



# Förbättrad ljudisolering i modulbyggda konstruktioner Del 2

*Slutrapport*

Fredrik Ljunggren  
Luleå tekniska universitet

## Sammanfattning

Produktion av bostäder med träbaserade volymelement är en byggteknik på frammarsch. Trots givna fördelar som bl a reducerade fuktproblem och bättre arbetsmiljö dras fortfarande tekniken med svårighet att uppnå lika bra ljudegenskaper som hus byggda i tyngre material, framförallt vid låga frekvenser. I aktuellt projekt är målsättningen att öka kunskapsnivån inom området och möjliggöra att ljudklass b, om möjligt även klass A, kan garanteras för samtliga våningsplan i ett 4-5-våningshus.

Ett speciellt problem med lätta konstruktioner är att pålitliga beräkningsmodeller för byggnadsakustik saknas. Därför är tekniker och ingenjörer i stora delar hänvisade till experimentella mätningar för utvärdering och produktutveckling. Lägg därtill att variationen i ljudegenskaper mellan nominellt lika enheter är stor och det inses att akustikutveckling är både tids- och kostnadskrävande.

Arbetet i projektet har präglats av omfattande experimentella mätningar, både i laboratorium och i fält, för att med en given konstruktion som utgångspunkt, systematiskt kartlägga hur denna svarar mot olika modifieringar. Utav många testade parametrar, t ex antal skivlager i golv, olika typer av isolering, olika typer av skikt under parkett, olika fria avstånd mellan golv- och taksektion, olika typer av skivinfästning (lim resp. skruv), inverkan av flytande golv och alternativt utförande av upplag, konstaterades att vibrationsisoleringen mellan våningar samt typ av skivlim har en nyckelroll ljudmässigt.

Med korrekt dimensionering av ett effektivt vibrationsisolerande materiel tillsammans med ett elastiskt skivlim i golvkonstruktionen, kunde steg- och luftljudsisoleringen förbättras med 4-5 dB. Förbättringen motsvarar *en* ljudklass enligt svensk standards klassning av ljud i bostäder.

Lättbyggnadstekniken i allmänhet, och volymbyggandet i synnerhet, besitter en potential mot fortsatt utveckling beträffande ljudegenskaper. För att ytterligare öka konkurrenskraften på en marknad där goda ljudegenskaper prioriteras allt mer behövs forskning/utveckling. Ett stort intresse finns inte minst för egenskaper vid låga frekvenser, både gällande tekniska lösningar och hur den upplevda störningsgraden för denna typ av ljud ser ut i detalj.



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Fredrik Ljunggren		Utgåva: 1
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: Slutrapport del2 090820.doc	Datum 2009-08-20	Sida: 3 (14)

## Förord

Denna rapport avser rapportering av projekt *Förbättrad ljudisolering av modulbyggda konstruktioner, del 2*. Arbetet har bedrivits av avd för Ljud och vibrationer, Luleå tekniska universitet i industrisamarbeten med medlemsföretag inom Träcentrum Norr.

Luleå 2009-08-20

Fredrik Ljunggren

## Innehåll

Inledning	5
Syfte och mål	5
Volymbyggnadsteknik	5
Problembeskrivning	6
Ljudisolering – aktuella krav	7
Översikt av i projektet utfört arbete	8
Resultat	10
Diskussion, slutsatser och fortsatt arbete	11
Publikationer och akademisk meritering	12
Referenser	12
<b>Bilagor - arbetsrapporter</b>	
1. Stegljudsmätningar	
2. Statistisk utvärdering av resultat från stegljudsmätningar genomförda vid Lindbäcks Bygg: projekt Kv. Kanslisilket, Vällingby, Stockholm	
3. Steg- och luftljudsmätningar, Kv. Trädgården, Piteå, Lindbäcks Bygg	
4. Steg- och luftljudsmätningar, Projekt Banverket, Göteborg, Norvag Byggsystem	
5. Stegljudsmätningar, Lindbäcks Bygg's bjälklag, LTU's laboratorium	
6. Ljudmätningar, Lindbäcks Bygg	
7. Ljudmätningar, Brf. Läktaren	
8. Ljudmätningar 2, Brf. Läktaren	
9. Lintester	
10. Vibrationsutbredning i golv	

## Inledning

Det finns en stark trend inom modern lättbyggnadsteknik i trä i riktning mot industriellt prefabricerade enheter med allt högre färdigställandegrad från fabrik.

Den stora fördelen är förstås att byggnaden till största del görs färdig i inomhusmiljö, i fabrik med optimerad tillverkningsteknik, vilket leder till fördelar såsom minimerad risk för fuktproblem under byggandet, bättre arbetsmiljö, hög mått noggrannhet samt förkortad produktionstid vid slutlig uppförandeplats. Med prefabricering finns även potential till bättre produktionsekonomi både i form av insparad arbetstid och i form av minskat materialspill. I förlängningen leder detta till mindre kostnad för nyproducerade bostäder.

En betydande nackdel för lättviktsbyggande jämfört med tyngre byggnadstekniker (t ex i betong) har länge varit otillräcklig ljudisolering, speciellt vid låga frekvenser. Ljudegenskaperna är därför en mycket viktig parameter att utveckla för att klara konkurrensen på en marknad där både beställare och entreprenörer upplever en stigande efterfrågan på krav om god ljudkomfort.

## Syfte och mål

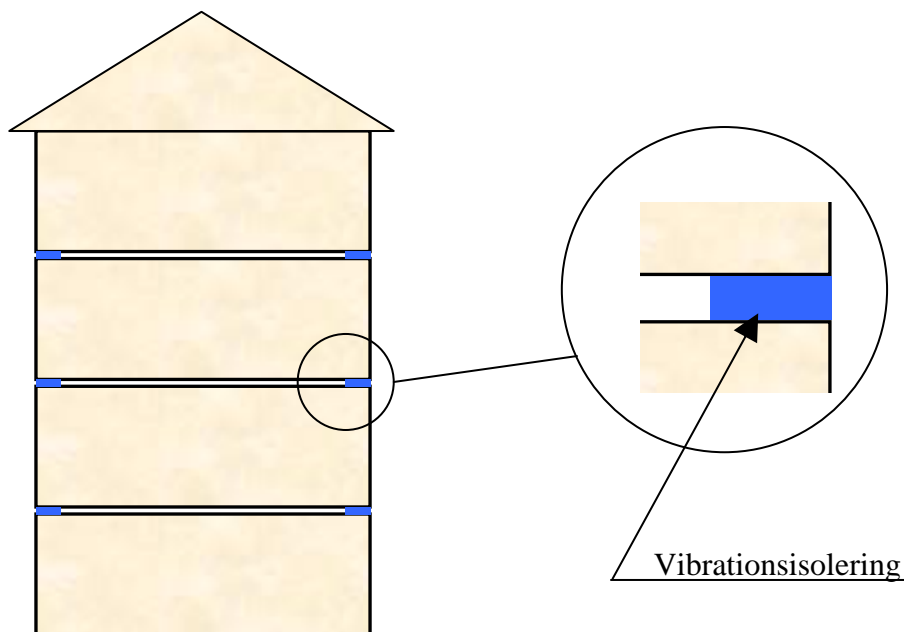
Redovisat projekt tar avstamp i ljudproblematiken med lätta konstruktioner med primärt syfte att bidra till utvecklingen av modulbyggande i trä mot bättre akustiska egenskaper. Projektets huvudsakliga målsättningar är:

- a) *Industritillämpning* – att modifiera befintliga och/eller ta fram nya innovativa kostnadseffektiva konstruktionslösningar som ska möjliggöra en garanterad ljudisolering enligt både klass B och C för samtliga plan i ett 4-5-våningshus, även med de nya ljudkraven, eventuellt även klass A
- b) *Kunskapsbyggnad* (för att uppnå ovanstående) – att utifrån hittills uppmätta data, litteraturstudie, nya mätningar och beräkningar uppnå en fördjupad kunskapsnivå över hur modulsystemet fungerar akustiskt och vibrationsmässigt.

## Volymbyggnadsteknik

I ett volymbyggnadssystem är grundidén att tillverka moduler som innehåller golv, väggar och innertak tillsammans med el- och vvs-installationer. Systemet passar utmärkt för produktion av lägenheter där varje volym kan utgöra en komplett mindre lägenhet, ett rum eller en del av ett större vardagsrum. Även om graden av färdigställande kan varieras är det vanligt att så mycket arbete som är praktiskt möjligt utförs i fabrik. Volymerna levereras då till byggplatsen med färdigställda ytskikt och kompletta köks- och badrumsinredningar. Vid byggnadens uppförande staplas volymerna ovanpå varandra, oftast med någon form av

vibrationsisolering emellan enligt Figur 1. Denna tjänar som en flexibel koppling mellan volymerna och är en viktig komponent i strävan att uppnå goda ljud- och vibrationsegenskaper. Med en väl avvägd dimensionering kan isoleringen signifikant minska flanktransmissionen – d v s överföring av ljud- och vibrationsenergi mellan våningar via bjälklagens och väggarnas skärningspunkter.



Figur 1. Volymssystemsteknik med mellanliggande vibrationsisolering skapar en flexibel koppling mellan enheterna.

En speciell akustisk fördel med att bygga i volymer är att tekniken inbjuder till att ett våningsseparerande bjälklag kan konstrueras som två separata delar. Den övre volymen innehåller den övre delen av golvet medan den lägre volymen innehåller innertaket. Två rum, det ena ovanpå det andra, har alltså ingen mekanisk förbindelse med varandra, bortsett från ränderna, flankerna.

## Problembeskrivning

Trots att byggnadstekniken med träbaserade volymelement har funnits på marknaden ett antal år, och under tiden kontinuerligt utvecklats, är den fortfarande inte lika etablerad och accepterad som andra mer traditionella byggnadsmetoder. Tekniken har flera klassiska nackdelar gemensamt med övrig lättbyggnadsteknik såsom otillfredsställande ljud- och vibrationsegenskaper vid låga frekvenser.

En annan nackdel av stor betydelse är att det, jämfört med tunga konstruktioner (t ex betong), inte finns några pålitliga beräkningsmetoder att tillgå för att kunna prediktera den akustiska prestandan i form av stegljudsisolering och flanktransmission. Det betyder att produktutveckling och försök till förbättringar i konstruktionen i huvudsak måste ske i form

av empiriska observationer kombinerat med akustik-ingenjörers erfarenhet. På grund av byggsystemets komplexitet är ofta en kombination av laboratorie- och fältmätningar nödvändig för att få mer detaljerad kunskap om hur ändringar i en konstruktion påverkar dess akustiska egenskaper. Detta arbetssätt tenderar att vara både tids- och kostnadskrävande relativt fallet om relevanta verktyg för datormodellering vore tillgängliga.

Metoderna i den existerande standarden ISO 15712 [1], vilken behandlar beräkning av akustiska storheter i byggnader, är baserade på SEA (statistisk energianalys) vilken är tillämpbar på homogena plattstrukturer där vibrationsmönstret med noggrannhet kan bestämmas genom statistisk medelvärdesbildning inom givna frekvensband. SEA-tekniken är dock inte tillämpbar för lätta konstruktioner, vilka normalt består av tunna skivor med periodiska förstävningar i form av regler och balkar. En sådan ortotrop struktur uppvisar stora variationer av vibrationsenergin över dess yta där dämpningen är högre i riktning vinkelrät bärande balkar i förhållande till parallell riktning [2]. Alltså, en typisk lättviktskonstruktion kan inte behandlas genom modeller baserade på medelvärdesbildning av vibrationsenergin och eftersom inga andra relevanta beräkningsmodeller existerar, så är för närvarande experimentella studier en oöverträffad metod i att få fram ny kunskap om hur lätta konstruktioner uppträder akustiskt.

En speciell svårighet med experimentella studier är den variation i ljudisolering som förekommer i lätta konstruktioner. Fenomenet är bekant sedan tidigare och vissa försök har gjorts för att kartlägga dess inverkan. I en nylig artikel av Trevathan et al [3] befanns variationen beroende på byggandsarbetarna vara 1.1 dB för luftljudsisolering i tersband (1/3 oktavband). Det poängterades – om än inte kvantifierades – att flertalet andra parametrar påverkar variationen; rumstorlek och geometri, konstruktion, mätförfarande, mätutövare etc. Även Craik et al [4 5] har studerat inverkan av det manuella hantverket, i ett betonghus, med liknande resultat. I en omfattande studie av Johansson [6] uppmättes stegljudsisoleringen i 170 lägenheter. För nominellt lika enheter var standardavvikelsen i tersband 0.8-3.7 dB. Då ljudmätningar görs med syfte att kontrollera vilken påverkan en given konstruktionsändring utgör, är det därför av största vikt att ta med mätresultatens spridning i bedömningen. För att få acceptabel noggrannhet vid mätningar i fält är det oftast nödvändigt att utföra samma åtgärder med efterföljande mätning för ett antal identiskt lika enheter – inte bara en enda. Mätningar i laboratoriemiljö kan ske med bättre precision om ändringar kan utföras på en och samma enhet.

## Ljudisolering – aktuella krav

I Boverkets Byggregler BBR hänvisas till svensk standard SS 25267 (utgåva 3) för högsta tillåten normaliserad stegljudsnivå i olika klasser enligt Tabell 1, och lägsta tillåtna luftljudsisolering enligt Tabell 2. Klass A har det högsta kravet följt av klass B, C och D. Klass C anger den miniminivå som uppfyller Boverkets föreskrifter och ger ”*tillfredställande ljudförhållanden för en majoritet av de boende*”. Klass A och B kan väljas om särskilt goda ljudförhållanden önskas där klass B motsvarar ”*betydligt bättre ljudförhållanden än ljudklass*”

C” medan klass A motsvarar ”mycket goda ljudförhållanden”. Klass D avser bl.a. äldre byggnader.

Tabell 1. Högsta tillåtna värden för vägd stegljudsnivå,  $L'_{n,w}$  och  $L'_{n,w} + C_{50-2500}$ , i bostadsrum från utrymme utanför lägenhet.

