

Ingenjörsmässiga beräkningsmodeller underlättar projektering



Figur 1: Modernt bostadshus med stomme i KL-trä.

Historiskt sett har det länge saknats lättillgänglig ingenjörsmässig programvara för att beräkna luft- och stegljudsisolering i konstruktionskomponenter i synnerhet för byggnader byggda helt eller delvis med lätta stomsystem. Detta bromsar utvecklingen av nya effektiva byggsystem och införandet av nya miljövänliga byggmaterial. Det finns idag emellertid goda möjligheter att beräkna ljudisolering i färdiga byggnader med hjälp av kommersiella program enligt ISO 12354. Dessa standarder måste dock matas med resultat från laboriemätningar. Det görs i stor utsträckning via databaser men alla möjliga produktkombinationer kan aldrig mätas. Därför ser vi en framtid där man måste kunna beräkna laborievärden för olika nya byggdelar och produktkombinationer. I framtiden måste vi därmed ha tillgång till lättillgängliga beräkningsverktyg för olika golv- och väggkonfigurationer som ständigt utvecklas, i kombination med beräkningsprogram enligt ISO 12354. Det blir nyckeln till fortsatt utveckling av nya byggsystem och verifiering av nya material i moderna byggnader. I denna artikel beskriver vi beräkningsmetodiken samt ger några exempel på hur väl man kan förväntas estimerar ljudisoleringen i färdiga byggnader med trästomme jämfört med uppmätta värden i färdiga byggnader.

Metodik

Data från laboriemätningar av olika vägg- och bjälklagskombinationer krävs som indata för att kunna göra säkra beräkningar av ljudisolering i byggnader enligt ISO 12354 [1]. Detta tillhandahålls idag av en mängd olika leverantörer av byggmaterial via SOAB databasen. Det är dock omöjligt att tillhandahålla data för alla potentiella kombinationer av produkter som ingår i olika vägg – och bjälklagslösningar, särskilt om målet är att täcka möjliga kombinationer globalt och dessutom kunna introducera nya byggdelar och kombinationer regelbundet. I synnerhet i tidiga skeden av ett byggprojekt, finns det behov att kunna värdera olika byggdelar med nya produktkombinationer

för att utforska alternativa uppbyggnader. En attraktiv metod är därför att ha tillräcklig mängd mätunderlag för att kunna bygga upp ISO 12354 databasen med bra underlag men också för att kunna skapa säkra modeller för prediktering av byggdelar i tidiga skeden.

Byggnadselement kan byggas upp på oändligt många olika sätt och vi behöver ingenjörsmässiga akustiska verktyg som kan användas av konsulter så att varje byggkomponent samordnas och optimeras i tidiga skeden för att säkerställa uppfyllande av akustiska kriterier med rimliga marginaler, i senare skeden. Idag tillämpas i många länder tyvärr "gamla schablonmässiga marginaler" under projektering vilket skapar säkra, men överdimensionerade och onödigt dyra konstruktioner. Därför fordras moderna och bättre verktyg än vad som hittills funnits att tillgå. Vid uppbyggnad av ett ramverk för beräkningar av ljudisolering av byggdelar finns två naturliga huvudgrupper, nämligen väggar och bjälklag. Dessa huvudgrupper delas sedan in i undergrupper och beräkningsmodeller anpassas till deras "akustiska" komplexitet. I ett sådant modulärt system kan nya undergrupper

läggas till allt eftersom byggsektorn utvecklas, för att täcka produkter och kombinationer från olika leverantörer globalt, inklusive nya byggsystem, se princip i figur 2.

