan förklara att fältmätningar ger väsentligt större spridning i lätta hus än i tunga hus. Detta måste beaktas i beräkningsmetoderna.

Tills vidare bör man alltså vara försiktig när man upphandlar flerbostadshus med trästomme och själv undersöka hur boende i referensobjekt med samma stommsystem upplever stegljudsnivån i sina bostäder. Att byggnaden har uppfyllt ljudklass B innebär tyvärr inte att stegljudsisoleringen är god, inte ens tillfredsställande i BBR:s mening.

Skulle det komma till en rättslig prövning av stegljudsisoleringen kan det visa sig att det inte räcker att bara hänvisa till att byggnaden uppfyller ljudklass C (eller B) såsom anges i BBR avsnitt 7:2. Byggnaden ska utformas med tillfredsställande förhållanden enligt den nya plan- och byggförordningen PBF (SFS 2011:338 sidan 7) och det ska gå att belägga.

Egenskapskrav avseende skydd mot buller**SFS 2011:338**

13 § För att uppfylla det krav på skydd mot buller som anges i 8 kap. 4 § första stycket 5 plan- och bygglagen (2010:900) ska ett byggnadsverk vara projekterat och utfört på ett sådant sätt att buller, som uppfattas av användarna eller andra personer i närheten av byggnadsverket, ligger på en nivå som inte medför en oacceptabel risk för dessa personers hälsa och som möjliggör sömn, vila och arbete under tillfredsställande förhållanden.

Råd enligt ovan kan skrivas in i standarden eller någon handbok i anslutning till standarden.

Med anledning av vad som sägs i den nya PBF kan det bli nödvändigt att ändra på dagens hänvisning till ljudklass C i BBR avsnitt 7 eftersom den tydligen inte gäller för vissa huskonstruktioner.

Krav/mål

I flera projekt har man ställt som krav, att "vid mätning gäller ljudklass C, men vid projektering strävas mot ljudklass B (*mål*)". I den tredje utgåvan av SS 25267 infördes flera ändringar som avsåg att fånga upp denna praxis (toleranser vid mätning). Marginalen som följer med sagda mål/krav (4 dB) är därför onödigt stor. I revideringen föreslås en tydligare skrivning, som gör det tydligt **att mål och kontrollerbara krav med väl avvägda toleranser ingår i samma ljudklass**. Formuleringen av kravet lägger projekteringsmålet i 'mitten' av ljudklassen och ger måttoleranser som ryms inom klassbredden. Detta gör att kravet är mer verklighetsanpassat än tidigare krav, där man projekterade mot den nedre gränsen för respektive klass och följaktligen inte fick godkänt om någon enda avvikelse förekom. Detta var inte praktiskt, vilket branschen har visat genom att använda mål/krav-formuleringen ovan. I många industriella sammanhang är krav normalt kopplade till toleranser. **Både projekteringsmål och mätkrav ingår nu i respektive ljudklass**, se vidare diskussion nedan.

Det är också vanligt att man specificerar att bjälklag och väggar ska uppfylla ljudklass B vid mätning, men att ljud från installationer och trafik "bara" behöver uppfylla BBR (ljudklass C). En viss **anpassning av ljudklass B till denna praxis** föreslås, se installationer nedan.

Avvikelse vid mätning. I dagens standard finns redan toleranser (2 dB), men kritik har framförts mot att upprepade undertramp kan balanseras mot ett enda mycket gynnsamt värde. Systematiska avvikelser kan godtas med dagens skrivningar, t.ex. sämre ljudisolering vertikalt än horisontellt, vilket inte var avsikten. Förändringar: **Vid beräkning av me-**

delvärdet begränsas de gynnsamma avvikelserna från projekteringsmålet till 2 dB. **Medelvärdesbildningen bör avse varje bostad, eller stickprovsmätningar inom snarlika bostäder inom samma område och hustyp.** Standarden ska **upplysa om, att avsikten** med projekteringsmålet samt medelvärdesbildnings- och avstegsreglerna är att konstruktioner inte ska underkännas ”i onödan” på grund av tillfälliga avvikelser i utförande eller mätosäkerhet. Men att redan i samband med dimensionering räkna med olika tänkbara avstegsfall i verifieringsskedet är direkt olämpligt eftersom det minskar sannolikheten för att kravet verkligen ska uppfyllas. Målsättningen ska vara, att man vid dimensionering säkerställer att ljudisoleringskraven uppfylls genom samtliga lägenhetsskiljande konstruktioner. Vid verifiering med beräkningar ska kraven innehållas i alla utrymmen. **Systematiska avvikelser som kan förutses med beräkningar eller allmänt kända (publicerade) erfarenheter ska markeras som en försvårande omständighet vid bedömning av avvikelser från mål och krav.** Man kan föreskriva att ”minst hälften av mätresultaten ska uppfylla kravvärdet och största ogynnsamma avvikelse som godtas är 2 dB” vilket är lätt att förstå.

Luft- och stegljudsisolering mellan lägenheter

Ljudisoleringen vertikalt bör ha ett 3 dB hårdare R'_w -krav än horisontellt för att ge samma andel störda (se delrapport B; Kurz/Fischer). Stegljud vertikalt bör ha samma krav som i dagens standard **eller skärpas**. Detta beror på två saker: dels att det sker fler ljudhändelser vertikalt och att de hörs i alla rum, dels att mätetalet R'_w är formulerat så att inverkan av rumshöjden negligeras (1 dB ”bonus”). Genom att byta ut R'_w mot $D_{nT,w}$ samt $L'_{n,w}$ mot $L'_{nT,w}$ skärps kravet vertikalt med 1 dB och lättas horisontellt med 1-2 dB in till lite större rum. Begränsningsreglerna för area och volym kan därmed tas bort. Kravet stämmer bättre med subjektiva uppfattningar av ljudisoleringen i olika utrymmen.