	Klass A	Klass B	Klass C	Klass D
Högsta tillåtna stegljudsnivå $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{50-2500}$ (dB)	48	52	56	60

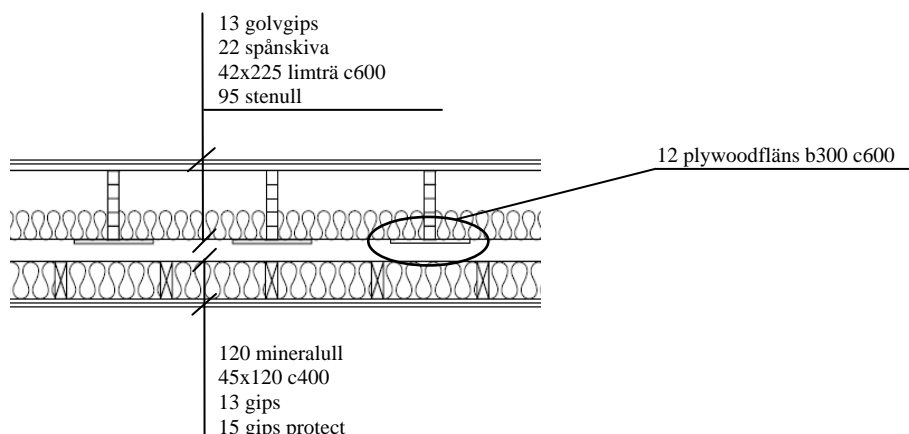
Tabell 2. Lägsta tillåtna värden för vägd luftljudsnivå,  $R'_w + C_{50-3150}$  (Klass D:  $R_w$ ), i bostadsrum från utrymme utanför lägenhet.

	Klass A	Klass B	Klass C	Klass D
Lägsta tillåtna luftljudsisolering $R'_w + C_{50-3150}$ (dB)	61	57	53	49

## Översikt av i projektet utfört arbete

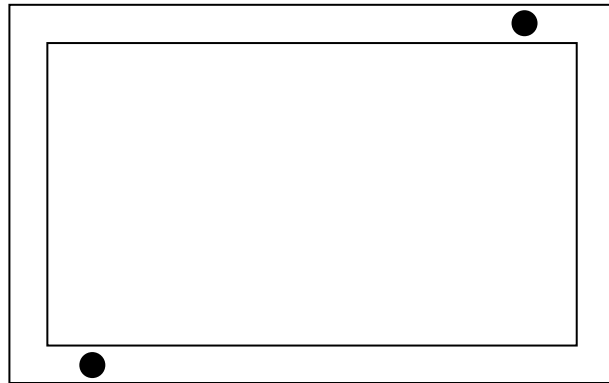
Utfört arbete redovisas här kortfattat och översiktligt. Fullständig dokumentation finns i stället i de bilagda arbetsrapporterna.

Arbetsättet har genomsyrats av grundidén att i ett första skede inhämta så mycket kunskap som möjligt om hur *ett* specifikt byggnadssystem uppträder akustiskt och hur det svarar mot olika typer av ändringar i konstruktionen. I förlängningen kan sedan denna kunskap appliceras på konstruktionsmässigt närbesläktade byggnadssystem. Utgångspunkten för mycket av arbetet har varit Lindbäck's Bygg's volymbyggnation med bjälklagskonstruktion enligt Figur 2. För att försäkra sig om att volymerna vid montering hamnar i exakt rätt inbördes position används två s k styrdubbar i metall, Figur 3.



Figur 2. Sektion av bjälklag med separat golv (övre) och innertak (nedre).





Figur 3. Två styrdubbar i metall installeras mellan två volymer i vertikal riktning. Dubbarna är diagonalt placerade i volymen.

Arbetet har inneburit omfattade ljud- och vibrationsmätningar där allehanda konstruktionsändringar har testats och utvärderas. Mätningar har utförts i tre olika miljöer; 1) i laboratorium, 2) i fabrik med provisorisk uppställning av volymer samt 3) i fält på färdig byggnad. Inledningsvis var angreppssättet brett med en inställning av att testa ”allt” för att systematiskt kunna urskilja delar i konstruktionen med hög potential till utveckling mot bättre ljudprestanda. Bland annat har effekterna av antal skivlager i golv, olika typer av isolering, olika typer av skikt under parkett, olika fria avstånd mellan golv- och taksektion, olika typer av skivinfästning (lim resp. skruv), inverkan av flytande golv och alternativt utförande av upplag (arbetsrapport 1, 5, 6) studerats.

Efterhand utkristalliserades två parametrar med speciellt stort intresse; vibrationsisolering mellan volymer i vertikalled och elastiska limmer att använda mellan golvets gips- och spånskiva. Dessa två egenskaper har studerats i detalj, framförallt genom experimentella försök men också genom vissa beräkningar (arbetsrapport 1, 3, 5, 6, 7, 8). Ett långtidstest av hur olika limmers egenskaper varierar över tiden har inletts. Det är av stor betydelse att limmerna förblir elastiskt under överskådlig tid och inte enbart direkt efter applicering. I studien (arbetsrapport 9), som kommer att fortsätta över delprojekt 3, studeras egenskaperna inom vissa tidsintervall.

För jämförelse har fältmätningar gjorts på volymsystem från annan tillverkare, Norvag Byggsystem (arbetsrapport 4) och en undersökning på temat variation i ljudisolering har utförts (arbetsrapport 2).

Under projektets slutdel genomfördes en inledande studie av hur vibrationer (och i förlängningen ljud) utbreder sig i en golvstruktur (arbetsrapport 10). Studien är viktig för att få detaljerad kunskap över hur vibrationer sprider sig över en golvyta, hur mycket vibrationsenergi som når olika omkringliggande väggar och därmed bidrar till flanktransmission. En vision är att man då skulle kunna anpassa t ex vibrationsisoleringen över olika väggar beroende på hur i konstruktionen de är placerade, vilken de intar i förhållande till bjälklagets bärriktning.

## Resultat

Här fokuseras på de resultat som är av störst betydelse för projektet. Samtliga resultat redovisas i bilagda arbetsrapporter.

Vibrationsisolering mellan volymer i vertikalled är en nyckelparameter i strävan efter goda ljudegenskaper för den testade byggnadssystemet och för liknande typer. I det testade systemet användes tidigare Stepisol<sup>®</sup> som isolering med icke helt tillfredsställande resultat, mätningar visade att mycket ljud transmitterades via flankerna. Inom projektet har mycket resurser koncentrerats till att påverka flanktransmissionen dels genom olika typer av upplag och dels genom olika typer av vibrationsisolatorer.

Även typ av lim mellan gips- och golvspånskiva, liksom appliceringsmetod, har studerats ingående. I det testade systemet användes tidigare ett standard fullhårdande skivlim som efter några tester byttes ut till förmån för Gyproc G46<sup>®</sup> vilket visade sig ha en viss elasticitet. Därefter har ytterligare varianter testats med än bättre resultat.

I Tabell 3 visas resultaten från fältmätningar av totalt 12 st nominellt lika lägenheter i ett fyravåningshus, med de skillnaderna att två olika typer av vibrationsisolering har använts, Stepisol (polyeterskumplats) och Sylodyn<sup>®</sup> (mikro-cellulär polyuretan). Även två olika typer av skivlim användes, Gyproc G46 och Swedac DG-A 2<sup>®</sup>.

Tabell 3. Stegljuds nivåer (L) och reduktionstal (R), ljudklass inom parentes.

Lgh	Plan	Beskrivning	L' <sub>n,w</sub>	C <sub>I,50-2500</sub>	L' <sub>n,w</sub> + C <sub>I,50-2500</sub>	R' <sub>w</sub>	C <sub>50-3150</sub>	R' <sub>w</sub> + C <sub>50-3150</sub>
110	1	Stepisol, G46	51	1	<b>52 (B)</b>	54	-1	<b>53 (C)</b>
210	2		51	0	<b>51 (B)</b>	56	-1	<b>55 (C)</b>
310	3		48	1	<b>49 (B)</b>	57	-1	<b>56 (C)</b>
111	1	Stepisol, Swedac	48	1	<b>49 (B)</b>	56	-1	<b>55 (C)</b>
211	2		46	2	<b>48 (A)</b>	56	-1	<b>55 (C)</b>
311	3		47	3	<b>50* (B)</b>	58	-2	<b>56 (C)</b>
112	1	Sylodyn, G46	45	2	<b>47 (A)</b>	61	-1	<b>60 (B)</b>
212	2		46	2	<b>48 (A)</b>	62	-2	<b>60 (B)</b>
312	3		44	3	<b>47 (A)</b>	63	-2	<b>61 (A)</b>
113	1	Sylodyn, Swedac	45	2	<b>47 (A)</b>	61	-2	<b>59 (B)</b>
213	2		43	3	<b>46 (A)</b>	63	-3	<b>60 (B)</b>
313	3		43	3	<b>46 (A)</b>	63	-2	<b>61 (A)</b>

\*) Korrigerat värde

Mätningarna visar en tydlig förbättring med Sylodyn i jämförelse med Stepisol över ett brett frekvensområde vilket leder till 2-5 dB lägre stegljudsnivå, L'<sub>n,w</sub>+C<sub>I,50-2500</sub>. Skillnader finns med avseende på våning, förbättringarna är som störst på nedre plan och mindre högre upp i huset. Stepisol-lösningen uppvisar tydligt successivt sämre prestanda vid lägre våningar medan Sylodyn är okänslig (eller endast marginellt påverkad) för den ökade last som påförs volymer placerade lågt i huset. Då Sylodyn används uppnås alltså likartade ljudegenskaperna i samtliga lägenheter, oberoende av våningsplan. I genomsnitt blir förbättringen Sylodyn vs Stepisol ca 3 dB för stegljud.

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Fredrik Ljunggren	Utgåva: 1	
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: Slutrapport del2 090820.doc	Datum 2009-08-20	Sida: 11 (14)

Även för luftljud påvisas en tydlig förbättring med Sylodyn i jämförelse med Stepisol över ett brett frekvensområde vilket leder till 4-7 dB högre luftljudsisolering,  $R'_{w+C_{50-3150}}$ . Mönstret med våningens inverkan, på samma sätt som för stegljudet, kan anas men är här inte lika framträdande. I genomsnitt blir förbättringen Sylodyn vs Stepisol ca 5 dB för luftljud.

Swedac's lim uppvisar lägre stegljudsnivåer, mest påtagligt för frekvenser över 400 Hz, men påverkan kan ses även vid lägre frekvenser, främst för plan 1. Index  $L'_{n,w+C_{1,50-2500}}$  påverkas 1-3 dB då Stepisol använts och 0-2 dB tillsammans med Sylodyn. Ingen skillnad kunde noteras för luftljud.

Den ur ljudsynpunkt bästa varianten av de testade fallen är att kombinera Swedac's lim med Sylodyn som vibrationsisolering, fall D. Den sammanlagda förbättringen jämfört med lösningen G46 och Stepisol är ca 4 dB för stegljud och 5 dB för luftljud.

## Diskussion, slutsatser och fortsatt arbete

Projektet har visat att detaljerna i volymbyggnadssystem med lätt trästomme är av stor betydelse för ljudegenskaperna. Med ett effektivt vibrationsisolerande material tillsammans med ett skivlim med hög elasticitet kan förbättring om en hel ljudklass ske. Om t ex ljudklass C mäts upp i en konstruktion kan ljudklass B erhållas med införandet av dessa åtgärder. I den här huvudsakligen testade konstruktionen har ljudklassningen gått från tidigare normalt ljudklass C (tester från pilotstudien) till att nu ligga precis på gränsen mellan klass A och B. Marginalen för att påstå att konstruktionen håller klass A är dock i nuläget för liten, men det ligger definitivt inom räckhåll med ytterligare förfining av konceptet och omsorg om detaljerna.

Trots att variationen mellan nominellt lika enheter är stor, måste slutsatserna ovan anses hålla. Bakomliggande mätningar är inte ett resultat från en enstaka mätning utan kommer ifrån upprepade mätobjekt med liknande resultat. Projektets målsättning om att kunna garantera ljudklass B för samtliga plan i ett 4-5-våningshus kan därför anses vara uppfyllt.

Materialen är dock dyrare än de av mer standardkaraktär, varför det alltid kan diskuteras huruvida lösningarna är kostnadseffektiva eller ej. En viss ökning i produktionskostnad tycks vara oundviklig men i gengäld kan säljande företag argumentera om påvisat bättre ljudisolering. En hittills inte omnämnd buseffekt är att med den dyrare vibrationsisolering går det på ett helt annat sätt att få kontroll över deformationen som alltid sker i ett elastiskt material. Vid mer godtyckligt användande av sådana material är det inte ovanligt att den ackumulerade nedsjunkningen högre upp kan bli klart märkbart i horisontal led mellan t ex två olika tunga volymer. Medföljande problem att i efterhand "trolla bort" nivåskillnader i golv uppemot 1 cm är lika irriterande som resurskrävande.

Fortsättningsvis finns det behov av att kontinuerligt förfina och förbättra ljudisolering i lätta konstruktioner. Anledningarna till detta är flera.

1. Konceptet med lätta volymer växer allt mer i användningsområde bl a beträffande antal våningar. Det är inte självklart att lösningar som visat sig fungera bra för ett 4-våningshus fungerar bra i ett 6-våningshus. Ökad last på de lägre våningarna leder till

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Fredrik Ljunggren	Utgåva: 1	
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: Slutrapport del2 090820.doc	Datum 2009-08-20	Sida: 12 (14)

andra materialval och dimensioner vilket även behöver studeras ur ett akustiskt perspektiv.

2. Marknaden efterfrågar alltmer bostäder med ”bra ljudisolering”. För att kunna vara konkurrenskraftig krävs bra tekniska lösningar med pålitliga egenskaper.
3. Fortfarande är lätta byggnadsteknikens kähäst – dålig akustik vid låga frekvenser – inte löst. Omfattande forskning krävs dels för att kartlägga störningsgraden av dessa på ett mer exakt sätt än vad som är känt idag och dels för att utveckla tekniska lösningar med bättre funktion.

## Publikationer och akademisk meritering

Delresultat från projektet har presenterats vid ett antal konferenser. En vetenskaplig artikel är producerad och inskickad för review-förfarande till internationell tidsskrift. Ytterligare en artikel är planerad för hösten 2009.

