

Räkna lätt och rätt på ljudisoleringen i betonghus

Christian Simmons
simmons akustik & utveckling

"Akustikfrågorna är hanterliga!" Så inleddes föredraget om ljud på betongbyggnadsdagen 2001 i Göteborg. Med ett antal exempel visades hur standarder och effektiva beräkningsverktyg kan användas för att styra byggprocessen så att rätt ljudmiljö i byggnad kan uppnås. Standarderna och datorprogrammen underlättar för alla parter: -byggherren kan välja samordnade ljudkrav/ljudklass, projektören kan räkna på olika lösningar, entreprenören får tydliga förutsättningar och instruktioner, materialleverantören kan arbeta mot rätt kravspecifikation och kontrollorganet kan följa upp resultatet. Alla kan arbeta med samma termer och definitioner vilket minskar risken för missförstånd. Ljudfrågorna behöver alltså inte vara svåra att hantera.

Ljudklassningsstandarderna underlättar byggherrens val av kravnivå och kontrollmetoder

Ljudklassning av utrymmen i byggnad kan göras enligt SS 02 52 67 (bostäder) och SS 02 52 68 (lokaler). Dessa standarder medför flera fördelar för byggbranschen. De anger konsekventa och tydliga målvärden, där olika typer av ljudkrav är inordnade i ljudklasser. I förfrågningsunderlag m.m. räcker det därför med att hänvisa till standarderna och vilken ljudklass som skall gälla i projektet. Kraven är kopplade till standardiserade mätmetoder, vilket förenklar uppföljning av resultat i färdig byggnad.

Hur används olika ljudklasser idag?

Myndigheternas minimikrav eller praxis återfinns i ljudklass C. I nyproducerade bostadshus blir ljudklass B allt vanligare, framförallt i storstäderna. Ljudklass C ger normalt en ljudmiljö som inte motsvarar de krav många boende ställer på en ny bostad. Ljudklass D är avsedd för ombyggnader och temporära utrymmen, där ljudklass C inte kan uppnås av olika skäl. I lokaler bygger man normalt i ljudklass C, men det finns fall där man föreskriver högre ljudkrav.

Vad kostar ljudklass B?

Denna fråga kommer givetvis in i ett tidigt skede. Tyvärr finns det

inga enkla svar, av olika skäl. Det behöver inte innebära högre kostnader. Det går att projektera för hög ljudklass utan att tillgripa kostnadskrävande konstruktioner, om man väljer ett bra stomsystem och planerar in utrymmen i byggnaden med tanke på ljudkällorna. Är man låst till en viss plan måste man lösa ljudkraven med tjockare bjälklag och väggar, tyngre fönster m.m. och självklart får man då en merkostnad i projektet. Några tips som man kan arbeta med ges i vidstående exempel.

Analysverktyg förenklar projektörens arbete

Projektörer kan idag arbeta med rationella, standardiserade analysverktyg för att räkna fram rätt ljudisolering. Man tvingas också räkna mera idag än förr, därför att utformningen av byggnader varierar mera idag och gör det oekonomiskt och besvärligt att använda standardlösningar.

Den harmoniserade svenska och europeiska standarden för ljudberäkningar (SS-EN 12354) har sex olika delar (varav fyra är fastställda och två är under utveckling) som alla syftar till att man enkelt skall kunna beräkna inverkan av olika byggnadsdelar. För beräkning av ljudisolering i byggnad enligt del 1 till 3 finns beräkningsprogrammet BASTIAN, se vidstående beräkningsexempel. I de kommande delarna 5 och 6 på-

I betongvaruindustrins handbok "Byggakustik" ges också ett antal praktiska råd om stömljud i betonghus. Några exempel på åtgärder:

- stömljudskällor bör helst placeras avskilt. Om inte det är möjligt bör intilliggande skiljekonstruktioner förses med strålningsminskande beklädnader, d.v.s. gipsskivor på fritt stående regelstommar. Om man kan förlägga buffertutrymmen (t.ex. klädskåp, bad, WC) intill trapphus, fläktrum och dylikt minskar behovet av utrymmeskrävande inklädnader.
- trappor och stann-/vilplan bör vibrationsisoleras från stommen eller förses med flytande golv.
- maskinrum m.m. bör placeras in i ett tidigt skede. Om man väljer tysta maskiner minskar behovet av åtgärder på stommen. För ventilationsaggregat sammanfaller ljudegenskaperna med energieffektiviteten, dvs tysta aggregat går lugnt och arbetar effektivt.

går arbete med att standardisera beräkningsalgoritmer för installationsljud och efterklangstid i utrymmen.