Norska undersökningar visar att boende i radhus är avsevärt mer missnöjda än boende i stora flerbostadshus. I tidigare svenska byggnormer har man haft ett hårdare krav och dåtidens konstruktioner med platta gjuten direkt på stenkrossbädd gav god ljudisolering. Med moderna värmeisoleringsmaterial får man sämre ljudisolering (låg förlustfaktor) och klagomål är vanliga även i Sverige.

Kravet mellan **sammanbyggda radhus, ägarlägenheter** och bostäder som juridiskt ligger i **skilda fastigheter** (t.ex. påbyggnader) bör skärpas, t.ex. genom att kräva ljudklass B. Detta beror på att där är mycket svårt att i efterhand komma till rätta med en störande granne. I bostads- och hyresrätter finns lagstiftning och starka aktörer som kan ingripa, vilket ger boende bättre möjligheter att få hjälp med störningar. De tekniska förutsättningarna att nå en högre ljudklass är ofta goda när man bygger ovanpå eller vid sidan av befintliga hus, eller bygger radhus. Ändringen medför därför inte några väsentliga kostnadsökningar.

Stegljudskraven på nya hus med träbjälklag bör skärpas, se ovan. Motsvarande gäller vid ombyggnader och renoveringar. Det är väsentligt att koppla slutmätningar av oberoende instans till upphandlingar, eftersom det är svårt att bedöma konstruktionerna under projekteringen och det är svårt att påverka slutresultatet. Om äldre hus, se nedan.

Kravet på **stegljudsisolering från våtrum** undantas i de flesta projekt därför att man är orolig för fuktskador i rörelsefogar. Det finns visserligen konstruktioner som klarar både ljud- och fuktkraven, men det har varit svårt att få acceptans för dessa och det är rimligt att göra en anpassning till praxis. **Stegljudskravet slopas och en stomljudsnivå införs** mot intill- eller underliggande boningsrum eller matplats, som löses med avvibrerade armaturer (t.ex. WC, rör) och maskiner (tvätt, tork mm). Dusch och bad rakt över matplats o dyl bör utföras med dämpning av strilljud, t.ex. med duschkar på tassar. Sådana lösningar fungerar

tillräckligt bra och kravet kan följas upp med mätningar av stomljuds nivåer enligt SS-EN ISO 10052.

Frågan om hyresgästers egna maskiner, t.ex. tvättmaskin/torktumlare måste hanteras på något sätt. Ljudkravet bör sättas med tanke på den måttliga användningen jämfört med maskiner i gemensam tvättstuga som används väsentligt oftare. Störningar som uppstår pga tvättmaskiner bör kunna hanteras med trivselregler mm. I hyreslagen och bostadsrättslagen finns regler om vad man måste anses tåla resp. störande beteenden. Se vidare på sidan 14-15.

Stegljudsdämpande golvbeläggning i hall: Dagens undantag för 1 m² golvyta ändras till att gälla de delar som inte beträds vid gång mellan utrymmen inom lägenheten. Det innebär att golv 0,5 m ut från vägg skulle kunna beläggas med klinker utan stegljudsdämpning även om de täcker en större area än 1 m². Avsikten med kravet blir tydligare.

Krav kan ställas i högre ljudklasser på **lägsta luftljudsisolering i mellanväggar** (inom bostad). Huruvida detta är efterfrågat eller inte har inte gått att utröna, båda åsikterna framförs och bland andra TEMAprens undersökning och Skanska Nya Hems enkäter visar på ett behov. I förslaget till ny mall för enkäter (delrapport C) har vi lagt till en fråga om ljudisolering inom bostaden, men tyvärr ställdes inte denna fråga i enkätundersökningen för NCC och AkuLite. Kravet skulle få relativt blygsamma konsekvenser om det sätts till 35 dB i ljudklass C samt 40 dB i ljudklass B, eller enbart används för stora lägenheter i ljudklass B och högre. Isoleringen kan säkras exempelvis med 1-2 lager gips på var sida en stålregel och en tjock kantremsa av mineralull i skenor och regler, med tätning av anslutningarna. Merkostnaden är liten och förbättringen ger god effekt. Det är praktiskt svårt att klara luftcirkulationen om kravet på dörrar sätts för hårt. Detta har fått till följd att hela kravet har undantagits, även på väggarna. Att ställa krav på enbart väggarna ökar chansen för att byggherrarna godtar dem. I en informativ del bör man skriva in att även dörrarna och luddämpade överluftsöppningar tillför dämpning mellan rummen, vilka har stor praktisk nytta (t.ex. "snarkfria rummet", telefonrummet osv). Dörrar och don kan åtgärdas i efterhand till måttliga kostnader.

Skärpta krav bör ställas på **ljud från invändiga trappor** i sammanbyggda småhus, särskilt med tanke på infästning i husskiljande vägg och gemensam bottenplatta. Luft-och stegljudsisolering från **loftgångar in till bostadsrum** anges separat.

Luftljudskravet från trapphus till lägenhet bör avse in till rum, inte till hall (utrymme innanför tamburdörr). Det särskilda kravet på R'_{w10m2} bör då kunna **tas bort**.

Tamburdörr får med tillägget T1:2009 väljas i **klass R'w 35 dB** i ljudklass C om trapphuset förses med mera ljudabsorption. Detta tillägg inarbetas och görs tydligare. Enkätundersökningen visade dock att det finns risk för att samtal inom bostaden överhörs ute i trapphuset vilket kan uppfattas som mycket störande. Dörrar i klass R'w 40 dB ger ett bättre skydd både till och från trapphuset. I bilaga A, klassning av dörrar, rekommenderas kontroll av alla dörrar med en förenklad metod (pappersprov eller enkel lyssning längs tätningarna, respektive med en standardiserad provning i några stickprov och alltid där indikation erhålls.