### *Konferenser*

1. How to improve impact sound insulation in a lightweight module based building system – ICA, International Congress on Acoustics, Madrid, september 2007
2. Changed sound properties due to minor construction changes in a lightweight building – Acoustics, Paris, juli 2008
3. Improved sound insulation in module based timber framed buildings – BNAM, Baltic-Nordic Acoustic Meeting, Reykjavik, augusti 2008
4. Using elastic layers to improve sound insulation in volume based multi-storey lightweight buildings – Inter-Noise, Ottawa, augusti 2009

### *Vetenskapliga artiklar*

1. Potential solutions to improved sound performance of lightweight multi-storey timber buildings. Inskickad till Applied Acoustics i mars 2009 för review.
2. Planerad artikeln baserat på projektets andra hälft, hösten 2009.

## Referenser

1. Building Acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements, ISO 15712, 2005
2. L-G Sjökvist, Structural Sound Transmission and Attenuation in Lightweight Structures, Doctoral Thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2008
3. J.W. Trevathan, J.R. Pearse, The effect of workmanship on the transmission of airborne sound through light framed walls, Applied Acoustics 69 (2008) 127-131
4. R.J.M. Craik, J.A. Steel, The Effect of Workmanship on Sound Transmission through Buildings: Part 1 – Airborne Sound, Applied Acoustics 27 (1989) 57-63

Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Fredrik Ljunggren		Utgåva: 1
Dokumenttyp: Rapport	Filnamn: Slutrapport del2 090820.doc	Datum 2009-08-20	Sida: 13 (14)

5. R.J.M. Craik, D.I. Evans, The Effect of Workmanship on Sound Transmission through Buildings: Part 2 – Structure-borne Sound, Applied Acoustics 27 (1989) 137-145
6. C Johansson, Field measurements of 170 nominally identical timber floors – a statistical analysis, Proceedings of InterNoise 2000 (2000) 4072-4075

### **Om TräCentrum Norr**

TräCentrum Norr finansieras av de deltagande parterna tillsammans med medel från Europeiska Utvecklingsfonden (Mål 2) och Länsstyrelserna i Västerbottens och Norrbottens län.

Deltagande parter i TräCentrum Norr är: Holmen Skog, Lindbäcks Bygg AB, Luleå tekniska universitet, Martinsons Group AB, Norra Skogsägarna, Finndomo AB, SCA Forest Products AB, Setra Group AB, Skellefteå kommun, Sveaskog AB, SÅGAB, Sågverken Mellansverige och SP Trätek.

Mer information om TräCentrum Norr finns på:  
[www.ltu.se/ske/tcn](http://www.ltu.se/ske/tcn)

*En investering för framtiden*



EUROPEISKA  
UNIONEN  
Europeiska  
regionala  
utvecklingsfonden

# BILAGOR

## Arbetsrapporter

1. Stegljudsmätningar
2. Statistisk utvärdering av resultat från stegljudsmätningar genomförda vid Lindbäcks Bygg: projekt Kv. Kanslisilket, Vällingby, Stockholm
3. Steg- och luftljudsmätningar, Kv. Trädgården, Piteå, Lindbäcks Bygg
4. Steg- och luftljudsmätningar, Projekt Banverket, Göteborg, Norvag Byggsystem
5. Stegljudsmätningar, Lindbäcks Bygg's bjälklag, LTU's laboratorium
6. Ljudmätningar, Lindbäcks Bygg
7. Ljudmätningar, Brf. Läktaren
8. Ljudmätningar 2, Brf. Läktaren
9. Limtester
10. Vibrationsutbredning i golv



## **ARBETSRAPPORT Nr 1**

Stegljudsmätningar  
Lindbäcks Bygg

Ingår i TräCetrum Norr:s projekt:  
”Förbättrad ljudisolering i modulbyggda  
konstruktioner”

2007-03-02  
Fredrik Ljunggren  
Avd. för ljud och vibrationer  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
Tel: 0920-491286, 073-0286531  
Fax: 0920-491030  
E-post: fredrik.ljunggren@ltu.se



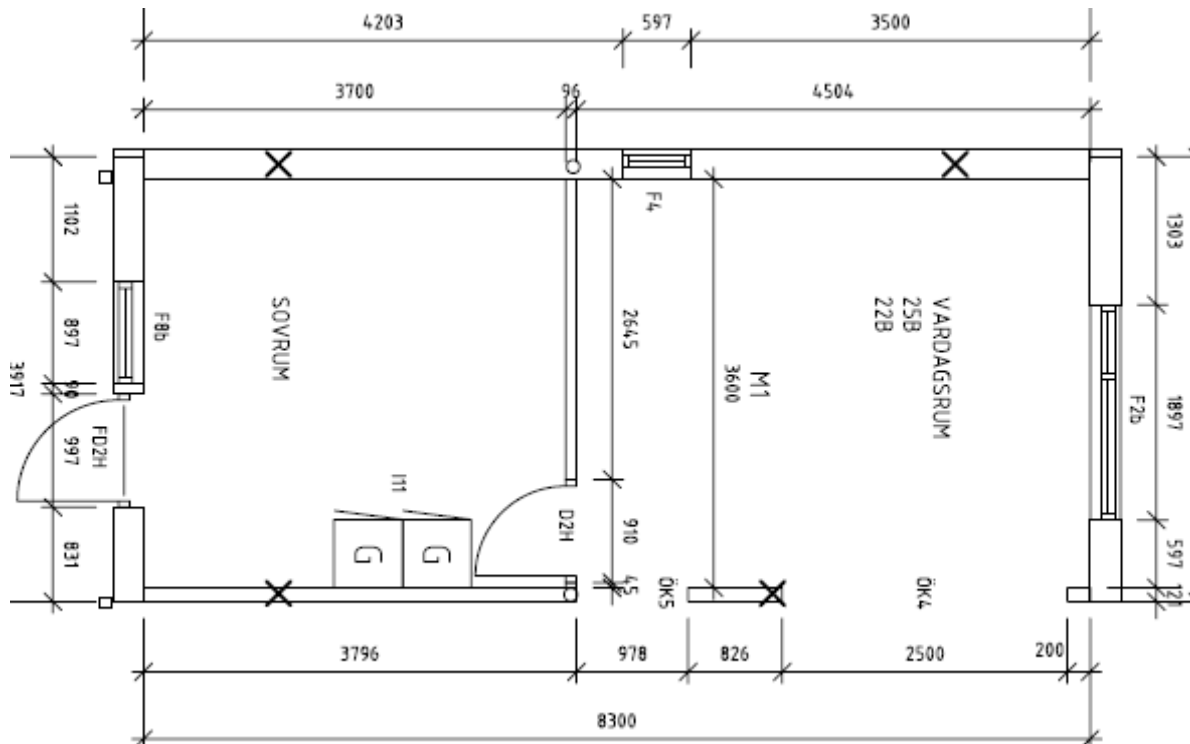
## **Sammanfattning**

Rapporten omfattar en serie mätningar där olika konstruktionsändringars inverkan på vertikala stegljudsnivån har undersökts. Försöksuppställningen omfattar två byggnadsvolymer som monterades ovanpå varandra. Störst effekt hade åtgärden att montera två lager golvgips i stället för ett, då stegljudsnivån sjönk med 3-4 dB. Att använda grålumppapp eller underlagsfoam mellan golvgips och parkett gav ingen mätbar effekt. Att avlägsna de för monteringen viktiga styrdubbarna gav heller inget påvisbart resultat. I ett försök att mäta upp ljudöverföringen via väggar, där överliggande modul höjdes upp precis så mycket att mellanliggande isoleringsremsa avlastades, sänktes stegljudsnivån 2 dB.

## Förutsättningar

Rapporten redovisar resultat av stegljudmätningar utförda på Lindsbäcks Bygg:s fabrik i Piteå under perioden 2007-02-16 - 2007-02-20.

Mätningarna har utförts på en uppställning om två färdiga byggnadsmoduler placerade ovanpå med utseende och mått enligt Fig 1. (Volymer byggda för projektet "Måsen".) Mellan volymerna finns en isoleringsremsa av 20mm stepisol 195 kg/m<sup>3</sup>. Stegljud mättes i vertikalled från den överliggande modulens sovrums till den underliggande. Inför mätningarna avlägsnades garderoberna och innerdörrarna till respektive vardagsrum sattes igen med en 22mm spånskiva med bakomliggande skumgummitätning för att förhindra ljudläckage.



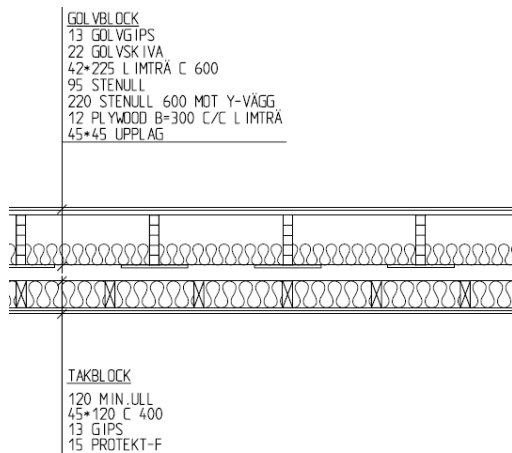
Figur 1. Måttsett planritning av använda byggnadsmoduler.

## Syfte

Mätningarnas syfte är att få en uppskattning på vilket sätt olika konstruktionslösningar i bjälklaget påverkar stegljudsnivån. Totalt utfördes åtta stycken mätningar enligt följande:

- |            |   |
|------------|---|
| <b>Ref</b> | Referensutförande – dagens standardutförande för Lindbäcks Bygg.                            |
| <b>A</b>   | Som Ref. men med underlagsfoam i stället för grålumpapp under parkett. Se Fig. 2            |
| <b>B</b>   | Som Ref. men med ett extra lager golvgips (totalt 2x13mm) samt underlagsfoam under parkett. |
| <b>C</b>   | Som Ref. men med ett extra lager golvgips (totalt 2x13mm) under parkett.                    |
| <b>D</b>   | Exakt lika Ref.   |

- E** Som Ref. men med bortmonterade styrdubbar. (Ca Ø30mm massivt cirkulärt stålrör som används för att centrera volymer vid montage. (Totalt två stycken, en i vardera diagonalt hörn). Se Fig 3.
- F** Som Ref. men utan styrdubbar och utan isoleringsremsa (stepisol) mellan våningarna.
- G** Som Ref. men övre volymer lyftes upp någon centimeter så att isoleringsremsan nätt och jämt hade kontakt med överliggande modul men inte utsattes för någon komprimering. Se Fig 4.



Figur 2. Bjälklagets konstruktion.



Figur 3. Styrdubb.



Figur 4. Övre planets modul lyfts upp med två traktorer som är placerade i vardera kortände med lyftpunkt någon meter in från respektive kant.

## Genomförande

Stegljudsisoleringen har uppmätts enligt utförande i SS-EN SO 140-7 och utvärderats enligt SS-EN ISO 717-2. Resultaten har bedömts enligt SS 02 52 67, utgåva 3. Som jämförelse refereras det även till standarden i utgåva 2 då denna gäller under en begränsad övergångsperiod. Då volymen i det uppräta rummet är liten ( $32 \text{ m}^3$ ) är den i utgåva 3 gällande begränsningsregeln om  $31 \text{ m}^3$  i princip försumbar varför utvärderingsmodellen kan anses gälla både för utgåva två och tre med där tolkningen i form av krav för olika ljudklasser skiljer.

## Ljudkrav

Nedan redovisas gällande ljudkrav beträffande stegljudsnivå för olika ljudklasser.

Tabell 1. Högsta tillåtna värden för vägd stegljudsnivå,  $L'_{n,w}$  och  $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ , i bostadsrum från lägenhet ovanför.

	Klass A	Klass B	Klass C	Klass D	
Högsta tillåtna stegljudsnivå	50	54	58	62	SS utgåva 2
$L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ (dB)	48	52	56	60	SS utgåva 3

## Resultat

Uppmätta stegljudsnivåer sammanfattas i Tab. 2.

Tabell 2. Uppmätta stegljudsnivåer.

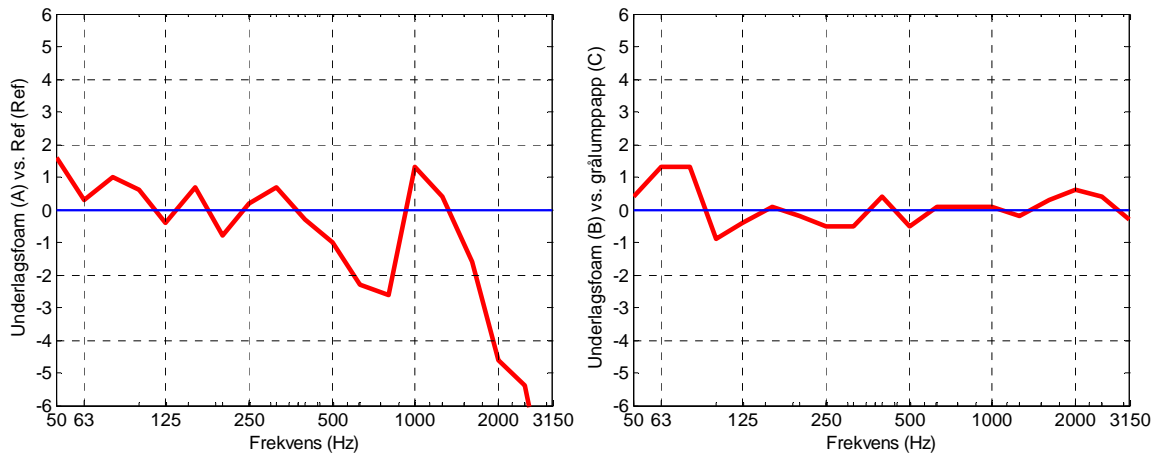
Testkonfig.	$L'_{n,w}$	$C_{1,50-2500}$	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$
<b>Ref.</b>	53	1	54
<b>A</b> (foam)	53	1	54
<b>B</b> (dubbel gips, foam)	48	2	50
<b>C</b> (dubbel gips)	49	1	50
<b>D</b> (lika Ref.)	52	1	53
<b>E</b> (utan styrdubbar)	51	2	53
<b>F</b> (utan Stepisol & styrd.)	50	2	52
<b>G</b> (upplyft modul)	48	3	51

## Diskussion och slutsatser

Redovisade grafer visar *skillnaden* mellan två alternativ.  $X$  vs.  $Y$  innebär att  $X-Y$  är ritat d v s att  $X$  ger lägre stegljudsnivå då differensen är negativ.