Betongindustrins insatser

Den svenska betongindustrin stöder arbetet med del 5 och man har även tagit fram indata till del 1-3. I databasen till programmet BASTIAN ingår såväl massiva betongkonstruktioner som håldäckselement. Sannolikt kommer olika publikationer att revideras så att samma data redovisas. Exempelvis kommer betongvaruindustrins handbok "Byggakustik" att ges ut i reviderad upplaga under 2002. I denna anges ljudegenskaper för betongelement så att de går att använda för beräkningar enligt SS-EN 12354. Betongbanken kommer också att förses med någon form av anvisningar och exempel, arbete pågår (information kommer att lämnas på www.betongbanken.com).

Byggmaterialtillverkarnas roll

Tillverkarna av övriga byggnadsdelar bör ta fram indata till beräkningar enligt standarden för sina produkter. Till detta arbete finns det också stöd i form av harmoniserade SS-EN ISO standarder för mätningar i laboratorium och i byggnad. I vissa fall kan det dock vara en fördel att utgå från teoretiska beräkningar istället för mätningar.

BASTIAN-databasen innehåller idag ett antal ljudprovade produkter, och fler tillkommer efterhand. Med dessa kan projektörerna enkelt beräkna luftljudsisolering, stegljudsisolering och trafikbullernivå i utsatta delar av byggnaden genom att peka ut de element som omsluter olika rumskombinationer och välja lämpliga produkter ur den inbyggda databasen. Se vidstående exempel. På några få timmar kan ett stort antal väsentliga konstruktioner räknas igenom. Flertalet konstruktions- eller produktval kan klaras av arkitekter, konstruktörer m.fl. utan specialkunskaper i akustik. Men allt kan inte klaras med dessa enkla verktyg, sannolikt finns det i de flesta projekt ett antal punktfrågor som en akustiker bör kontrollera.

Byggbranschen kan hjälpa till med uppföljning och kunskapsåterföring

Byggnadsnämnderna och byggherrarna begär normalt in ljudmätningar i samband med slutbevis och slutbesiktning. Ljudklassningsstandarderna föreskriver vilka mätmetoder som skall användas för sådana fältmätningar. Mätmetodernas termer är samordnade med standarderna för ljudklassning och beräkningar. Erfarenhetsåterföringen kräver därför inte något merarbete. Det är dock angeläget att mätningarna doku-

Utgå från att ljudfrågorna griper in "överallt" i byggnaden. Några exempel:
- räkna med att tidiga val styr förutsättningarna i senare skeden, t.ex. inplacering av byggnad på en tomt, närhet till trafikerad väg/gata, typ av byggnadsstomme.

- planlösningen påverkar ljudisoleringen, vilket visas med några exempel nedan. Öppna planlösningar ställer högre krav på skiljekonstruktionerna. Var installationsutrymmen förläggs kan styra bjälklagstjocklekar och påverka behovet av tilläggsisoleringar.

- med bra lösningar och produkter kan man klara ljudkraven utan tilläggs-konstruktioner. Man bör därför arbeta med väl dokumenterade vägg- och bjälklagssystem, golvbeläggningar, undertak, installationssystem, fasadelement, fönster, dörrar, uteluftsdon m.m.

Exempel på beräkning enligt SS-EN 12354 del 1-2 med programmet BASTIAN.

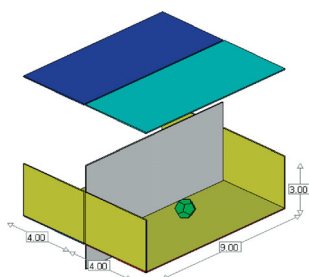


Fig 1a. De ytor som omsluter "sändarrummet" och "mottagarummet" visas i en enkel rumsmodell, där rumsdimensionerna kan skrivas in direkt i figuren

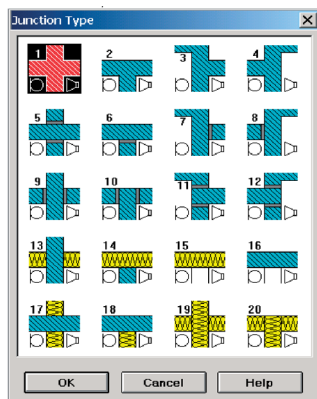


Fig 1b. Knutpunkterna, där elementen sammanfogas, definieras med enkla symboler.