Lokaler

Stockholms miljöförvaltning har begärt hos SIS, att standarden ska ange relevanta krav på ljudisolering **mellan restauranger och bostäder**, gärna med indelning mot förekommande ljudkällor (exempelvis för gäster, gäster och bakgrundsmusik i små högtalare, gäster och elektroakustiskt förstärkt musik med högt basljud). Mot butiker, garage mm bör sifferkrav också ställas. Målet bör vara att inte överskrida 25 dBA ekvivalentnivå från dessa utrym-

men i ljudklass C (Socialstyrelsens allmänna råd, som fått prejudicerande verkan). Med tanke på att bakgrundsnivån ofta är lägre i sovrum och att ljudnivån kan vara högre i enstaka positioner bör 20 dBA tillämpas i ljudklass B. Några förslag till typiska (dimensionerande) ljudnivåer bör tas fram, som med rimlig säkerhet kan nyttjas vid projektering.

Äldre hus

Fördelat på byggår visar sammanställningen i BETSI att isoleringen mot luftburet ljud (från grannar mm), från stegljud och från tekniska installationer (rör, hissar) är sämre i miljonprogrammets hus jämfört med senare byggår. Detta förhållande var känt sedan tidigare, och ett antal orsaker till problemen har undersökts. Se skrifter från Byggforskningsrådet som förtecknas på www.formas.se och i Boverkets handbok "Bullerskydd i bostäder och lokaler".³

Standarden bör **precisera krav på utbyten** för att undgå försämringar i bostäderna. Befintliga golv (t.ex. parkett på sand) kan ha bättre ljuddämpning än utbytesprodukterna (t.ex. avjämningsmassa med lättballast), vilket medför att de boende uppfattar ljudmiljön som sämre efter renovering. Kombinationen med hyreshöjningar ger en markant risk för missnöje, som kan undvikas med bättre lösningar.

En informativ not kan ange: För äldre hus finns indata för olika typer av byggdelar och ett antal praktiska råd samlade i en *SBUF-rapport*⁵. Rapporten från Boverket³ innehåller några exempel. Generellt gäller, att man bör vidta åtgärder som tätar skiljekonstruktionerna (sprickor, springor och hål läcker ljud). Fönster med tätade springor ger påtagligt bättre ljudisolering än de gamla otäta.

Gamla träbjälklag måste åtgärdas mot stegljud, normalt med nya undertak eller flytande golv. Äldre betongbjälklag går ofta att åtgärda så att man når dagens ljudklass C, men det kan vara svårt att klara högre ljudklasser. Förutsättningar för att få göra avsteg från ljudklass C till D bör beskrivas, exempelvis att provmontage krävs innan kravet fastställs⁶.

Tamburdörrar bör bytas ut, gamla dörrar ger dåligt skydd mot buller, brand och inbrott. Stomljud från hissar, tvättmaskiner, fläktar och vatteninstallationer bör åtgärdas för att ge mindre störande ljud. Detta bör påtalas i en informativ del, t.ex. för ljudklass D eller i bilagorna. Det finns utbytesinstallationer som ger dåliga ljudförhållanden, t.ex. vissa prefabricerade rörstammar, se nedan.

Ljudisolering i fasad mot trafikbuller och ljudnivåer utomhus

I detta projekt har inte trafikbullerisoleringen i fasad studerats. Det förefaller som om ljudklass C fungerar tillfredsställande, särskilt där man har projekterat noggrant och valt bra lösningar. Men i några objekt visar enkäter (delrapport B) att trafikbullret uppfattas som störande. Det finns en del förklaringar och praktiska [\[1\]](#)anvisningar i Boverkets handbok³. Det finns även pågående studier (2010)⁷.

Med tanke på praxis kan man då använda dagens krav för klass C även i en ny klass B, med **några tillägg** som styr utformningen bättre. Här kan man överväga att ersätta ekvivalentnivån L_{pAeq} och maximalnivån L_{pAFmax} med en viktad ekvivalentnivå för dygnet L_{den} som

⁵ SBUF 11254 Byggakustisk kunskapsöversikt - konstruktionsdatabas och praktiska erfarenheter. www.bygg.org.

⁶ I äldre hus med träbjälklag kan man oftast vidta åtgärder som ger en påtaglig förbättring, men det kan i vissa fall vara svårt att nå upp till ljudklass C. Åtgärderna beror på förutsättningarna i det enskilda objektet.

⁷ SBUF 12268 Moderna bostäder i bullerutsatta lägen. Resultat från en trafikbullerstudie som Karolinska institutet genomför bör finnas tillgängliga på www.sbuf.se under 2011.

redan tillämpas i flera länder, men konsekvenserna av ett sådant byte behöver utredas noggrant först. Diskussioner mellan Naturvårdsverket och Boverket pågår.

Standarden bör specificera **referenstillståndet** i rum för trafikbuller, samma förhållanden som anges för installationsljud, dvs. 0,5 s efterklangstid, vilket normalt motsvarar förhållandena i ett möblerat rum.

Standarden ställer inte krav på den yttre ljudmiljön, men det finns informativa råd. Tillgång till tyst sida av huset förbättrar miljön motsvarande cirka 5 dB, dvs. 55 dB på alla sidor upplevs som lika störande som ett hus med 60 dB på ena sidan och 50 dB på den andra. Det betyder inte att 65-70 dB på ena sidan kan motverkas med 40-45 dB på den andra sidan. Men så länge som myndigheterna inte har enats om en gemensam linje när det gäller buller i den fysiska planeringen är det svårt att ta in krav på ljudnivåer utomhus i standarden. En mer detaljerad beskrivning av störningar och ett förslag till en bullerkostnads-/intäktsanalys ges i Boverkets fördjupningsrapport, i dess avsnitt om trafikbullerutsatta områden.