### Underlagsfoam kontra grålumppapp

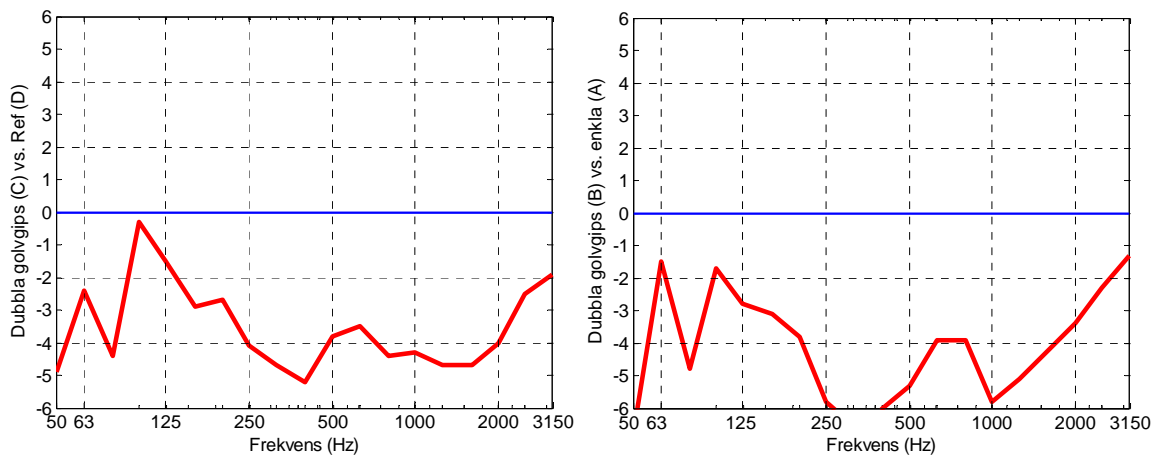
Ingen skillnad kunde konstateras i termen  $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ . För fallet med enkel golvgips syns ändå en trend att foamen isolerar något bättre vid höga frekvenser och pappen något bättre vid låga. Detta går dock inte att se då dubbel gips används, se Fig. 5



Figur 5. Effekten av att använda underlagsfoam i stället för grålumppapp vid enkel, till vänster, respektive dubbel, till höger, golvgips.

### Ett kontra två lager golvgips

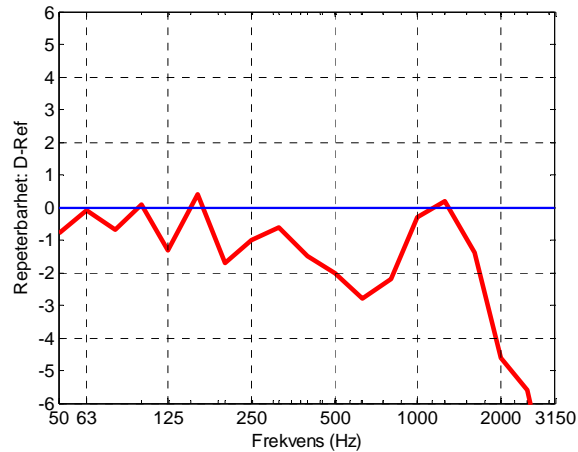
Ett extra lager golvgips ger markant lägre stegljudsnivå, 3-4 dB, Fig. 6



Figur 6. Effekten av att använda dubbla golvgipskivor i stället för enkla, till vänster i kombination med grålumppapp och till höger med foam.

### Repetierbarhet

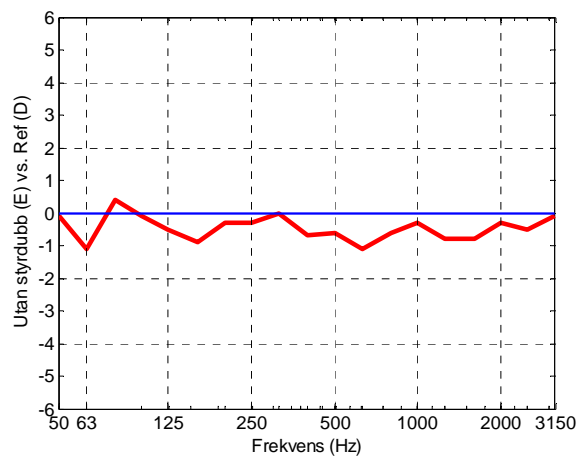
Testfallen Ref. och D är nominellt identiska. Att det trots allt blir en skillnad på 1 dB, där skillnaden är mest påtaglig i intervallet 160-800 Hz, kan tillskrivas att mätningen i sig kan ha en viss variation - inte minst för de allra lägsta frekvenserna - samt att konstruktionen kan ha påverkats på något sätt av att golvet har demonterats och återmonterats. Se Fig. 7.



Figur 7. Repetierbarhet. Skillnaden mellan två "identiskt" lika uppställningar.

### Styrdubbar

Uteslutandet av styrdubbar leder inte till någon förändring av termen  $L'_{n,w} + C_{L,50-2500}$ . Det framgår dock i Fig. 8 att en viss reduktion förekommer i ett antal tersband.

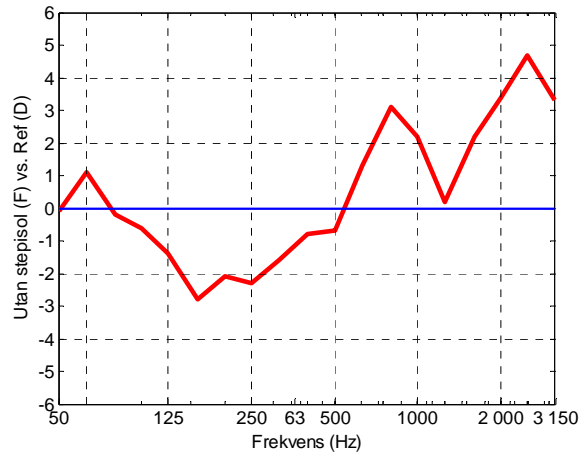


Figur 8. Effekten av demonterade styrdubbar.

### Isoleringsremsa

Då stepisolen demteras så att kontakten mellan de två volymerna sker direkt, trä mot trä, sker en förbättring av stegljudet upp till ca 500 Hz och därutöver en försämring. Detta får genomslag i sammanfattningsvärdet som minskar 1 dB, Fig. 9.

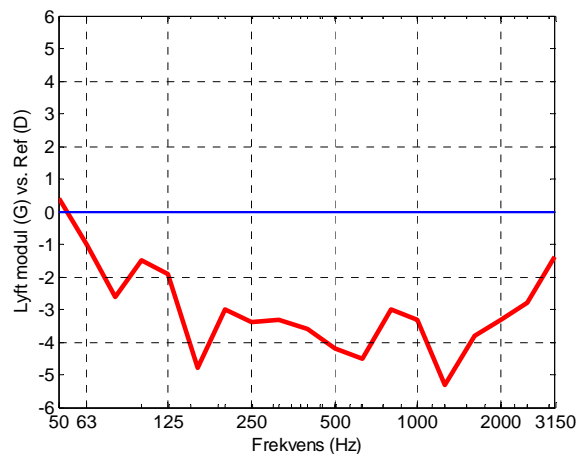
Orsaken är inte given men resultat är intressant och något oväntat. Kompletterande undersökningar krävs för att kunna dra någon generell slutsats.



Figur9. Effekten av demonterad isoleringsremsa av stepisol.

### Upplyft modul

Då den övre modulen hissas upp till en nivå där den inte längre statistiskt belastar stepisolen kan det förväntas att vibrationsövergången till nedanliggande väggar, d v s flanktransmissionen, reduceras. Stegljudsnivån sänktes 2 dB som ett resultat av detta, Fig. 10.



Figur10. Effekten av att lyfta upp den övre modulen.

## Förslag till kompletterande mätningar

Ytterligare mätserier är av stort intresse att utföra för att ytterligare kartlägga olika parametrars inverkan på stegljudsisoleringen i den aktuella konstruktionen.

A) Fältmätning att korrelera mot mätning i fabrik.

1. Mätning i fält, Kv. Måsen, på exakt samma modul som mättes på fabrik.

B) Limning av golvgips

1. REF
2. Golvgips med speciallim (Gyproc G46)
3. Dubbla golvgips med speciallim

C) Olika varianter av elastiska skikt. Mätning på effekten av att utesluta stepisol bör upprepas. En alternativ isolering – sylomer - testas efter det att beräkningar utfört för att hamna rätt i dimensioneringen.

1. REF
2. Utan stepisol, trä mot trä
3. Sylomer i stället för stepisol
4. Stepisol alt sylomer mellan golvbjälkar och spånskiva, om möjligt med hänsyn till övriga byggtekniska krav.
5. Version "Top of the line": t ex dubbla golvgips med speciallim, sylomer mellan volymer samt under spånskiva, etc.

D) Inverkan av last. Tidigare utförda mätningar pekar på att ljudisoleringen påverkas av ovanliggande laster.

1. REF (last av en modul)
2. Påläggning av last så att totala lasten motsvaras av två moduler.
3. Påläggning av last så att totala lasten motsvaras av tre moduler.

## Bilagor

Protokoll av samtliga utförda stegljudsmätningar.



# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

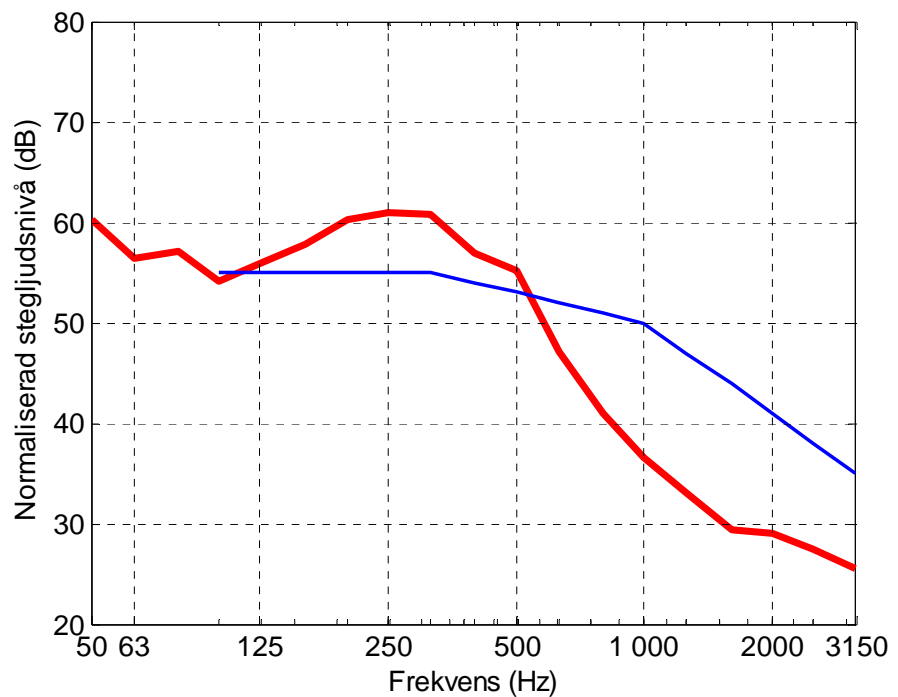
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks bygg, Fabrik. Sovrum i Modul t. Kv Måsen.  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-02-16  
Volym, mottagarrum: 31 (32) m<sup>3</sup>  
Anm: Referens (Enkel golvgips, grålumppapp)

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	60.2
63	56.3
80	57.1
100	54.1
125	55.9
160	57.8
200	60.2
250	61.0
315	60.8
400	56.9
500	55.1
630	47.1
800	40.9
1000	36.6
1250	33.1
1600	29.4
2000	29.0
2500	27.4
3150	25.5



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L'_{n,w} = 53 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 1$$

$$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 54 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-02-21

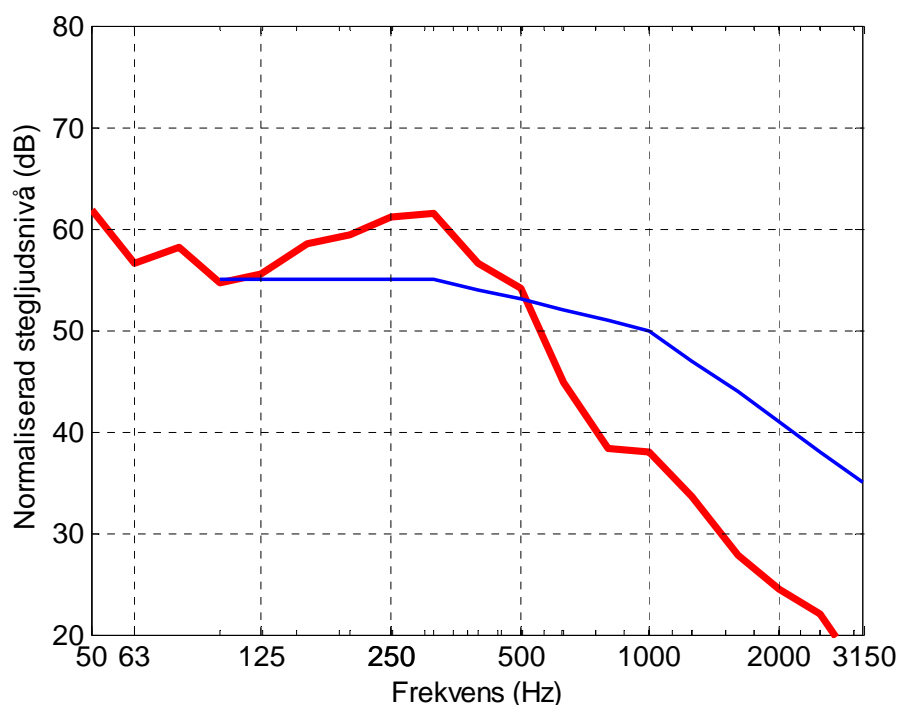
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Fältmätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Lindbäcks bygg, Fabrik. Sovrum i Modul t. Kv Måsen.  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-02-19  
Volym, mottagarum: 31 (32) m<sup>3</sup>  
Anm: A (Enkel golvgips, underlagsfoam)