Färgerna i figuren indikerar olika modelleringsmetoder som vi tror är mest lämpade för olika konstruktioner. Ljusrött betyder att rena fysiska modeller kan passa för grundkonstruktionen även om vissa av konstruktionselementen kan behöva kompletteras med empiriska modeller som stöds av uppmätta värden. Grönt betyder att modellen byggs upp av en kombination av fysiska modeller och empiriska modeller baserade på uppmätta värden både från laborier och i färdiga byggnader. Gult betyder att modellerna är baserade på maskininlärningsmetoder som tränas av omfattande mätdataset. I en artikel från DAS/DAGA konferensen 2025 beskrivs metodiken och noggrannheten för modellering av lättväggar [2]. I en annan artikel från Forum Acusticum/Euronoise 2025 [3] görs en jämförelse mellan tre tillgängliga programvaror vad gäller dess noggrannhet jämfört med laboriemätta värden för ett antal konstruktionsexempel.



Klas Habberg
Acouwood AB



Erik Nilsson
Acouwood AB

I den mån byggdelar med vissa kombinationer saknas i databasen till programvaror som följer ISO 12354, kan sådana beräknade värden komplettera denna databas och användas för beräkningar av ljudisolering i färdiga byggnader. Det är då emellertid viktigt att man har koll på hur modellen enligt ISO 12354 är uppbyggd så att man matar in rätt värden på rätt ställe. Hur som helst, med rätt indata, oavsett om det är mätt i laboratorium eller beräknat med väldokumenterade beräkningsmodeller, kan man hamna mycket nära uppmätta resultat i färdig byggnad. Vi visar några exempel nedan. Det är endast några få exempel men speglar väl vad vi noterat i ett mycket stort antal projekt som vi slutfört de senaste sju åren.

Resultat – beräkningsexempel

Vi beskriver här några vanliga konstruktionstyper uppbyggda med CLT stomme. Beräkningar av ljudisolering i byggnader med CLT stomme lämpar sig väl att beräkna enligt ISO 12354. I databasen till beräkningsprogrammen finns idag ett stort antal CLT element att välja mellan. Därtill finns en stor mängd undertakslösningar och övergolvskonstruktioner som provats i laboratorium på KL-trä.

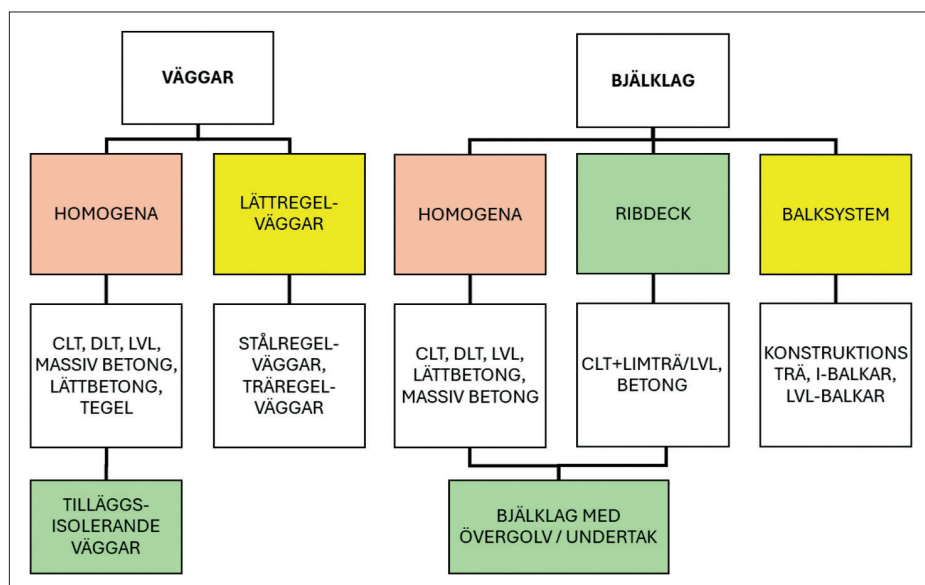
Objekt 1.