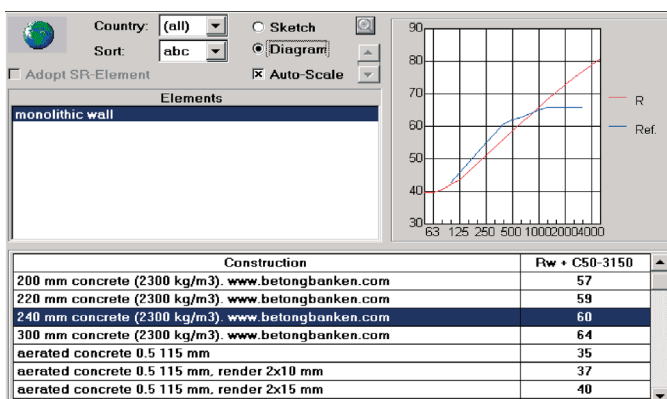


Fig 1c. Alla omslutande ytor definieras genom att välja konstruktioner ur en produkt databas. Databasen innehåller f.n. ca 1000 konstruktioner.

M	Basic Element	Additional Layer	TypeNo	Junction	Receiving Room		R _w + C50-3150	L _{n,w} + C150-2000	
					dB	%		dB	%
X	240 mm concrete (2300 kg/m ³). www.betongbanken.com				69.8	98	37.5	59	
X	Gyroskop E 85095 202 (600) M30 (SP98732873A) wvl		14	Gyroskop E 85095 2	75.8	2			
X	Gyroskop E 85095 202 (600) M30 (SP98732873A) wvl		14	Gyroskop E 85095 2	75.8	2			
X	HDF120185 conor. et. + G conor. 300 kg/m ² www.l	Grenab S100-150 (2) parkett or parkett	1	HDF120185 con Grenab S100-150 (2)	72.8	4	36.0	41	
X	HDF120185 conor. et. + G conor. 300 kg/m ² www.l		1	HDF120185 con	64.9	26			
				Total	59.2	100	39.5	100	

Fig 1d. Vågd ljudisolering redovisas direkt i tabellen, både som total ljudisolering och som ljudisolering per konstruktionsdel. Där anges även andel av ljudisoleringen för de ingående byggnadsdelarna (%).

Exempel: radhus med gemensam bottenplatta, parkett+foam

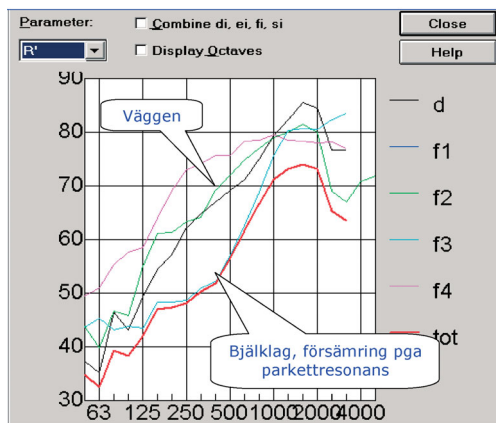


Fig 1e. Ett diagram visar ljudisolering i frekvensband, vilket är användbart om man skall spåra vilka vägar ljudet går mellan rummen vid olika frekvenser. Exemplet visar beräkning mellan vardagsrum i ett radhus med en tunn kontinuerlig bottenplatta och parkett på tunn foam.

Kurva d visar direkttransmissionen, i detta fall horisontellt via vägg. Man ser att vid låga frekvenser påverkar väggen den totala ljudisoleringen (röd kurva nederst). f1 till f4 visar ljudisoleringen i de flankerande konstruktionerna. Man ser då att väggarna har hög ljudisolering och påverkar den totala ljudisoleringen marginellt. Golvbjälklaget begränsar ljudisoleringen i mellanfrekvensområdet på grund av "parkettresonans".



Fig 1f. Genom att lägga upp ett arbetsblad för varje rumsfall dokumenterar man enkelt beräkningarna.

menteras så att skiljekonstruktioner och flankerande konstruktioner anges, och att öppnbara defekter (t.ex. läckage) anges.