Standarden skulle kunna beskriva en möjlighet att utforma hus med hög dämpning i fasaden och effektiva ljudisolerande fönster. Fönstren måste vara stängda i normala fall och det måste finnas något **annat sätt att vädra utan att släppa in buller**, t.ex. med ljuddämpade vädringsluckor eller uteluftsintag och forcerad frånluft eller tillförsel av kyld tilluft. Ett alternativ är att bygga mycket höga och effektiva bullerskärmar, då behövs inga åtgärder i fasad och inte heller i utemiljön. Detta kan beskrivas i standarden.

I Tyskland används ett system i DIN 4109, där kraven på fasaden följer direkt av ljudnivån utomhus, eller av en klassificerad typ av omgivning. Systemet ser vid första anblicken enkelt och bra ut, men dels får man stora konsekvenser av 5 dB stegen (gränsdragning i det aktuella fallet), dels måste man utforma klasserna för 'värsta fallet'. Vi har inte hittills sett ett intresse för att införa liknande system i Sverige, när konsekvenserna har beaktats. Dagens krav på dimensionering med hänsyn till de aktuella omständigheterna bör därför behållas.

Standarden **bör förtydliga ett resultat** av en dom i miljödomstolen: att den mest bullrande fordonstypen skall ligga till grund för dimensionering och åtgärder. Vid kontroll av vägtrafik godtas *en statistisk värdering* som motsvarar den ljudnivå som inträffar vid 5 passager per natt, men det betyder inte att 4 passager får negligeras enligt domen.

Vibrationer

Vibrationer i byggnad är ett stort problem bredvid järnvägar och större trafikleder, särskilt där grundförhållandena är dåliga. Detta beaktas inte i tillräcklig utsträckning vid planarbetet. Områden med kraftiga vibrationer i marken bör upplätas till bostadsbyggande med bindande villkor om relevanta åtgärder. Detta är egentligen inte en fråga för ljudklassning av byggnader, men eftersom vibrationer ibland gränsar till stomljud, förstärker störningsupplevelsen och ger störande "klirrljud" i inredningen, så bör synpunkten beaktas. Hänvisning görs till lämplig SIS-standard.

Installationsbuller

Statistiken som redovisas ovan skulle kunna uttolkas så att problem med installationsbuller inte är särskilt omfattande. Men installationsbuller är ofta ojämnt fördelat vilket gör att medelvärde blir missvisande. Där det förekommer ger det kraftiga störningar i vissa rum, exempelvis nära tvättstuga, fläktrum, hiss osv.

Den tekniska utvecklingen medger också att **kraven på installationsljud skärps**, det är idag relativt enkelt och billigt att undgå störningar av exempelvis stomljud.

- Källor med ett bredbandigt diffust ljud, t.ex. frånluft, värmeradiatorer, egen kyl/frys och liknande bör kunna godtas även om summan uppgår till 30 dBA. Var för sig bör de uppfylla 26-28 dBA därför att enstaka ljudkällor ger mindre diffust ljud än flera samtidiga.
- Källor med stor andel lågfrekvent ljud, toner, frekvens- eller amplitudmodulerat ljud eller impulsiva ljud bör specificeras och ges 4 dB hårdare krav, exempelvis hissar, tvättmaskiner, värmepumpar, kylkompressorer, frekvensomriktare, pumpar, WC (spolning och användning), avloppsrör med mera. Utvärdering av toner enligt ISO 1996-2 är inte självklart tillämplig inomhus. Den står med i SoS handbok om buller men i dagsläget känns det osäkert att ta in den som råd i standarden, här krävs en litteraturgenomgång och utredning.
- Tilluftsdon i sovrum bör underställas ett 4 dB hårdare krav, se nedan.
- Det bör framgå att kraven gäller då installationen är aktiv, dagens formulering 'i drift' kan tydligen misstolkas. Ekvivalentnivåer ska alltså avse de tidsperioder de avger ljud, t.ex. vid spolning/användning av WC eller då en kylkompressor är igång.
- Socialstyrelsens allmänna råd om lågfrekvensbuller bör göras bindande även i ljudklass C eftersom domstolar gått på SoS råd, dito för buller från musiklokaler (pubar mm). Där bör man ställa 5 dB hårdare krav, se ovan.

Det är vanligt att man specificerar att ljud från installationer och trafik skall uppfylla BBR (ljudklass C). En ändring föreslås i ljudklass B, **att ljud från enstaka installationer skall uppfylla krav enligt ovan**, men **summan av alla installationer** i samtidig drift skall uppfylla dagens ljudklass C. Ljudet från flera typer av installationer som håller konstant nivå, t.ex. ventilation och värme, blir mera "diffust" och stör något mindre, vilket motiverar att en något högre ljudnivå kan godtas även i ljudklass B. Specifika krav på respektive installation förenklar samordningen mellan olika typer av installationer.

Ljud från egna maskiner samt ljud utan toner, impulser eller stötande karaktär stör mindre. Avsteg kan göras i ljudklass B för diskmaskin, tvättmaskin och kyl/frys i de utrymmen där de står, enligt flera akustiker ger de inte nämnvärda besvär för de boende.

I bostäder med öppen planlösning bör man dock överväga tystare kyl/frys om dessa kan förväntas ge störande ljud utanför köksutrymmet.

TNO:s resultat från boendeundersökningar (se delrapport B) visar att man stör sig mer på onödiga ljud och bristande hänsyn än på vardagliga ljud som inte kan undvikas och som uppfattas som rimliga. Förändringarna ger små kostnadsändringar.