Objekt 1 är ett sjuvåningshus som inrymmer drygt hundra små men exklusiva bostadsrättslägenheter. Vi brukar alltid rekommendera ljudklass B för stegljudisolering och minst BBR för luftljudisolering. På grund av förutsättningarna (och utifrån dessa förutsättningar beräknade värden) kunde vi emellertid inte garantera annat än minimikrav (BBR) med viss marginal. Uppbyggnaden av bjälklaget är följande:

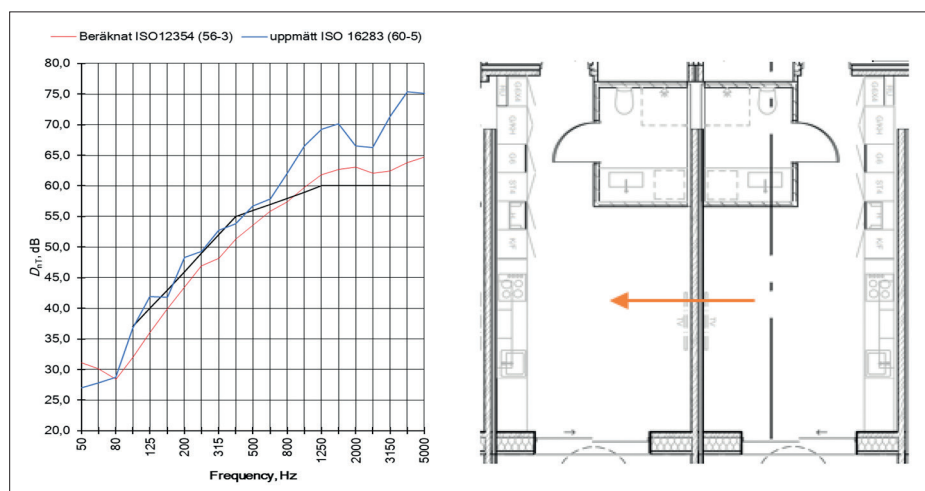
- Parkett på foam
- 2×12,5 löslagd golvgips
- 22 spånskiva
- Granab 8000 W25 (239 mm)
- 145 isolering
- 130 KL L5s kontinuerlig
- 22 läkt+isolering
- 25 Akustikprofil
- 2×12,5 gips normal

Väggarna i KL-trä var försedda med gips dikt an på en sida och en fristående stomme med 2 lager gips på andra sidan.

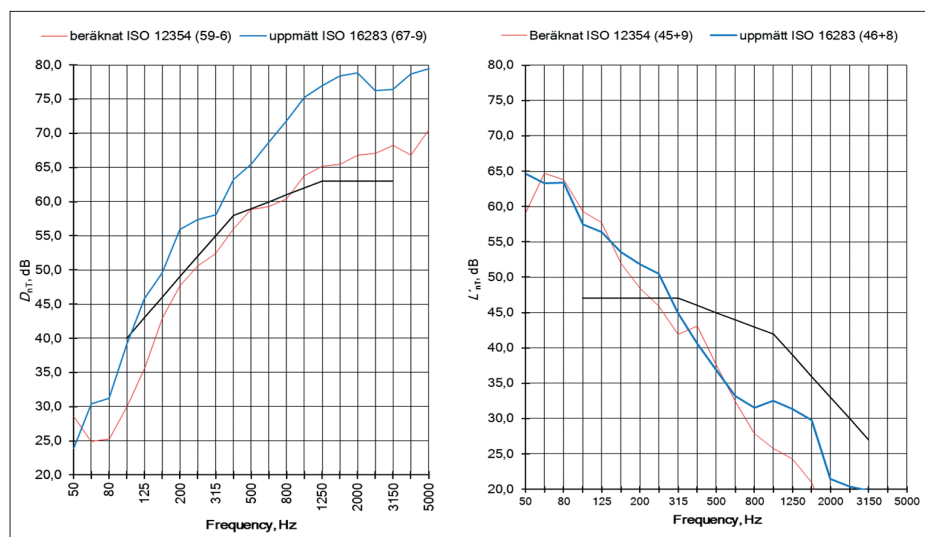
Valet av uppbyggnad av bjälklag och väggar är en balansgång mellan krav och komfort samt naturligtvis kostnader, bland annat möjligheten att använda kontinuerliga bjälklag över lägenhetskiljande väggar, då detta ger färre lyft och tunnare KL-skiva.