F (Hz)	L'n (dB)
50	61.8
63	56.6
80	58.1
100	54.7
125	55.5
160	58.5
200	59.4
250	61.2
315	61.5
400	56.6
500	54.1
630	44.8
800	38.3
1000	37.9
1250	33.5
1600	27.8
2000	24.4
2500	22.0
3150	15.6



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L'_{n,w} = 53 \text{ dB}$$

$$C_{i,50-2500} = 1$$

$$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 54 \text{ dB}$$

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-02-21

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

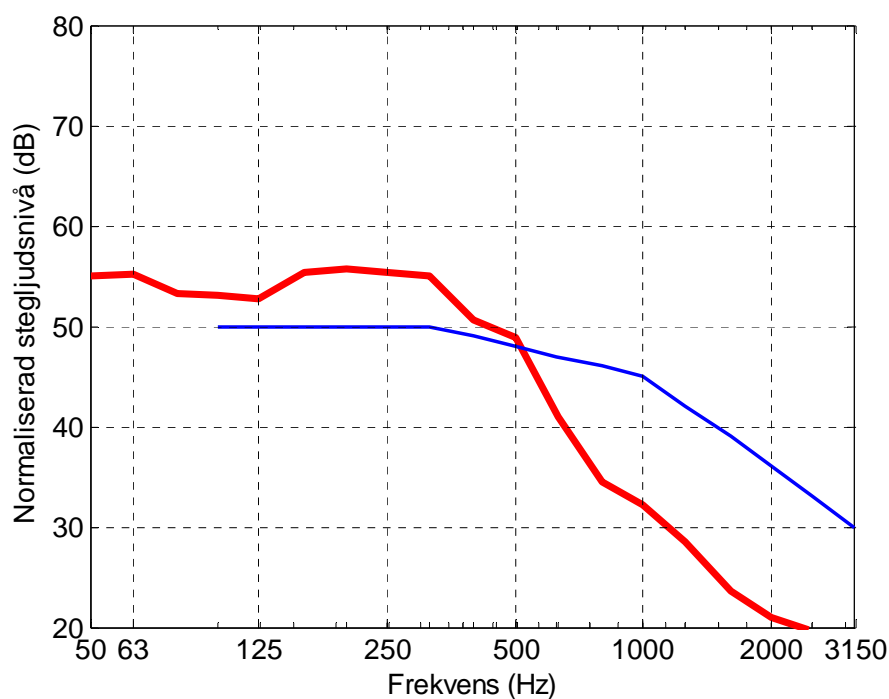
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks bygg, Fabrik. Sovrum i Modul t. Kv Måsen.  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-02-19  
Volym, mottagarrum: 31 (32) m<sup>3</sup>  
Anm: B (Dubbel golvgips, underlagsfoam)

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	54.9
63	55.1
80	53.3
100	53.0
125	52.7
160	55.4
200	55.6
250	55.4
315	55.0
400	50.6
500	48.8
630	40.9
800	34.4
1000	32.1
1250	28.4
1600	23.6
2000	21.0
2500	19.7
3150	14.3



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 48 \text{ dB}$

$C_{i,50-2500} = 2$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 50 \text{ dB}$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-02-21

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

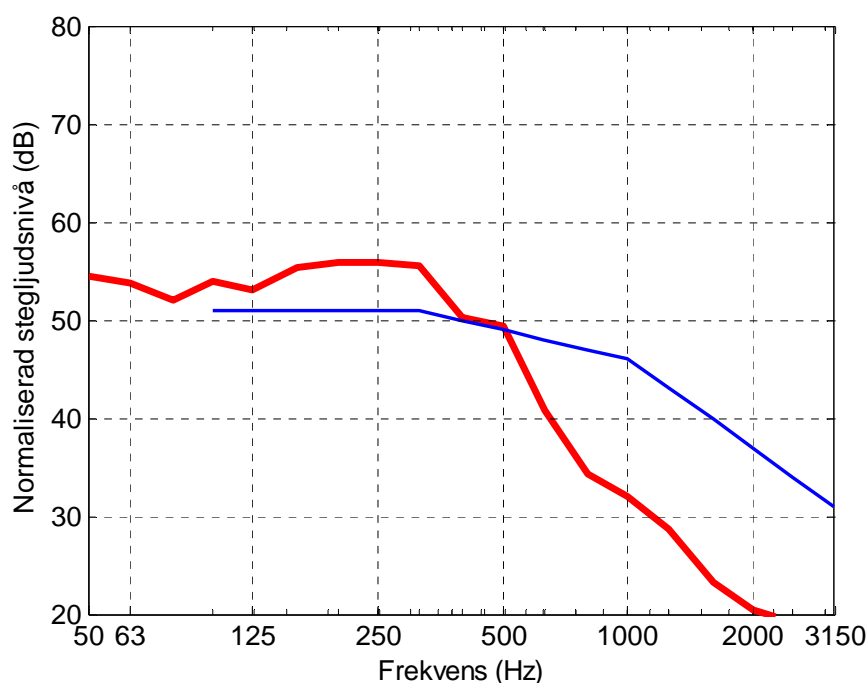
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks bygg, Fabrik. Sovrum i Modul t. Kv Måsen.  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-02-19  
Volym, mottagarum: 31 (32) m<sup>3</sup>  
Anm: C (Dubbel golvgips, grålumppapp)

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	54.5
63	53.8
80	52.0
100	53.9
125	53.1
160	55.3
200	55.8
250	55.9
315	55.5
400	50.2
500	49.3
630	40.8
800	34.3
1000	32.0
1250	28.6
1600	23.3
2000	20.4
2500	19.3
3150	14.6



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 49$  dB

$C_{i,50-2500} = 1$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 50$  dB

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-02-21

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

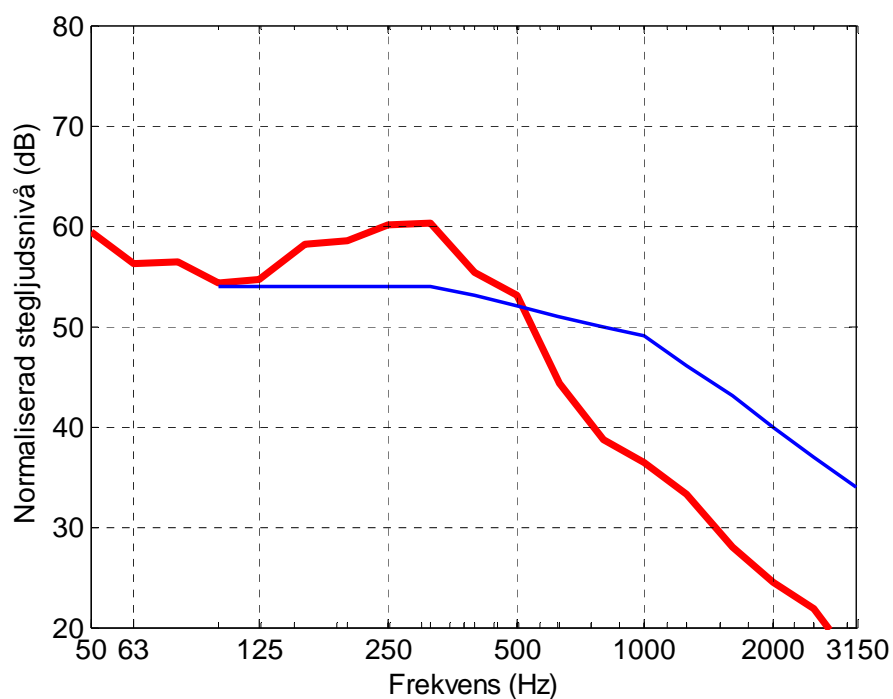
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks bygg, Fabrik. Sovrum i Modul t. Kv Måsen.  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-02-20  
Volym, mottagarum: 31 (32) m<sup>3</sup>  
Anm: D (Som referens)

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	59.4
63	56.2
80	56.4
100	54.2
125	54.6
160	58.2
200	58.5
250	60.0
315	60.2
400	55.4
500	53.1
630	44.3
800	38.7
1000	36.3
1250	33.3
1600	28.0
2000	24.4
2500	21.8
3150	16.5



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 52$  dB

$C_{i,50-2500} = 1$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 53$  dB

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-02-21

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

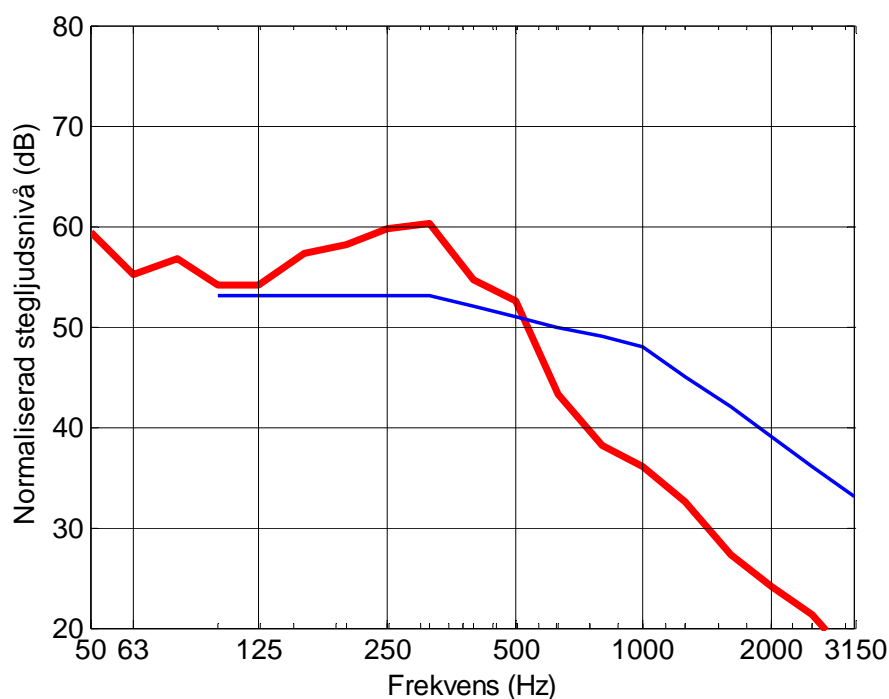
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks bygg, Fabrik. Sovrum i Modul t. Kv Måsen.  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-02-20  
Volym, mottagarum: 31 (32) m<sup>3</sup>  
Anm: E (Ref, utan styrdubbar)

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	59.3
63	55.1
80	56.8
100	54.1
125	54.1
160	57.3
200	58.2
250	59.7
315	60.2
400	54.7
500	52.5
630	43.2
800	38.1
1000	36.0
1250	32.5
1600	27.2
2000	24.1
2500	21.3
3150	16.4



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 51$  dB

$C_{i,50-2500} = 2$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 53$  dB

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-02-21

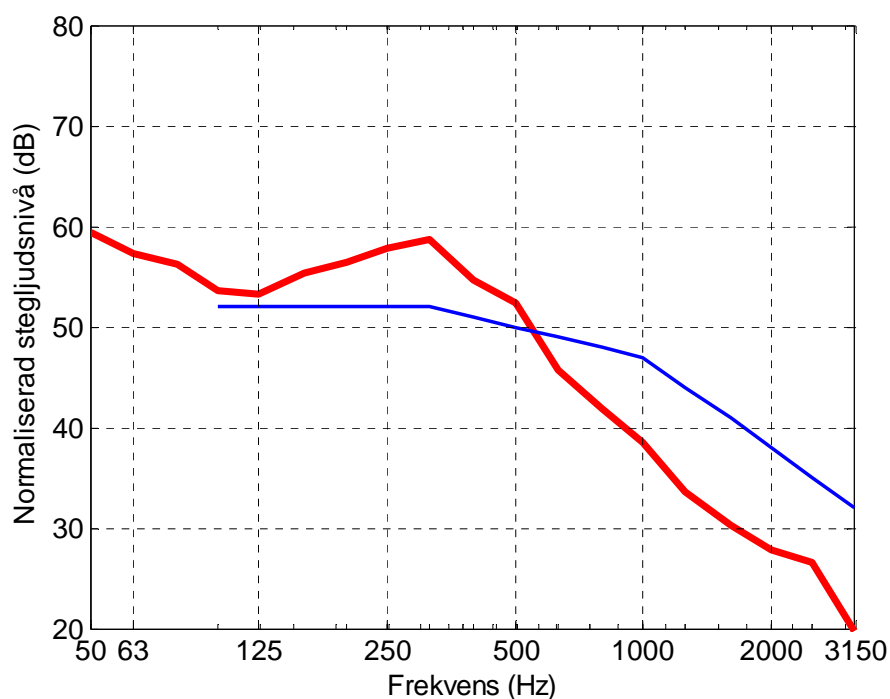
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Fältmätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Lindbäcks bygg, Fabrik. Sovrum i Modul t. Kv Måsen.  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-02-20  
Volym, mottagarrum: 31 (32) m<sup>3</sup>  
Anm: F (Ref, utan styrdubbar, utan stepisol)

F (Hz)	L'n (dB)
50	59.3
63	57.3
80	56.2
100	53.6
125	53.2
160	55.4
200	56.4
250	57.7
315	58.6
400	54.6
500	52.4
630	45.6
800	41.8
1000	38.5
1250	33.5
1600	30.2
2000	27.8
2500	26.5
3150	19.8



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L'_{n,w} = 50 \text{ dB}$$

$$C_{i,50-2500} = 2$$

$$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 52 \text{ dB}$$

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-02-21

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

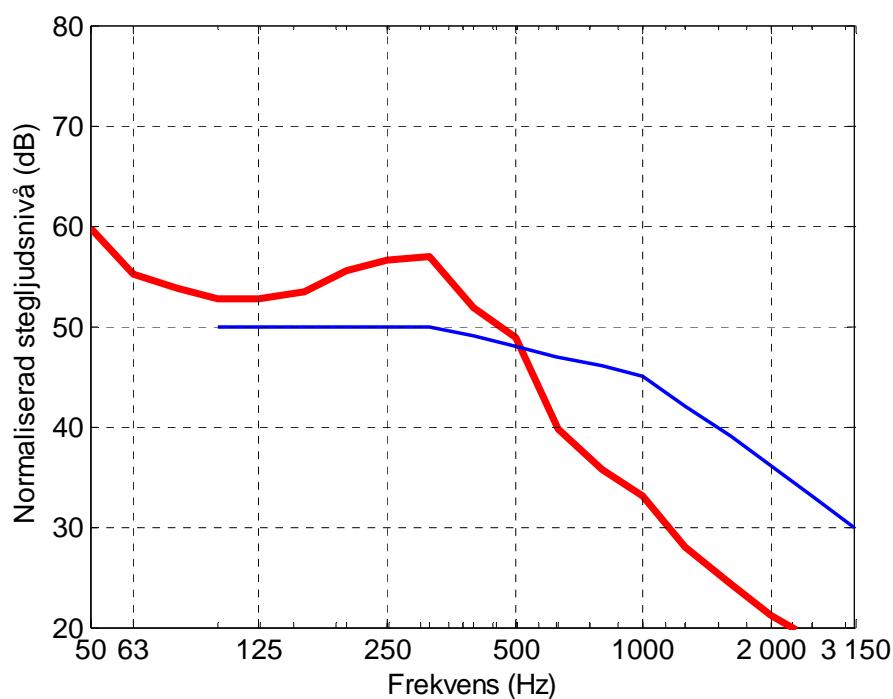
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks bygg, Fabrik. Sovrum i Modul t. Kv Måsen.  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-02-20  
Volym, mottagarum: 31 (32) m<sup>3</sup>  
Anm: G (Ref, modul lyft till precis kontakt m. stepisol)

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	59.8
63	55.2
80	53.8
100	52.7
125	52.7
160	53.4
200	55.5
250	56.6
315	56.9
400	51.8
500	48.9
630	39.8
800	35.7
1000	33.0
1250	28.0
1600	24.2
2000	21.2
2500	19.0
3150	15.1



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 48$  dB

$C_{i,50-2500} = 3$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 51$  dB

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-02-21

Sign:





## **ARBETSRAPPORT Nr 2**

Statistisk utvärdering av resultat från stegljudsmätningar  
genomförda vid Lindbäcks Bygg: projekt Kv.  
Kanslisilket, Vällingby, Stockholm.