Särskilda ljudkrav bör ställas på **ventilationssystem med forcerad tilluft (FTX)** för att undgå att boende störs av ljud från dessa, särskilt på tilluftsdon i utrymmen för sömn, vila och daglig samvaro (boningsrum). Tekniken kommer att få ökad spridning till följd av nya energikrav. Dagens system med passiv tilluft och utsug i kök, badrum och klädkammare ger måttliga störningar men de förekommer trots allt. Acceptansen för ventilationsljud är mycket låg, redan svaga ljud uppfattas som störande, särskilt om de innehåller toner och förekommer i sovrum med låg bakgrundsnivå. Det finns risk för sabotage om ljudnivån uppfattas som besvärande (att donet täpps för). I en not kan ett råd ges, om att placeringen av donet har betydelse, det är en fördel att placera det diskret, t.ex. över dörr eller under fönster, hellre än mitt på tak eller vägg.

Med en god utformning av kanalsystem och placering av tilluftsdon, är det möjligt att begränsa ljudnivån till under 25 dBA utan några väsentliga merkostnader. En komplikation med dagens system är dock att detta förutsätter låga lufthastigheter och tryckfall, vilket gör ventilationssystemet svårare att justera in och bibehålla flödena i. Inverkan av öppna fönster i ett rum på tilluften i ett annat rum kan bli svårare att kompensera för.

Det finns effektiva stomljudsdämpande anordningar som hissleverantörerna kan applicera ifall inte injusteringar räcker för att uppfylla ljudkraven. Man bör ställa **ljudkrav direkt på hissinstallationen**, se SBUF rapport om stomljudsdämpning⁸. Hissbuller innehåller både toner och impulser, vilket uppfattas som störande för den som har ett i övrigt tyst sovrum intill schaktet.

Ljud från avlopp och WC bör få särskilda krav (på såväl användning "pinkljud" som spolning). Ljud vid användning av WC uppfattas som stötande, särskilt vid matplats. I den tyska undersökningen (Kurze och Fischer) har man konstaterat att L_{pAFmax} 32 dB medför att cirka 15% av de boende störs av ljudet. Det är en relativt hög andel och kravet kan sättas lägre eftersom det kan undvikas till mycket måttliga merkostnader, genom att använda effektiva stomljudsdämpande anordningar och rätt kombination av rör och schaktväggar. Där man har haft ljudproblem från rör har de ofta varit av lätta material och de har byggts in bakom lätta schaktväggar. Schaktväggar, undertak mm måste väljas med tillräcklig ljuddämpning för de rör mm som används och vilka störningskänsliga utrymmen som schakten gränsar till. En kostnadsbesparing på rörmaterialet kan därför motverkas av ökade kostnader för inbyggnader för att klara ljudkraven. Stomljud från rör som gjuts in i bjälklagen kan vara ett problem om det finns stora flöden vid riktungs- eller sektionsändringar. Metoden med in-gjutning bör åtföljas av en detaljerad planering av hur rören förläggs. Se vidare i VVS-Företagens handbok om buller från rörsystem.⁹

Buller från gemensam tvättstuga ska beaktas, det är en vanlig källa till störning och ofta av ganska allvarlig karaktär (störd sömn och försämrad livskvalitet). Åtgärderna är ganska enkla. Stegljudsisoleringen är viktig, dels går man ofta med hårda skor, dels låter det från tvättvagnar mm. Stomavskiljning av golvbjälklaget kan vara en lösning, men det finns numera tunna stegljudsdämpande underlag till klinkergolv som fungerar bra. Även luftljudsisoleringen bör skärpas, folk är högljuddare här än i sina hem. Undertak med tunga och ljudabsorberande skivor bör vara standard i sådana utrymmen.

För tvättmaskiner i angränsande lägenheter föreslås en kompromiss eftersom de används mer sällan än maskiner i en tvättstuga: om användning mellan 22-07 inte tillåts (via kontrakt, trivselregler m m), så kan en högre ljudnivå godtas dagtid i andra bostäder, till exempel L_{pAFmax} 45 dB (istället för 35 dB). Obalansvikt vid provning av olika maskintyper och antal maskiner i samtidig drift skrivs in i ett råd.

Standarden bör ställa **krav på ljud vid renoveringar av tekniska installationer**. Det finns exempel på prefabricerade installationsprodukter som ger både lägre och högre ljudnivåer än de gamla lösningar som ersätts. Man bör kunna visa att man beaktat ljudegenskaperna.

Dagens krav på ljudnivåer i dusch- och WC-utrymmen från maskininstallationer är möjligen något för hårt ställda med tanke på att rummen är akustiskt hårda och att man vistas mer eller mindre tillfälligt där (enligt BBR). Tvätt, tork, fjärrvärmeenhet och värmepumpar i tvättstugor, grovkök, entréer med mera ger högre ljudnivåer men är inte störande i dessa utrymmen (dock i angränsande sovrum). Man kan därför överväga att godta något högre ni-

⁸ SBUF 11941 Stomburet installationsljud. www.sbuf.se

⁹ SBUF 12279 VVS-Företagens handbok "Ljudhandbok för rörinstallationer". www.vvsforetagen.se

våer från vissa ljudkällor som går konstant eller som har långsamt varierande ljudnivå och belastning, exempelvis värmepump. Även i apparatrum, små WC, duschar och liknande där man uppehåller sig kortvarigt skulle man kunna överväga att godta något högre ljudnivåer. Men badrum har ofta karaktären av relax-utrymme och där bör man inte tillåta höga ljudnivåer från installationer. Kortvariga strömningsljud från tappvatten, WC-användning och avlopp i annan lägenhet bör uppfylla dagens ljudkrav, det går f n inte att motivera en lättnad.

Stomljud från köksskåp, pappershållare, väggkontakter, entréport, garageport m m ger störningar som inte beaktas med dagens ljudstandard. De är ofta lätta att undvika om man bara tänker på att isolera dem i samband med projektering och utförande. En informativ not läggs in.