En väsentlig fördel för branschen bör nämnas i detta sammanhang: - vartefter alla parter (inom hela Europa) börjar använda samma verktyg och indata kommer det att visa sig snabbt om det behövs revideringar av någon av standardens metoder eller indata för byggnadselement. När flera parter rapporterar samma typ av avvikelser finns det en bra grund för att studera bakomliggande orsaker och justera vid behov. Sannolikt kommer jämförelser mellan SS-EN 12354 och kontrollmättningsresultat att bli ett stående inslag på olika akustikkongresser de närmaste åren – såväl förespråkare av metoderna som deras belackare kommer att bidra till att förbättra det som inte fungerar tillfredsställande. Kommittéer inom såväl CEN som CIB arbetar kontinuerligt med utveckling av metoderna.

Det finns en del oklara punkter ännu, t.ex. lätta byggsystem som behöver utredas med avseende på knutpunkternas dämpning. På Lunds tekniska högskola forskas just nu i detta ämne. Beräkningsnoggrannheten när det gäller tunga byggelement är någorlunda väl dokumenterad. Vår rekommendation är för närvarande att man bör ha minst 3 dB marginal mellan beräkningsresultat med SS-EN 12354 (BASTIAN) och krav i byggnad. Rekommendationen baseras på flera nordiska och europeiska studier. Byggbranschen får gärna engagera sig och bidra aktivt till att mera kunskaper publiceras, t.ex. genom att konsekvent följa upp resultat i byggnad och rapportera in dessa som underlag till standardiseringen. Det går bra att avidentifiera mätningarna, men ett antal uppgifter om konstruktionerna måste redovisas för att det skall gå att kontrollräkna resultatet (se ovan).

Betonghus ger bra ljudmiljö

Allmänt kan sägas, att betong är ett tungt och styvt material som ger bra ljudisolering, speciellt vid låga frekvenser. I vidstående exempel visas luftljudsisolering för tre olika väggtyper vid olika frekvenser. En enklare typ av mellanvägg kan ha ett bra vägt sammanfattningsvärde (R'_w) men ge betydligt lägre ljudisolering vid låga frekvenser än en tung vägg med samma R'_w värde. Tjockare lättväggar kan som synes ge likvärdig ljudisolering. Ofta är det dock flanktransmission, d.v.s. stomljud via anslutande konstruktioner, som sätter gränsen för vad som kan uppnås praktiskt.

Vad är ljudisoleringen i en 18 cm betongvägg ?

Det finns inget entydigt svar på frågan. Betongkonstruktioners ljudisolering påverkas av dess area och anslutande konstruktioner, vilket är besvärligt att korrigera för utan beräkningshjälpmedel. Vid beräkning enligt

SS-EN 12354 (BASTIAN) korrigeras för inverkan av stomljud via anslutningar enligt standarden. I vidstående exempel visas diagram för ljudisoleringen för en och samma väggtycklek, med sex olika inplaceringar i byggnad. När väggen stängs inne mellan tunga upplag eller avslutas med fria kanter (t.ex. vid låtta utfackningsväggar) försämras ljudisoleringen. I ett kontinuerligt bjälklag eller i en kontinuerlig tung vägg, med låta rumsavgränsande väggar avleds en del av stomljudet och utstrålningen till motstående rum minskar. Skillnaden kan vara så stor som 8 dB mellan sämsta och bästa fallet. Detta kan låta krångligt, men korrigeringen hanteras alltså helt automatiskt av programmet. I ett tidigt planeringsstadium kan man räkna på olika alternativ och se hur planlösningen påverkar ljudisoleringen.

Stegljud

Med rätt golvbeläggning klaras även stegljudet. Man kan arbe-

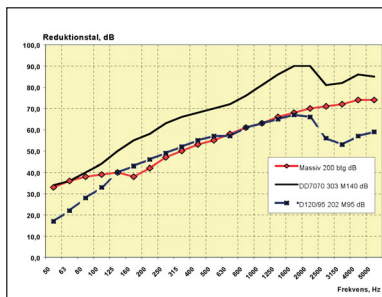


Fig 2. Ljudisolering vid låga frekvenser. Reduktionstal i tre lägenhetsskiljande väggar. (- -) massiv betongvägg 200 mm, (—) lättvägg med 3 lager gipsskivor på skilda reglar och skenor (- -) lättvägg med dubbla gipsskivor på saxad trästomme på gemensam sylv.