Ingår i TräCetrum Norr:s projekt:  
”Förbättrad ljudisolering i modulbyggda  
konstruktioner”.

2007-03-08  
Fredrik Ljunggren  
Avd. för ljud och vibrationer  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
Tel: 0920-491286, 073-0286531  
Fax: 0920-491030  
E-post: fredrik.ljunggren@ltu.se

## Sammanfattning

Stegljudsmätningar utförda i totalt 24 rum i ett fyrvåningshus har analyserats. Rummen har varierande storlek och varierande golvbeläggning och befinner sig på olika våningsplan. Av dessa parametrar är enbart rummets våningsplan statistiskt signifikant för stegljudsnivån. Plan 3 ger i genomsnitt 2 dB lägre värde än plan 1 och 2.

## Förutsättningar

ACAD-International har på uppdrag av Svenska Bostäder utfört stegljudsmätningar på Lindbäck's Bygg:s projekt Kv. Kanslisilket. Totalt har den vertikala stegljudsnivån mätts i 24 olika rum.

## Medelvärden

Medelvärdet för  $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$  är 55 dB vilket motsvarar ljudklass C.

Av de 24 mätningarna uppfyller 11 rum kraven för ljudklass B,  $\leq 54$  dB (SS 025267 utg. 2)

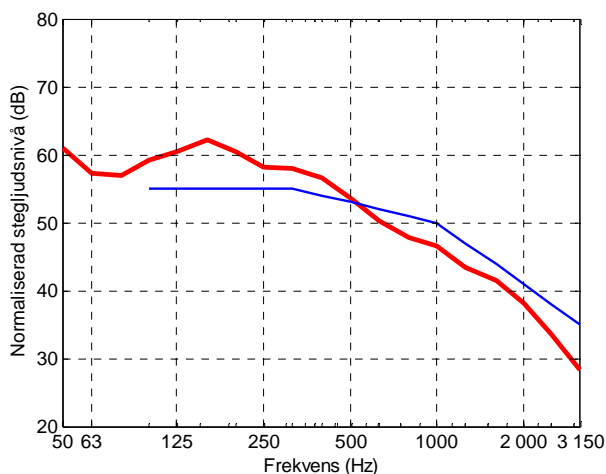
Stegljudsnivå, medel  
(24 fall)

$$L'_{n,w} = 53$$

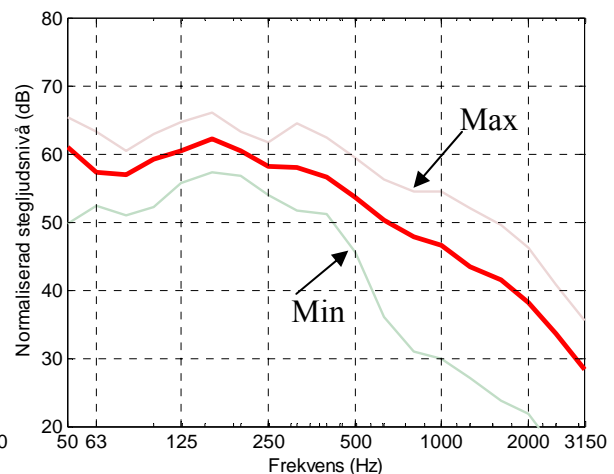
$$C_{1,50-2500} = 2$$

$$L'_{n,w} + C_{1,50-2500} = 55 \text{ dB}$$

Spridningen i form av den högsta respektive lägsta uppmätta stegljudsnivån för individuella tersband är ca  $\pm 5$  dB vid låga frekvenser  $\leq 500$  Hz, och ca  $\pm 10$  dB vid höga.



Medelvägd stegljudsnivå, total.



Medelvägd stegljudsnivå samt individuella max- och minvärden.

## Statistisk analys

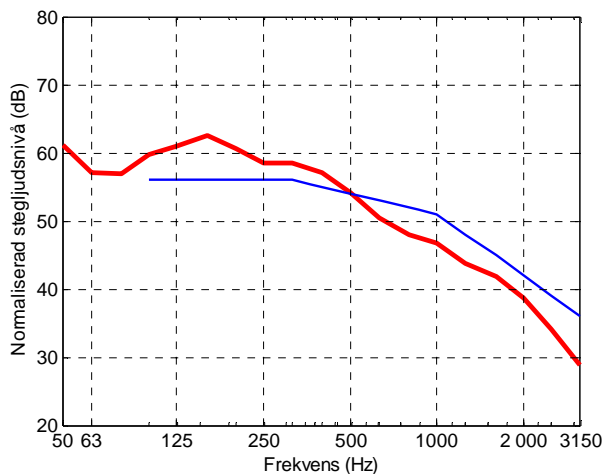
Materialet har analyserats statistiskt med ANOVA (Analysis of Variance) och multipel regressionsanalys. Tre huvudsakliga parametrar har testats: Rumstorlek ( $m^3$ ), våningsplan och golvbeläggning (parkett eller klinker). Analyserna visar vilken/vilka parametrar som är av signifikant betydelse för stegljudsnivån. Resultaten ger vid hand att varken rummets storlek eller dess golvbeläggning har någon betydelse för stegljudsnivån (95% konfidens, LSD), däremot är våningsplanet statistiskt signifikant. I genomsnitt är stegljudsnivån 2 dB lägre på plan 3 än plan 1 och 2. Ingen signifikant skillnad föreligger inbördes mellan plan 1 och 2. Det framgår av nedanstående figurer över medelvärden att skillnaden mellan plan 3 kontra plan 1 och 2 är påtaglig från 100 Hz och uppåt medan i princip ingen skillnad finns för de lägsta frekvenserna, 50-80 Hz.

En närmare kontroll av de individuella värdena visar att samtliga 5 mätningar utförda på plan 3 klarar ljudklass B.

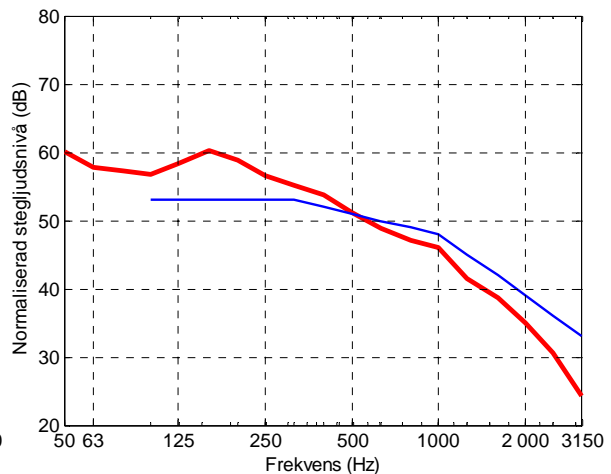
Stegljudsnivå  
Medel över plan 1 och 2. (19 fall)

$$L'_{n,w} = 54$$
$$C_{I,50-2500} = 1$$
$$L'_{n,w} + C_{I,50-2500} = 55 \text{ dB}$$

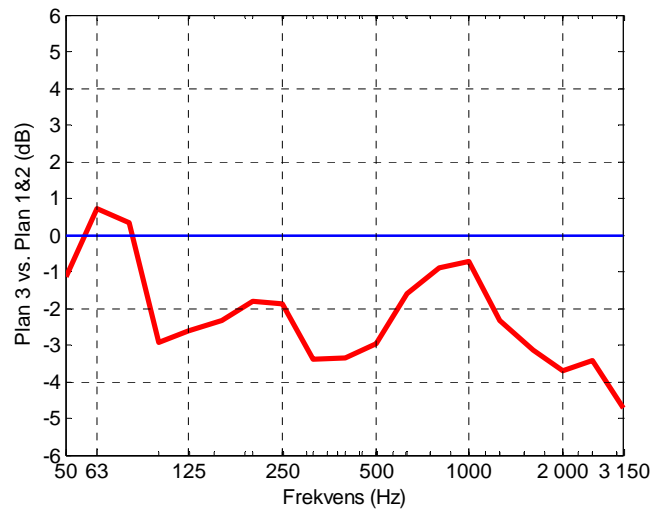
Stegljudsnivå, plan 3  
Medel över plan 3. (5 fall)

$$L'_{n,w} = 51$$
$$C_{I,50-2500} = 2$$
$$L'_{n,w} + C_{I,50-2500} = 53 \text{ dB}$$


Medelvågad stegljudsnivå plan 1 och 2.



Medelvågad stegljudsnivå plan 3.



Skillnad mellan medelvåg d stegljudsnivå plan 3 jämfört med plan 1 och 2.



## **ARBETSRAPPORT Nr 3**

Steg- och luftljudsmätningar  
Kv. Trädgården, Piteå  
Lindbäcks Bygg

Ingår i TräCetrum Norr:s projekt:  
*Förbättrad ljudisolering i  
modulbyggda konstruktioner*

2008-01-21  
Fredrik Ljunggren  
Avd. för ljud och vibrationer  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
Tel: 0920-491286, 073-0286531  
Fax: 0920-491030  
E-post: fredrik.ljunggren@ltu.se

## **Sammanfattning**

Rapporten omfattar jämförande ljudmätningar av två olika konstruktioner vad gäller isolerande skikt mellan två ovanpå varandra stående byggnadsmoduler; syllisolering respektive Stepisol. Både beträffande steg- och luftljud placeras varianten med Stepisol i ljudklass B medan lösningen med syllisolering tillskrivs ljudklass C.

Ljudmätningar utfördes även i badrum för två våningsövergångar. Stegljudsnivån balanserar på gränsen mellan ljudklass B och C medan luftljudsreduktionen med minsta möjliga marginal klarar grundkravet, ljudklass C. Ljudläckage från ventilationsdon anses här ha påverkat framförallt luftljudsmätningarna.

## Förutsättningar

Rapporten redovisar resultat av steg- och luftljudsmätningar utförda på Lindsbäcks Bygg:s projekt Kv. Trädgården i Piteå 2007-11-07.

## Syfte

Mätningarnas syfte är dels att få en indikation på hur syllisolering som våningsmellanlägg fungerar i fält jämfört med Stepisol och dels få uppgift om badrummens ljudegenskaper.

## Genomförande

Ljudmätningar har gjorts i vertikalled, från ett rum till annat nominellt identiskt rum i våningen nedanför.

Mätningar i sovrum har gjorts på översta våningsövergången, från plan 4 till plan 3, för två fall. Ena fallet avser mätning mellan rum med enbart syllisolering som mellanliggande skikt medan Stepisol har använts i det andra fallet. De två rummen är inte identiska i storlek, sovrum med sylliolering  $9.0\text{m}^2$  jämfört med  $13.3\text{m}^2$  för Stepisol.

Mätningar i badrum har gjorts mellan plan 4-3 samt plan 3-2.

Stegljudsisoleringen har uppmätts enligt utförande i SS-EN ISO 140-7 och utvärderats enligt SS-EN ISO 717-2.

Luftljudsisoleringen har uppmätts enligt utförande i SS-EN ISO 140-4 och utvärderats enligt SS-EN ISO 717-1.

Resultaten har bedömts enligt SS 02 52 67, utgåva 3.

## Ljudkrav

Nedan redovisas gällande ljudkrav för olika ljudklasser beträffande stegljud (Tab. 1) och luftljudisolering (Tab. 2).

Anm: För hygienutrymme medräknas ej anpassningstermerna för låga frekvenser, dvs  $L'_{n,w}$  respektive  $R'_w$  blir dimensionerande. I övrigt gäller samma gränsvärden.

Tabell 1. Högsta tillåtna värden för vägd stegljudsnivå,  $L'_{n,w}$  och  $L'_{n,w} + C_{L,50-2500}$ , i bostadsrum från lägenhet ovanför.

	Klass A	Klass B	Klass C
Högsta tillåtna stegljudsnivå $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{L,50-2500}$ (dB)	48	52	56

Tabell 2. Lägsta tillåtna värden för vägt reduktionstal,  $R'_w + C_{50-3150}$ , i bostadsrum från lägenhet ovanför.

	Klass A	Klass B	Klass C
Lägsta tillåtna reduktionstal $R'_w$ och $R'_w + C_{50-3150}$ (dB)	61	57	53

## Resultat

Uppmätta stegljudsnivåer och reduktionstal sammanfattas i Tab. 3.

Tabell 3. Uppmätta ljudnivåer.