A- och C-vägd ljudnivå uppmätt enligt SS-EN ISO 16032 ska beräknas från uppmätta oktavbandsnivåer, vilket medför att nivåerna kommer att skilja sig betydligt från verklig A- och C-vägd ljudnivå när ljudet domineras av låga frekvenser. Standarden A-väger en 50 Hz ton med 26,2 dB medan ett A-filter väger samma ton med 30,2 dB och frekvenser under oktavband 63 Hz får inte alls räknas med i den A-vägd nivå. Här bör ett förtydligande göras så att det är entydigt hur man ska mäta och utvärdera, förslagsvis att A-vägning görs i tredjedelsoktavband 31-10000 Hz.

Ljudabsorption och efterklangtid

I bostäder med stora rumsvolymer, exempelvis i rum med loft och hög takhöjd är klagomål vanliga på dålig rumsakustik (för lång efterklang, bullrigt). **Råd om ljudabsorberande material ges**, men inga tvingande krav.

Informationsinsats

En informationsinsats bör göras om vad den uppdaterade standarden (eller en ny föreskrift i BBR) faktiskt ställer för krav. En hel del av de "avsteg" som blivit praxis kan inarbetas och därefter kan beställare hänvisa till en ljudklass utan att behöva skriva in avsteg och tillägg. Detta behöver man informera om på olika sätt så att vi får "rena" hänvisningar till standardens ljudklasser, alternativt en ny BBR.

Pågående forsknings- och standardiseringsarbete

Vi deltar som nämnts i delrapport A i Vinnovas och Formas AkuLite-projekt. Ett av huvudmålen i AkuLite är att utforma bättre ljudkrav. Bakgrunden är att ljudkrav i standarder och föreskrifter bör vara neutrala i förhållande till byggmaterial och -teknik, dvs. en viss uppmätt ljudisolering ska motsvaras av samma subjektivt upplevda ljudkvalitet oavsett byggnadens tekniska utformning. I dagsläget får hus med lätta stomkonstruktioner (t.ex. träbjälklag) sämre betyg på stegljudsisoleringen av de boende jämfört med tunga hus, även då de ger likvärdig eller till och med bättre uppmätt ljudisolering (enligt delrapport B). I AkuLite forskar man om nya och mer neutrala mått på ljudisoleringen, som stämmer bättre med de boendes betyg. Våra undersökningar i hus med tung stomme tjänar därvid som jämförelse-material för AkuLites undersökningar i trähus enligt delrapport B.

Vid Luleå tekniska universitets avdelning för ljud och vibrationer har ett forskningsarbete genomförts om osäkerheten (reproducerbarheten) i såväl produktionsmetoder för volymenthus i trä, som de mätmetoder som används för utvärderingen. Vi har bidragit med

råd i samband med Ltu:s fältstudier och granskningar av en licentiatexamen (Rikard Öqvist) som genomförts under 2010¹⁰.

Under 2009 och 2010 har flera möten hållits både i COST-nätverket och i ISO:s arbetsgrupper, där vi deltagit med stöd av SBUF, Boverket och Betongforum. En enkätmall har utvecklats med stöd av COST-nätverket, se delrapport C. Vi kommer att föreslå SIS Tk 110, att ett svenskt initiativ tas för att göra ISO/TS 15666 "teknisk specifikation" för utformning av enkätmallar till en fullvärdig ISO-standard, där enkätmallen för byggakustik kan bli en ny bilaga.

Förslag till smärre uppdateringar av gällande standard för definition av sammanfattningsvärden på ljudisolering (ISO 717 delarna 1 och 2) går på remiss till SIS och andra nationella standardiseringsorgan under våren 2011. En ny standard med mer långtgående förändringar, ISO 16717 har påbörjats och diskuterats på två möten i arbetsgruppen, men det är osäkert när den kan träda i kraft. I förslaget finns obligatoriska krav på att mäta ned till 50 Hz, vilket flera länder motsätter sig kraftigt, bland annat med hänvisning till att mätosäkerheten blir ohanterlig. I COST-nätverket är man dock enig om att detta är nödvändigt och det förefaller som om acceptansen ökar efterhand.

Vi deltar därför även i ett parallellt ISO-arbete med att ta fram en ny mätmetod (16283) och kommer att bestämma den praktiska mätosäkerheten. Möjligen kommer det att genomföras jämförande provningar i olika länder. Vi har bidragit med väsentliga erfarenheter både när det gäller mätmetoder och konstruktioners ljudegenskaper vid låga frekvenser, som stöds av att Sverige är det enda land som har ljudkrav ned till 50 Hz (sedan 1998). Våra tidigare studier inom detta område (SBUF-projekt 11204, SP-rapporter och Nordtestrapport NT tec 603) har varit till stor nytta i kommittéarbetet.

Det finns skäl att tro, att den nya standarden för ljudkrav (ISO 16717) kommer att accepteras när det finns mer praktisk erfarenhet med de nya mätmetoderna (ISO 16283) i olika länder. De flesta deltagare medger att kravet vid låga frekvenser är viktigt och att någon form av metod behövs, men man vill vara delaktig i att utforma både kraven och mätmetoderna samt ge sin inhemska industri tid att ställa om till nya ljudkrav i god tid. Vi bör fortsätta att bevaka dessa arbeten eftersom det påverkar våra möjligheter att ställa relevanta ljudkrav utan handelshinder, men även för att underlätta för våra producenter att lyckas på exportmarknaden.

Simmons akustik & utveckling ab
Christian Simmons

¹⁰ Variations in Sound Insulation in Lightweight Timber Constructions. Rikard Öqvist, LTU 2010.

Bilaga 4. Konferensbidrag till Forum Acusticum 2011, Aalborg



New ideas for Swedish building regulations

Hagberg K.
ÅF Sound & Vibrations, ÅF, Göteborg, Sweden.

Simmons C.
Simmons Acoustics & Development, Göteborg, Sweden.