ta med olika lösningar: tunna standardbeläggningar fungerar på tjocka och/eller stora bjälklag. På tunnare och/eller kortare bjälklag kan man lägga flytande golv och få mycket hög ljudisolering, en lösning som är vanlig i t.ex. Tyskland. Planlösningen och typen av stomme påverkar även stegljudisoleringen, både horisontellt och vertikalt, vilket också hanteras automatiskt av programmet. Genom att räkna och planera byggnaden effektivt finns det pengar att spara!

Bjälklagsnyckeln – förenklar valet av golvbeläggning

För att förenkla redovisningen av en viss golvbeläggning kommer SS 02 52 67 bilaga B att kompletteras med en bjälklagsnyckel. Tillverkare av stegljudsdämpade golvbeläggningar kan använda metoden i bilagan för att redovisa förväntad ljudklass för en stegljudsprovad golvbeläggning på ett antal vanligt förekommande bjälklag (och plattstorlekar). Även handboken "Byggakustik" redovisar i den kommande revideringen ett stort antal exempel på ljudklass för vanliga kombinationer av betongelementstommar och golvbeläggningar. Standarden begränsar inte vilka byggnads-

typer som kan redovisas på detta förenklade sätt. Tvärtom, exemplen i handboken och standarden är beräknade enligt SS-EN 12354. Man kan därför enkelt komplettera listan över bjälklag och golvbeläggningar efterhand sådana fall dyker upp.

Några strategiska val i planeringskedjet

I bullriga omgivningar är det ofta nödvändigt att forma byggnadskropparna så att man åstadkommer ett inbyggt gårdsrum. Denna så kallade "tysta sidan" åstadkoms genom att byggnadskropparna sluts och skärmar av den "bullriga" sidan. Man skall helst inte lämna fria öppningar, även små passager för gångstråk m.m. släpper igenom buller. I bostäder måste man lägga minst hälften av utrymmena med fönster mot den tysta sidan för att klara kraven i BBR 99. Avsikten är att man skall kunna öppna fönstren utan att släppa in trafikbuller. Mot den andra sidan sätter man effektivt ljudisolerande fönster. Inom huset bör man placera in buffertzoner mot verksamhetslokaler.

Stomval

Stommen påverkar som nämnts

ljudisoleringen. Genom att kombinera pelare och skivor i bärande upplag och dela av tunga bjälklag och väggar med lätta lägenhetsväggar kan man åstadkomma effektiv "ljudavledning". Öppna planlösningar gör att hela skiljekonstruktionen exponeras för ljud, vilket måste kompenseras med förhöjd ljudisolering i själva elementet. Ökad betongtjocklek är ett alternativ som kan provas enkelt i beräkningarna. Andra alternativ kan baseras på tilläggsisolering av väggarna, flytande eller uppreglade golv eller undertak. Antalet kombinationer av ljudisolerande byggelement som uppfyller ett givet ljudisoleringskrav är stort, vilket ger alla aktörer möjligheter – till skillnad från när man bara får använda statiska "godkända" lösningar. Det var bl.a. denna fördel med de byggakustiska beräkningsmetoderna som fick EU-kommissionen att ge CEN mandatet att ta fram harmoniserade standarder (EN 12354). Syftet var att underlätta fri rörlighet och handel med byggprodukter, och på sikt kommer standarden säkert att bidra till detta.

Installationer

Utrymme för installationer bör diskuteras i tidigt skede. Det finns många alternativ att välja på. Dragnings i väggarna, eller i spalten under flytande / uppreglade golv, eller ingjutning i bjälklagen. Schakt i trapphus är ofta bättre än vertikala stammar inne i lägenheterna. Maskinrum (för fläktar, kylare, sopsug etc) bör placeras in i tidigt skede.

Fasader

Mot den bullriga sidan kan man använda olika avskärmningar,

t.ex. inglasade balkonger eller andra element. Ofta måste man tillgripa tunga fönster och ljudisolerande ytterväggar. Utfackningselement kan kompletteras för att få erforderlig ljudisolering, vilket dock kan påverka byggmättet. Sandwichelement kan användas i de flesta situationer. Några elementtyper med EPS och tunnputs kan behöva tilläggsisolering invändigt i utsatta lägen. Även här finns beräkningsmetoder enligt SS-EN 12354 del 3 att tillgripa för att välja rätt elementtyp. Databasen innehåller idag fyra typer av sandwichelement som kan kontrolleras.