	$L'_{n,w}$	$L'_{n,w+}$ $C_{1,50-2500}$	<b>Stegljud Klass</b>	$R'_w$	$R'_{w+}$ $C_{50-3150}$	<b>Luftljud Klass</b>
<b>Sovrum (syllisoler.)</b>	53	54	C		54	C
<b>Sovrum (Stepisol)</b>	49	51	B		60	B
<b>Badrum (vån 4-3)</b>	53		C	53		C
<b>Badrum (vån 3-2)</b>	52		B	53		C

## Diskussion och slutsatser

Rum med syllisolering uppvisar sämre värden än rum med Stepisol båda vad gäller stegljud (3 dB) och luftljud (6 dB). De två varianterna hamnar i olika ljudklasser, C resp. B.

Försämringen vid användandet av syllisoleringen är, med något undantag, jämnt fördelad över de olika frekvensbanden. Som alltid är det dock vanskligt att dra säkra slutsatser utifrån *ett* mätobjekt, kompletterande undersökningar skulle behövas för detta.

De två badrummen uppvisar i stort sett samma resultat. Stegljudsnivån balanserar mellan klass B-C medan luftljudsreduktionen nått och jämt uppfyller grundkravet för ljudklass C,  $R'_w = 53$  dB. Vid tidpunkten för mätning kunde ljudläckage från ventilationsdonet noteras med tydlighet. Det är troligt att detta påverkat resultatet negativt.

## Bilagor

Protokoll av samtliga utförda ljudmätningar.

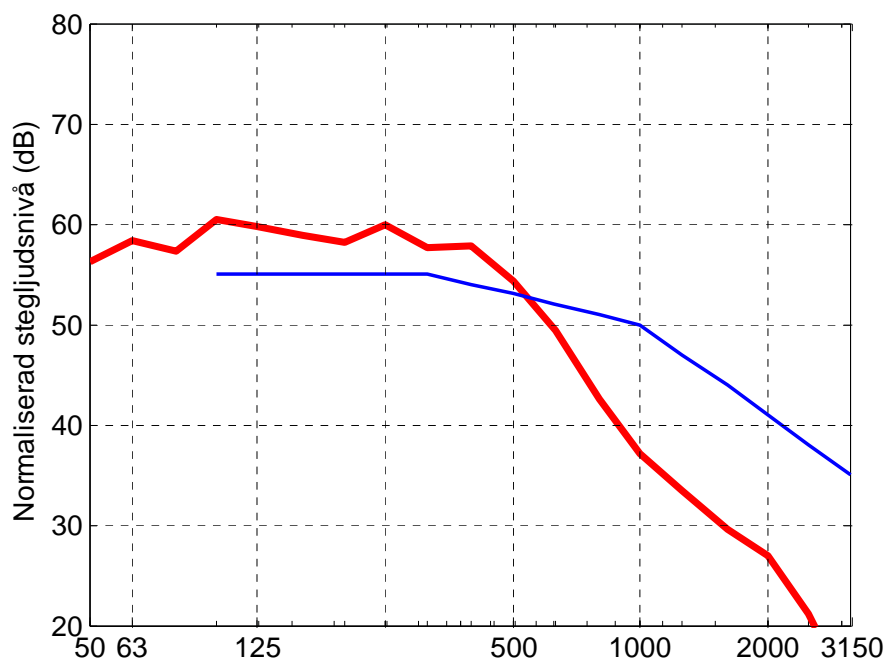


# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Fältmätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Kv Trädgården, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-07  
Volym, mottagarum: 21.6 m<sup>3</sup>  
Anm: Syllisolering mellan våningsplan

F (Hz)	L'n (dB)
50	56,2
63	58,4
80	57,2
100	60,4
125	59,7
160	58,8
200	58,1
250	59,9
315	57,6
400	57,9
500	54,4
630	49,4
800	42,5
1000	37,1
1250	33,4
1600	29,5
2000	27,0
2500	21,2
3150	12,7



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L'_{n,w} = 53\text{dB}$$

$$C_{i,50-2500} = 1$$

$$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 54\text{dB}$$

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-17

Sign

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

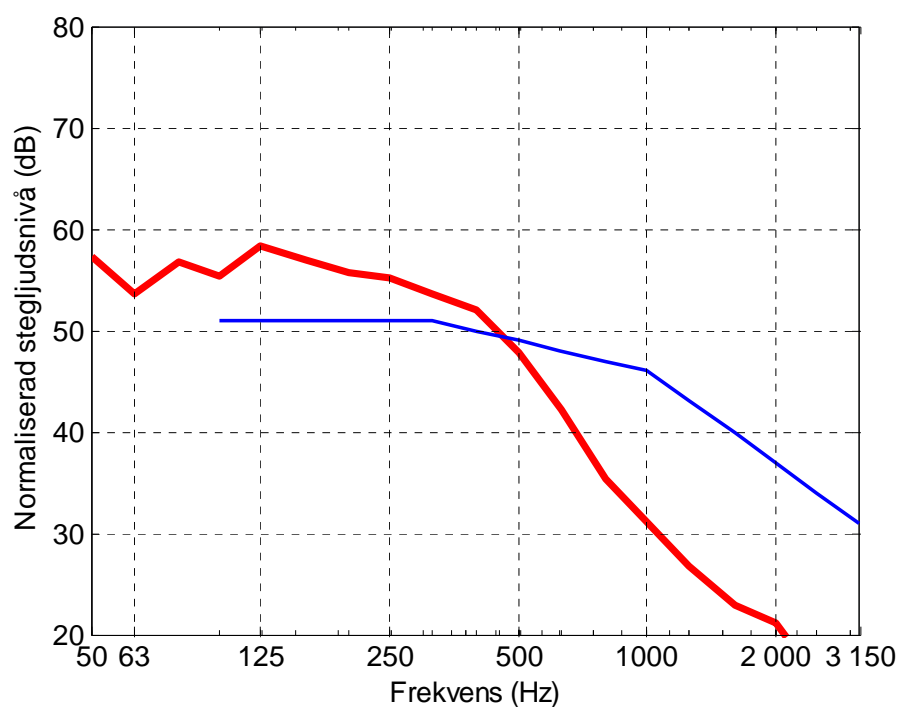
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Kv Trädgården, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-07  
Volym, mottagarrum: 31 (32) m<sup>3</sup>  
Anm: Stepisol mellan våningsplan

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	57,2
63	53,5
80	56,7
100	55,4
125	58,4
160	56,9
200	55,8
250	55,3
315	53,5
400	52,0
500	47,7
630	42,2
800	35,4
1000	31,2
1250	26,7
1600	22,9
2000	21,1
2500	16,2
3150	8,9



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 49 \text{ dB}$

$C_{i,50-2500} = 2$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 51 \text{ dB}$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-17

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

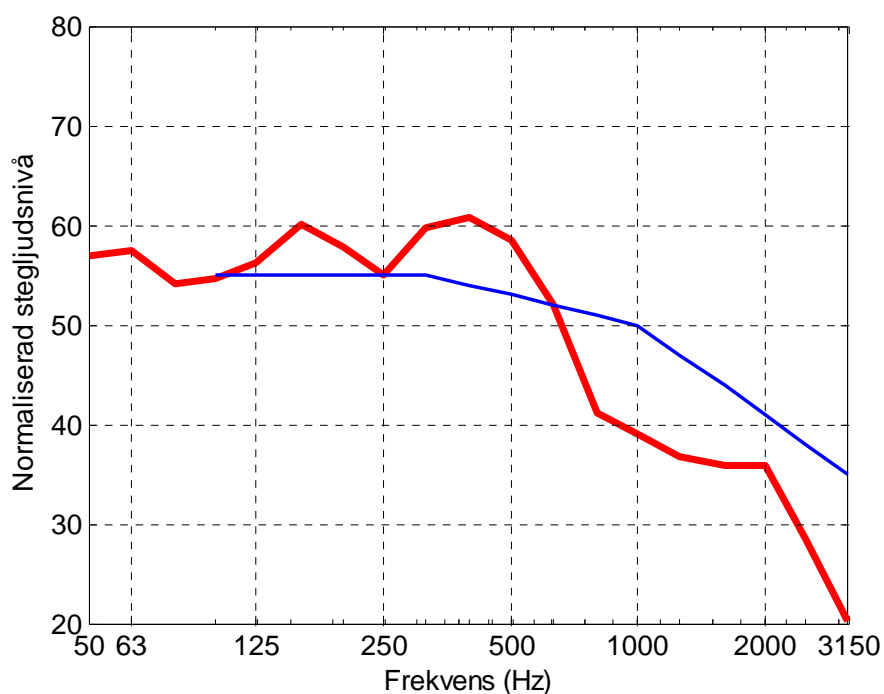
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Kv Trädgården, Lindbäcks Bygg.  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-07  
Volym, mottagarrum: 9.0 m<sup>3</sup>  
Anm: Badrum plan3

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	56,9
63	57,5
80	54,2
100	54,7
125	56,2
160	60,1
200	57,9
250	55,1
315	59,8
400	60,8
500	58,6
630	52,0
800	41,2
1000	39,0
1250	36,7
1600	35,9
2000	35,9
2500	28,5
3150	20,3



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 53 \text{ dB}$

$C_{i,50-2500} = 0$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 53 \text{ dB}$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-17

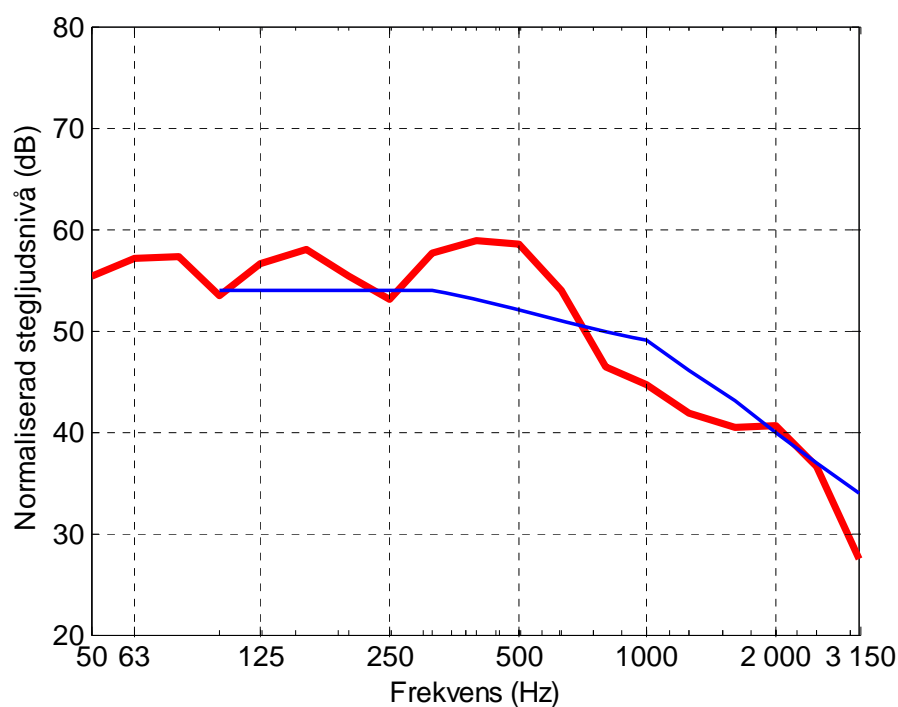
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Fältmätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Kv Trädgården, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-07  
Volym, mottagarrum: 9 m<sup>3</sup>  
Anm: Badrum, plan2

F (Hz)	L'n (dB)
50	55,4
63	57,1
80	57,2
100	53,5
125	56,6
160	57,9
200	55,4
250	53,0
315	57,6
400	58,8
500	58,6
630	54,0
800	46,5
1000	44,7
1250	41,9
1600	40,5
2000	40,7
2500	36,6
3150	27,4



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 52$  dB

$C_{i,50-2500} = 1$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 53$  dB

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-17

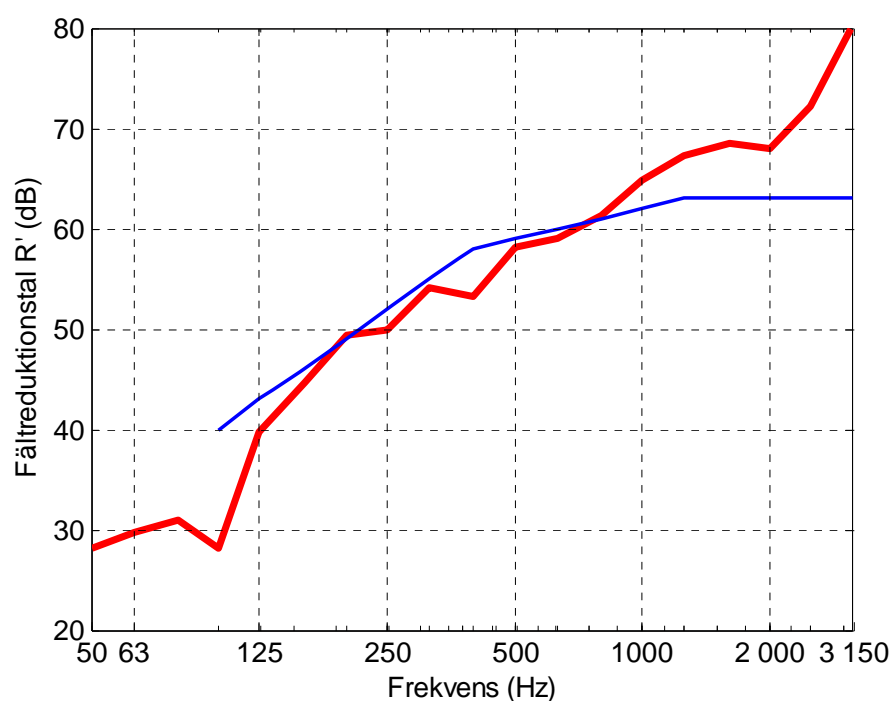
Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

## Fältmätning av luftjudsisolering

Mätobjekt: Kv Trädgården, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-07  
Skiljearea: 9.0 m<sup>2</sup>  
Anm: Syllisolering mellan våningsplan

F (Hz)	R' (dB)
50	28,1
63	29,7
80	31,0
100	28,1
125	39,7
160	44,7
200	49,4
250	49,9
315	54,1
400	53,2
500	58,2
630	59,1
800	61,2
1000	64,8
1250	67,3
1600	68,4
2000	68,2
2500	72,2
3150	80,4