Summary

This paper presents an outline of new regulations on noise protection of residential buildings and work premises. One idea is to apply $D_{nT,w}$ and $L'_{nT,w}$ with spectral adaptation terms 50-3150 Hz (according to ISO 717) instead of R'_w and $L'_{n,w}$. The current regulations already have special rules on volumes and partition areas to limit the disadvantages inherent in the current descriptors. Since 1999, the content of the building regulations has been very brief and referred technical details to Swedish national sound classifications standards. However, parallel revisions of national regulations and standards over the years have made the requirements more complex and difficult to apply for non-acousticians, albeit more precise in applications. Standards are not available to the public for free which is a significant hindrance to the public. It would be beneficial to include all requirements in the main building regulation but then simpler descriptors should be used, e.g. D_{50} ($=D_{nT,w}+C_{50,3150}$) and L_{50} ($L'_{nT,w}+C_{1,50,2500}$). Noise from technical equipment should be treated more directly, i.e. the requirements specifically list some typical steady state broad band noise sources (e.g. air handling units) as well as tonal/impulsive noise sources (e.g. WC, heat pumps). In addition, requirements for other premises such as schools, offices, hospitals, etc. may be condensed into some major important requirements, filling two tables (instead of 32). Much work remains, and indeed current COST actions may lead to changes in a final proposal late 2011.

PACS no. xx.xx.Nn, xx.xx.Nn

1. Introduction

It is of great importance to the European industries that the acoustic requirements are simplified into a few common descriptors. Today there is a confusing variety of rules within the Nordic countries causing a lot of unnecessary adaptations of constructions [1, 2,]. Extending the situation to a European level makes the confusion even worse [3, 4, 5]. Current COST action TU 0901 [6] aims to simplify the single numbers in order to encourage the use of same products, building systems and building platforms throughout Europe without unnecessary local adaptations. This paper shows an outline for such regulations. All local adaptations [1, 2] are removed and the single numbers are expressed in a simpler way. It is important to discuss these ideas at a European level. The aim is to simplify for the industry and increase their confidence in acousticians rather than to cover all potential small details in building

sites. It is better to have common major rules to simplify trade and make small adaptations of the individual building projects whenever needed.

Current Swedish building regulations (BBR) regarding protection against noise are divided into several technical sections that are phrased very much in general. The benefit of such regulations is that they principally cover all possible applications that might appear. BBR then refers details to Swedish classification standards in order to state specific limiting values and rules for the verification of the requirements. The disadvantage with detailed requirements is that they cannot cover all "special cases" that might appear. It is beneficial to have both general requirements in text, and more specified single numbers for certain important building parts, in order to minimize the risk of strange interpretations in individual cases. Furthermore, the aim is also to simplify the descriptors and to fully adapt single numbers to current international evaluation standards ($D_{nT,w}$ and $L'_{nT,w}$: ISO 717).

(c) European Acoustics Association

Hence, in the text to consider there are both general requirements which give the main purpose, but also more detailed requirements with values that could be used in the design stage and to follow up in the works. The general requirements may be used in order to analyse a problem and to argue for small deviations (stricter or less strict) if there are certain reason for that. This section may be:

"Buildings shall be designed to minimize sounds from adjacent spaces, from technical installations and from the outside. Residents and users of premises in the building must not be disturbed by sound and be able to sleep, rest, have social activity, work or any other intended activity under satisfactory conditions. If a noisy activity is adjacent to housing units then appropriate sound isolating measures have to be undertaken. In public premises the reverberation time has to be adapted according to the intended use of the actual space."

The regulations are valid for dwellings and for some public premises, e.g.

- Healthcare
- Daycare for children
- Education
- Offices

2. Regulations – Acoustic measures

Apart from pure acoustic requirements the idea is to point out the importance of using long life products in the structural elements. This is a requirement in the present regulations, however not included in the noise control chapter but in the first general chapters. It has not been clear to the industry that these general chapters also have to be applied when evaluating different acoustic products. Hence, the reader of the noise control chapter must be reminded to consider chapter 1 and 2 and choose solutions that maintain their acoustic properties over the building life cycle. The air tightness or possible elastic behavior must not change over time.

1.1. Acoustic measures

Proposed requirement values are valid in the stage when the building is in use, which means a reference value equal to 0.5 s reverberation time. It corresponds to the conditions either a room fully furnished or equipped with certain acoustic measures. The measures are simplified in the text to make them easier to communicate to the industry. The measures are:

1. $D_{50} = D_{nT,w} + C_{50-3150}$ and $D_{100} = D_{nT,w}$ sound level differences, according to current ISO 717-1
2. $L_{50} = L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ and $L_{100} = L'_{nT,w}$, Impact sound levels, according to current ISO 717-2
3. L_{pAcq} och L_{pAFmax} for equipment noise
4. $D_{A,tr} = D_{ls,2m,nT,w} + C_{tr}$, Facade sound insulation (sound insulation difference) according to current ISO 140-5 & 717-1
5. T_{20} = reverberation time (s)

1.2. Acoustic values

There are five (see above) different types of sound requirements that have to be fulfilled in dwellings and in other premises. The requirement ideas for dwellings are briefly described in the tables I and II while the tables III and IV give ideas for requirements in other premises.

1.2.1. Dwellings

In table I single numbers for sound insulation are presented (D_{50} / L_{50}) where some additional clarifications are added in notes, as in the current standard, SS 25267 (table C1). Additionally, the text should involve general remark regarding vibrations, which could be of great importance for the manufacturers of light weight building structures (table I, note a). Table II is an outline of how sound levels from service equipments may be expressed. Final idea regarding façade sound insulation and reverberation time in staircases and corridors has not yet been completed or considered.