Ofta är det maximalnivåerna från tung trafik nattetid som dimensionerar ljudisoleringen i fasad. Då är den lågfrekventa ljudisoleringen viktig, och den är ofta hög i betongväggar. Som en tumregel kan sägas, att om avståndet till väg/gata med tung trafik mellan 22-06 kan göras längre än 20 m klaras ljudisoleringen ofta med standardprodukter som kompletteras utan stora merkostnader. För fönster går en praktisk gräns vid R'_{Atr} 36 dB, sedan ökar både tyngd och pris markant. I den mån uteluffen tas in direkt genom fasad skall även uteluftsdonen vara ljudisolerande.

För den som önskar hålla sig à jour med utvecklingen av standarder på ljudområdet rekommenderas abonnemang på ett nyhetsbrev från SIS Tk 62. Kontakta författaren eller projektledaren på SIS/Tk62, Erik Geete (erik.geete@sis.se). Information om BASTIAN ges på www.simmons.se.

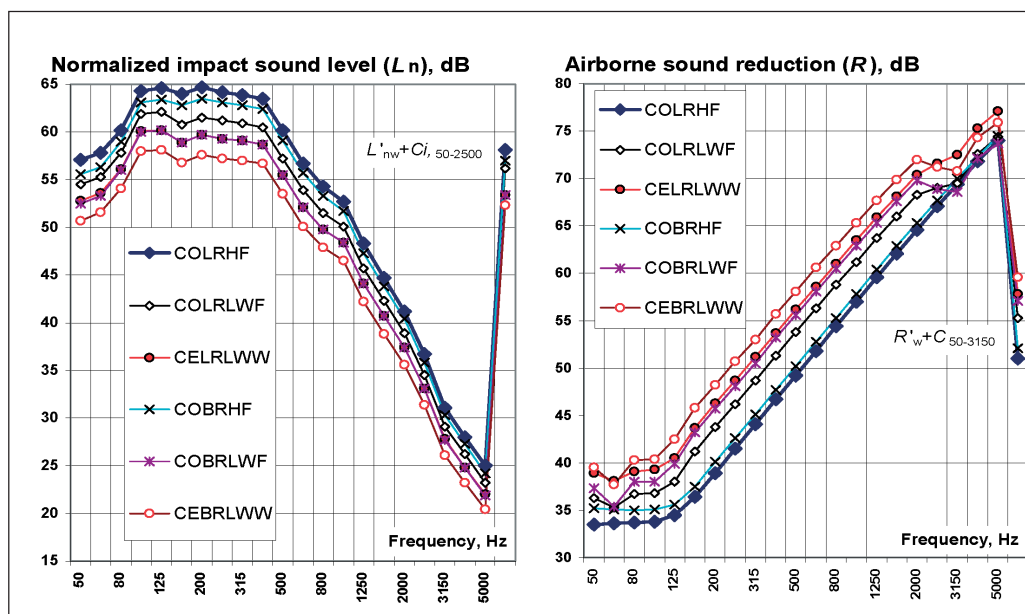


Fig 3. Planlösningen inverkar på ljudisoleringen. Figurerna visar ljudisolering med 18 cm betongbjälklag, med sex olika inplaceringar i byggnad där flankerande konstruktioner är tunga eller lätta.

Förklaringar till figurerna: Luftljudisolering (Airborne sound reduction, R, dB) och stegljudsnivå (Normalized impact sound level, Ln, dB).

Tre parametrar varierar: 1) rummen är placerade i ett hörn (CO) eller i mitten av byggnaden (CE). 2) två rumsstorlekar: sovrum 10.5 m² (BR) och vardagsrum 36 m² (LR). Rumsarean påverkar avledningen av stomljudsenergi till omgivande byggnadsdelar (fördelningsfaktorn). 3) ytterväggarna är tunga fasadelement (HF) eller lätta utfackningsväggar (LWW). Variationen i resultaten är i storleksordningen 8 dB, vilket visar att resultat från fältmätningar inte beror enbart på bjälklagstjocklekar utan också på inplaceringen i byggnad.