Figur 2: Figuren redovisar ett axplock av möjliga konstruktioner. De olika grupperna kräver olika ansatser när man bygger säkra ingenjörsmässiga beräkningsmodeller.



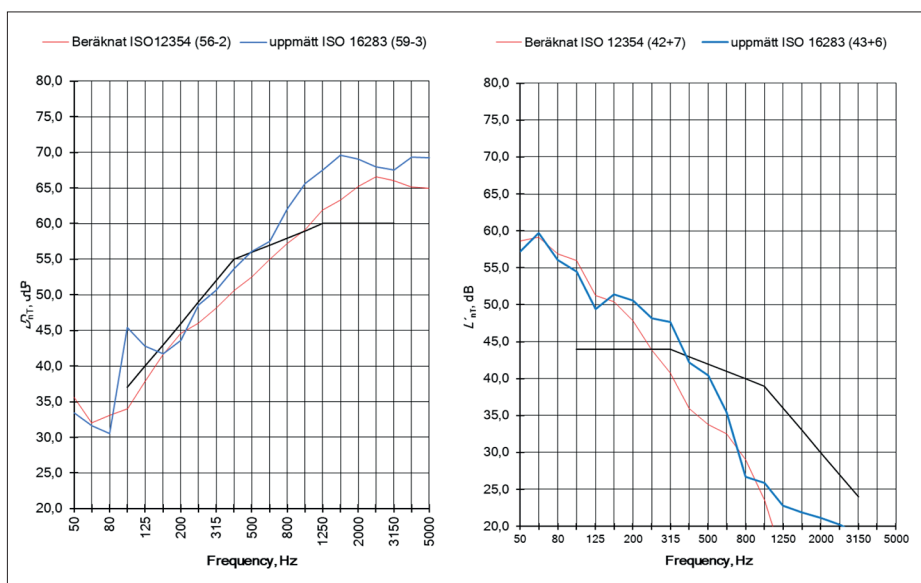
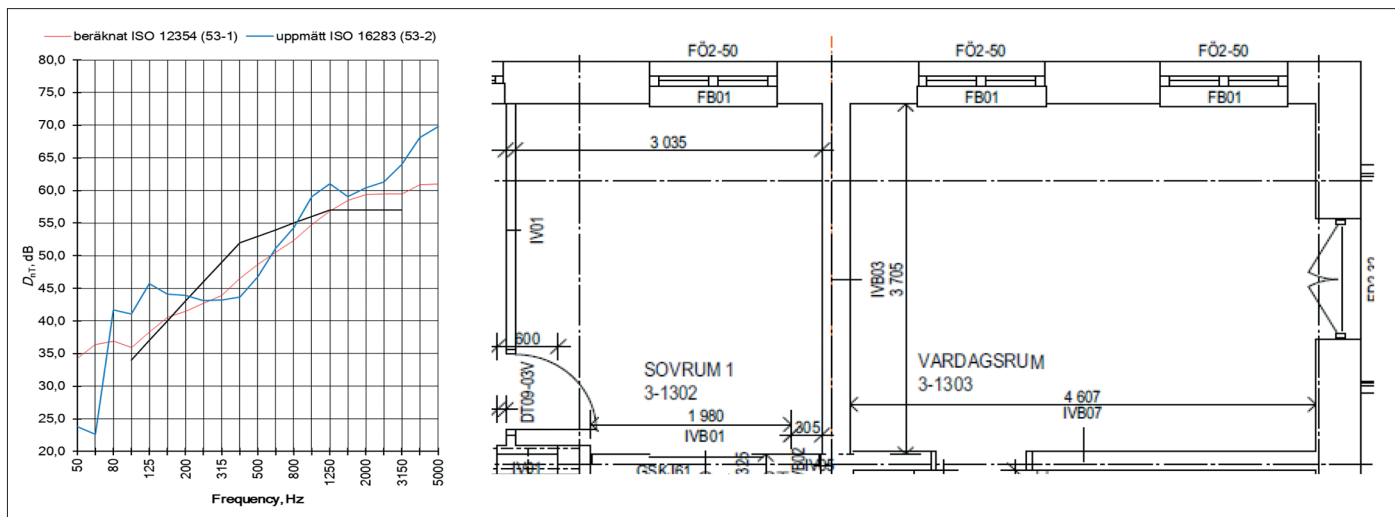
Figur 3: Figuren redovisar beräknat värde under projektering (röd kurva) och uppmätt värde i färdig byggnad (blå kurva).