Table I. Single number values for sound insulation between dwellings

	Lowest permitted sound level difference between spaces (dB)	Highest permitted impact sound level in spaces (dB)
	D_{50}	L_{50}/L_{100}
1. Between dwellings	52	56 / 56 ^a
2. But from spaces with potential noisy activities (i.e. offices, food shops etc.), dwellings in another building unit garages, washing premises etc to dwellings	56	52 / 52
3. But from access balconies, staircases or corridor with door or window to spaces for sleep, rest and social activity	44 ^b	60 / 60 ^b
	40 ^c	64 / 64 ^c
	48 ^d	56 / 56 ^d
a. Floor surfaces closer than 0,5 m from walls and small surfaces just inside the entrance door are excluded from requirement. Walls and floors in big rooms has to be designed in order to minimize annoying vibrations b. Valid for normal use of staircases, exceptions according to the notes c and d c. Valid when staircase is used only temporarily. Also valid from a common (but separated from other spaces) corridor to spaces for sleep and rest in dwellings for elderly d. Valid from spaces outside doors where high frequency of walking traffic and high sound levels are expected more than occasionally to spaces for sleep, rest, and social activity. It could be doors close to main entrance, postboxes or elevator.		

Table II. Main requirements regarding noise levels from service equipment

Space, type of service equipment	Highest permitted A-weighted equivalent sound pressure level, L_{pAeq} (dB)	Highest permitted A-weighted maximum sound pressure level, L_{pAFmax} (dB)
1. In spaces for sleep, rest and social activity from equipment generating continuous broadband sound	28 ^a	32 ^a
2. In spaces for sleep, rest social activity, food prep. or personal hygiene from equipment generating sound including tones more than occasionally	24 ^b	28 ^b
3. In spaces for sleep, rest and social activity from activities outside dwellings which generate impulses, tones or low frequency sound more than occasionally ^c	24	28
a) In cases with several equipments running simultaneously 2 dB higher levels are accepted b) 8 dB higher equivalent levels and 16 dB higher maximum levels are accepted during daytime (06.00-18.00) from washing machines in another dwelling, including tumbler dryers et.c. c) The required sound insulation has to be calculated on basis of the sound levels that might appear more than occasionally in these spaces at relevant frequencies, in order to secure the levels in the table		

Table IV. Lowest permitted sound level difference and highest permitted impact sound levels in other premises than dwellings, from one space to another. Room categories are explained in table III

D_{100}/L_{100}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	48 / 64	52 / 56	48 / 60	52 / 64	56 / 60	52 / 60	44 / 68	60 / 48	56 / 56	52 / 60
2	44 / 72	48 / 64	44 / 68	48 / 72	52 / 68	48 / 68	40 / 76	56 / 56	52 / 64	48 / 68
3	52 / 64	56 / 56	52 / 60	56 / 64	60 / 60	56 / 60	48 / 68	64 / 48	60 / 56	56 / 60
4	40 / 64	44 / 56	40 / 60	44 / 64	48 / 60	44 / 60	36 / 68	52 / 48	48 / 56	44 / 60
5	24 / 72	28 / 64	24 / 68	28 / 72	32 / 68	28 / 68	20 / 76	36 / 56	32 / 64	28 / 68
6	28 / 72	32 / 64	28 / 68	32 / 72	36 / 68	32 / 68	24 / 76	40 / 56	36 / 64	32 / 68
7	32 / 72	36 / 64	32 / 68	36 / 72	40 / 68	36 / 68	28 / 76	44 / 56	40 / 64	36 / 68
8	36 / 68	40 / 60	36 / 64	40 / 68	44 / 64	40 / 64	32 / 72	48 / 52	44 / 60	40 / 64
9	44 / 64	48 / 56	44 / 60	48 / 64	52 / 60	48 / 60	40 / 68	56 / 48	52 / 56	48 / 60
10	40 / 72	44 / 64	40 / 68	44 / 72	48 / 68	44 / 68	36 / 76	52 / 56	48 / 64	44 / 68

It may take some time to get used to the values given in table IV since they have changed from sound reduction index to sound level difference. It is necessary to study the design plan drawings for each single project in order to choose the right sound reduction index for walls and floor structures in each room combination. It requires some extra work in terms of calculations. However, on the other hand it should be possible to achieve better optimization of the constructions.

3. Conclusions

A lot can be done to simplify the use of descriptors and number of requirements. This paper shows some ideas how to use current standards and single number ratings in order to simplify the expression of figures in national regulations and minimize the use of national adaptations. It is of great importance that the at least the European countries really try to agree upon the basic principles for

1. single number descriptors
2. Basic common requirements for multi storey houses
3. Levels of requirements
4. Room definitions

to encourage trade of different building systems and building products between countries. The authors are fully aware that this idea is based on

Swedish experiences, so please feel free to have an open discussion.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge support by SBUF (Development Fund of the Swedish Construction Industry) and Boverket (Swedish National Board of Housing, Building and Planning).

References

- [1] K. Hagberg, B. Rasmussen: Impact sound insulation descriptors in the Nordic building regulations – overview and special rules and benefits for changing descriptors. Proc. 2010 BNAM, Bergen, Norway
- [2] H. Helimäki, B. Rasmussen: Airborne sound insulation descriptors in the Nordic building regulations – overview special rules and benefits for changing descriptors. Proc. 2010 BNAM, Bergen, Norway
- [3] K. Hagberg, D. Bard: Sound insulation descriptors in Europe - Special rules complicate harmonization within light weight industry. Proc. 2010 ISSA, Auckland, New Zealand
- [4] B Rasmussen, "Sound insulation between dwellings – Requirements in building regulations in Europe". Applied Acoustics, 2010, 71(4), 373-385.
- [5] B Rasmussen & JH Rindel "Sound insulation between dwellings – Descriptors in building regulations in Europe". Applied Acoustics, 2010, 71(3), 171-180
- [6] COST Action TU0901 "Integrating and Harmonizing Sound Insulation Aspects in Sustainable Urban Housing Constructions", 2009-2013
- [7] K. Hagberg, C. Simmons: A Handbook on the Management of Acoustic Issues During the Building Process: Journal of Building Acoustics Volume 17 no. 2 2010, p 143-150.