Figur 4: Figuren redovisar beräknat värde vertikalt under tidig projektering (röd kurva) och uppmätt värde i färdig byggnad (blå kurva).

I figur 3 redovisas beräknat värde under tidig projektering (röd kurva) och uppmätt värde i färdig byggnad (blå kurva) horisontellt mellan två lägenheter. Inom parentes över diagrammet redovisas entalsvärden $D_{nT,w} + C_{50-3150}$.

I figur 4 redovisas uppmätt resultat och beräknade värden vertikalt (i tidigt skede) mellan två sovrum om 12 m² inom två identiska tvärumslägenheter. Inom parentes över diagrammen redovisas entalsvärden $D_{nT,w} + C_{50-3150}$ och



$L'_{nT,w} + C_{I,50-2500}$, beräknat respektive uppmätt i färdig byggnad.

Objekt 2 är en helt annan typ av byggnad som inrymmer normalstora exklusiva bostadsrättslägenheter. På grund av förutsättningarna (och utifrån dessa förutsättningar beräknade värden) kunde vi inte garantera annat än minimikrav för luftljudsisoleringen i byggregleringen och vi menar att det är en bra nivå. För stegljud gäller emellertid ljudklass B. Uppbyggnaden av bjälklaget är följande:

Väggarna i KL -trä var försedda med gips dikt an på en sida och en fristående stomme med 2 lager gips på andra sidan.

I figur 6 redovisas uppmätt resultat och beräknade värden vertikalt (i tidigt skede) mellan två sovrum (sovrum 1 ovan) om 12 m². Inom parentes över diagrammen redovisas entalsvärden $D_{nT,w} + C_{50-3150}$ och $L'_{nT,w} + C_{1.50-2500}$.

Beräkningar av ljudisolering är helt nödvändigt för att utveckla konkurrenskraftiga ekonomiska lösningar i byggnader med olika stomsystem. I tidigt skede gäller det att optimera byggdelarna med god säkerhet och ju längre projekteringen drivs desto mer behöver knutpunkter och

När vi projekterar gör vi alltid en första värdering i tidigt skede av "värsta fallet" och beräknar förväntade värden utifrån detta. Normalt sett tar vi initialt inte med diktmonterade skivor av brandgips i beräkningarna för homogena byggnadselement, ej heller köksinredning och garderober. Detta sammantaget ger viss marginal i beräkningarna för byggnaden som helhet.

I byggnader med stomme i KL-trä är det främst luftljudsisoleringen som påverkas av flankerande KL-väggar, så klarar man "värsta fallet" har man normalt viss marginal i slutskedet. Det förklarar varför slutresultatet för luftljudsisoleringen ofta blir lite bättre i verkligheten, då finns ju alla diktmonterade brandskivor på plats inklusive eventuella garderober och liknande.

För stegljud dominerar direktljudet, i synnerhet vid låga frekvenser, varför beräknade värden ofta stämmer bättre med slutliga värden, då tillkommande skikt på väggar har mycket mindre inverkan på slutresultatet, se *figurerna 3 till 6*. ■

Referenser