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 59$  dB                       $C_{50-3150} = -5$

$R'_w + C_{50-3150} = 54$  dB

Testrapport: lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-17

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

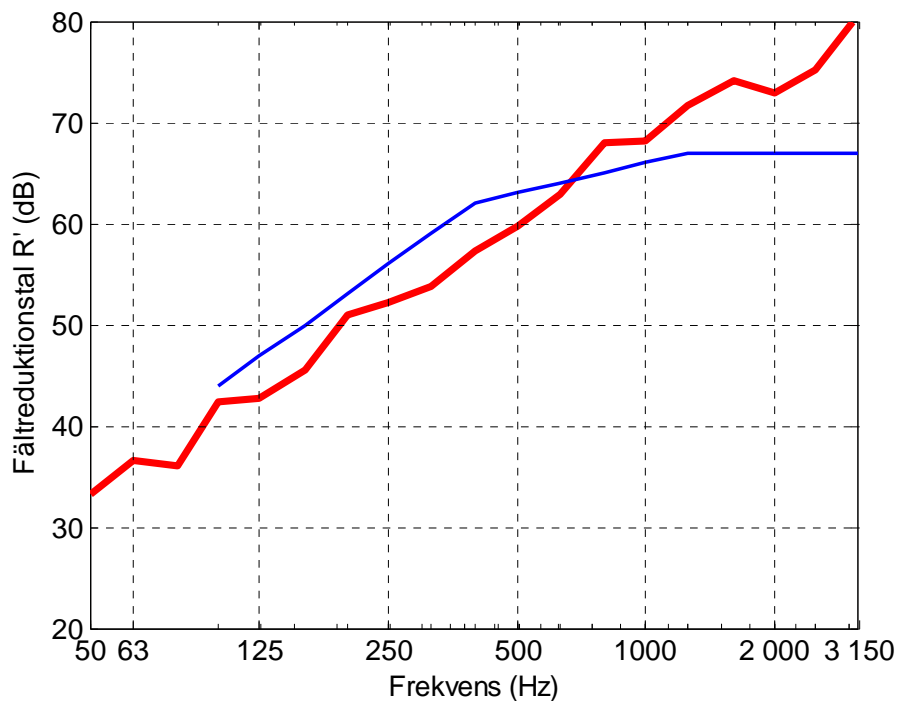
## Fältmätning av luftjudsisolering

---

Mätobjekt: Kv Trädgården, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-07  
Skiljearea: 13.3 m<sup>2</sup>  
Anm: Stepsisol mellan våningsplan

---

F (Hz)	R' (dB)
50	33,2
63	36,6
80	36,1
100	42,3
125	42,7
160	45,5
200	51,0
250	52,2
315	53,7
400	57,3
500	59,8
630	62,9
800	68,0
1000	68,2
1250	71,7
1600	74,1
2000	73,0
2500	75,2
3150	80,8



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 63 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -3$

$R'_w + C_{50-3150} = 60 \text{ dB}$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-17

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

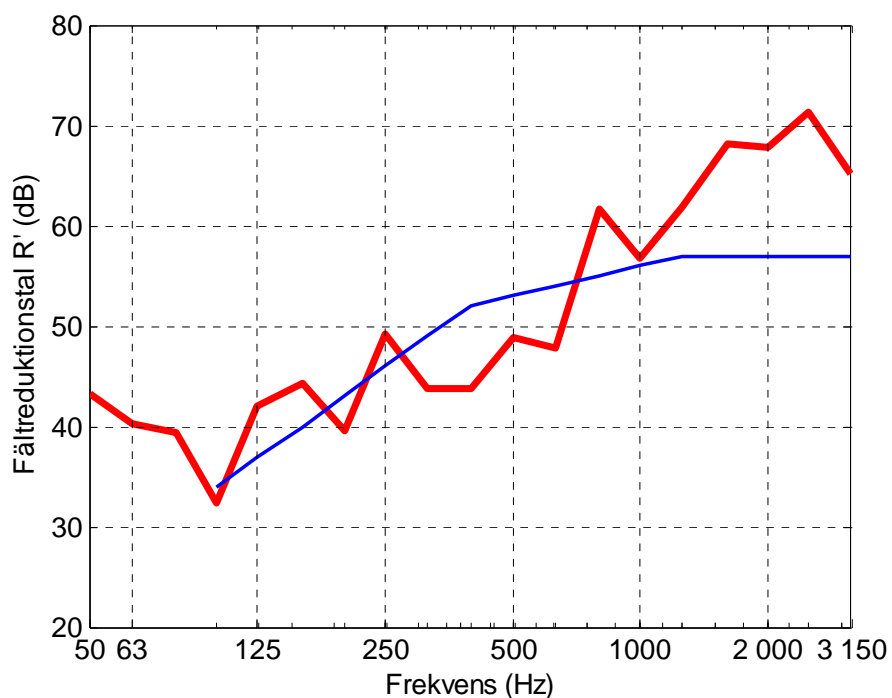
## Fältmätning av luftjudsisolering

---

Mätobjekt: Kv Trädgården, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-07  
Skiljearea: 4.0 m<sup>2</sup>  
Anm: Badrum, plan3

---

F (Hz)	R' (dB)
50	43,3
63	40,3
80	39,4
100	32,3
125	41,9
160	44,2
200	39,6
250	49,2
315	43,8
400	43,9
500	48,9
630	47,9
800	61,7
1000	56,8
1250	61,8
1600	68,0
2000	67,8
2500	71,3
3150	65,3



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 53$  dB

$C_{50-3150} = -1$

$R'_w + C_{50-3150} = 52$  dB

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-17

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

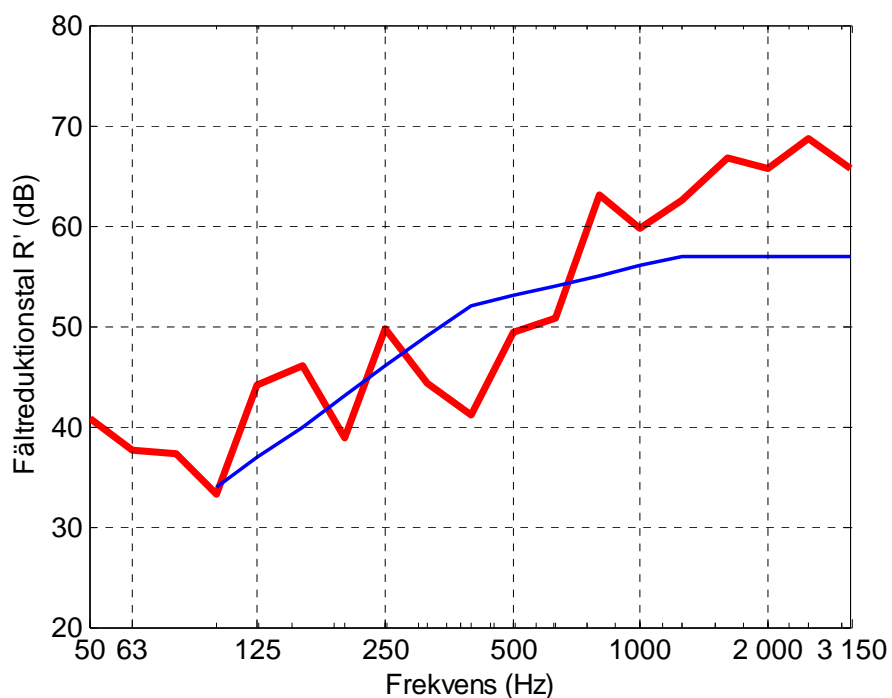
## Fältmätning av luftjudsisolering

---

Mätobjekt: Kv Trädgården, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-07  
Skiljearea: 4.0 m<sup>2</sup>  
Anm: Badrum, plan2

---

F (Hz)	R' (dB)
50	40,8
63	37,7
80	37,2
100	33,4
125	44,1
160	46,1
200	38,8
250	49,7
315	44,3
400	41,2
500	49,4
630	50,8
800	63,1
1000	59,8
1250	62,5
1600	66,8
2000	65,7
2500	68,7
3150	65,8



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w =$  53 dB  $C_{50-3150} = -1$

$R'_w + C_{50-3150} =$  52 dB

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-17

Sign:





## **ARBETSRAPPORT Nr 4**

Steg- och luftljudsmätningar  
Projekt Banverket, Göteborg  
Norvag Byggsystem

Ingår i TräCetrum Norr:s projekt:  
*Förbättrad ljudisolering i  
modulbyggda konstruktioner*

2008-01-25  
Fredrik Ljunggren  
Avd. för ljud och vibrationer  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
Tel: 0920-491286, 073-0286531  
Fax: 0920-491030  
E-post: fredrik.ljunggren@ltu.se

## Sammanfattning

Rapporten omfattar steg- och luftljudsmätningar på Norvag Byggsystem's projekt Banmverket i Göteborg. Mätningar innefattar ljudövergång mellan två rum i standardutförande i två fall samt mellan rum där olika konstruktionsändringar utförts i sex fall.

Den aktuella konstruktionen påvisar försämrade ljudegenskaperna inom intervallet ca 200-800 Hz samt i många fall för de lägsta frekvenserna inom mätområdet, 50-63Hz. De mellanliggande boardskivorna i bjälklaget kan, ur ljudsynpunkt, med fördel plockas bort då de avskärmar kaviteten vilket missgynnar de akustiska egenskaperna.

I övrigt är det svårt att dra några säkra slutsatser om de olika konstruktionsvarianternas inverkan på ljudet beroende på att osäkerheten i resultaten blir stor då endast *ett* objekt berörs för respektive ändring. De stora spridningarna indikerar att variationen i ljudegenskaper mellan nominellt lika volymer är stor vilket också påverkar osäkerheten.

## Förutsättningar

Rapporten redovisar resultat av steg- och luftljudsmätningar utförda på Norvag Byggsystem:s tvåvåningsprojekt Banverket i Göteborg 2007-11-09 – 10.

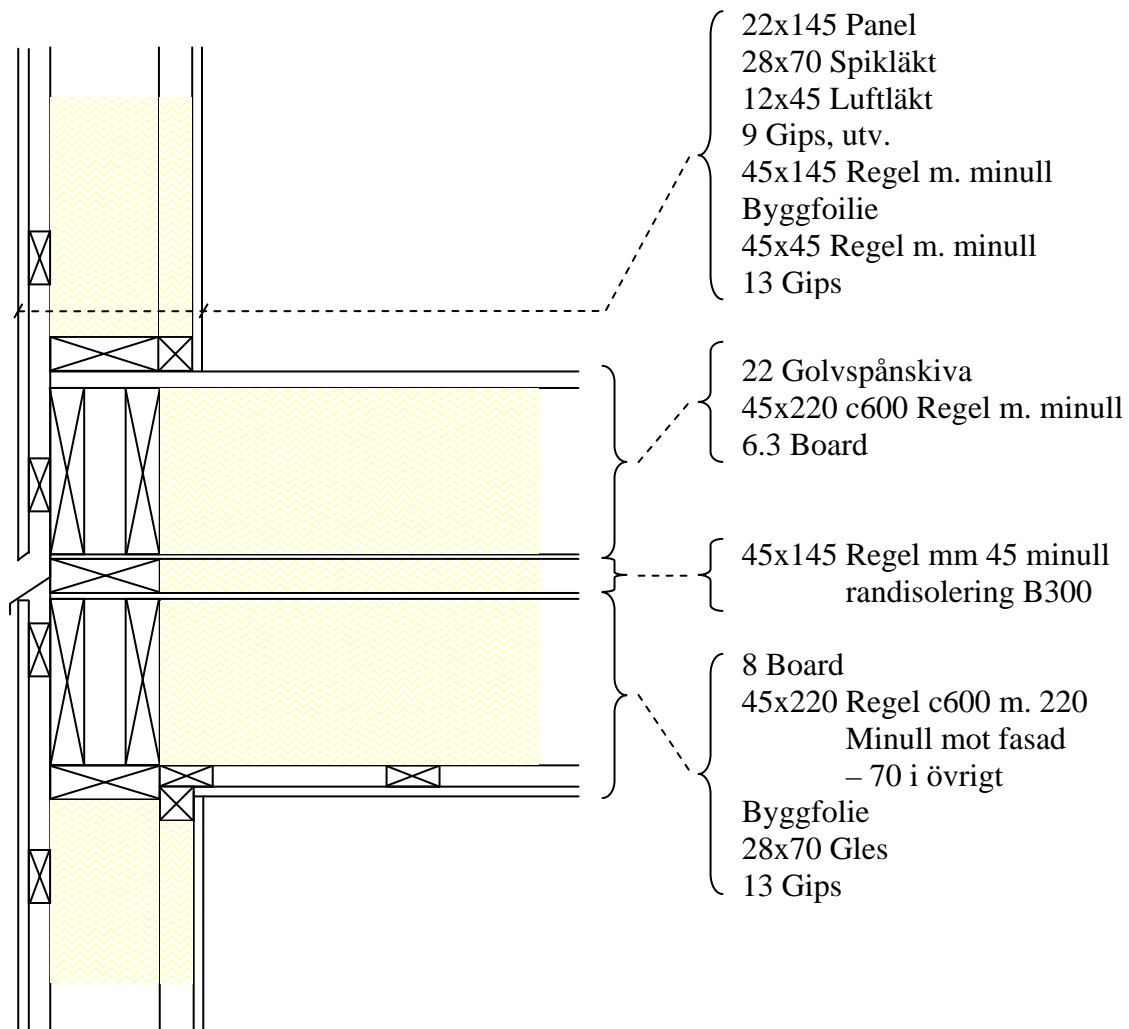
## Syfte

Mätningarna syftar till att få en uppfattning hur ljudegenskaperna i den aktuella konstruktionen förändras till följd av att en serie ändringar med avseende på materialval och utförande genomförs.

## Konstruktion

Konstruktionen utgörs av prefabricerade volymelement som sammanfogas på plats. Den bärande stommen består av träreglar i varierande dimension kompletterade med mineralull, board, spån- och gipsskivor. Golvets ytskikt utgörs av en 2.5mm linoleummatta.

Konstruktionen redovisas i Fig. 1



Figur 1. Konstruktion

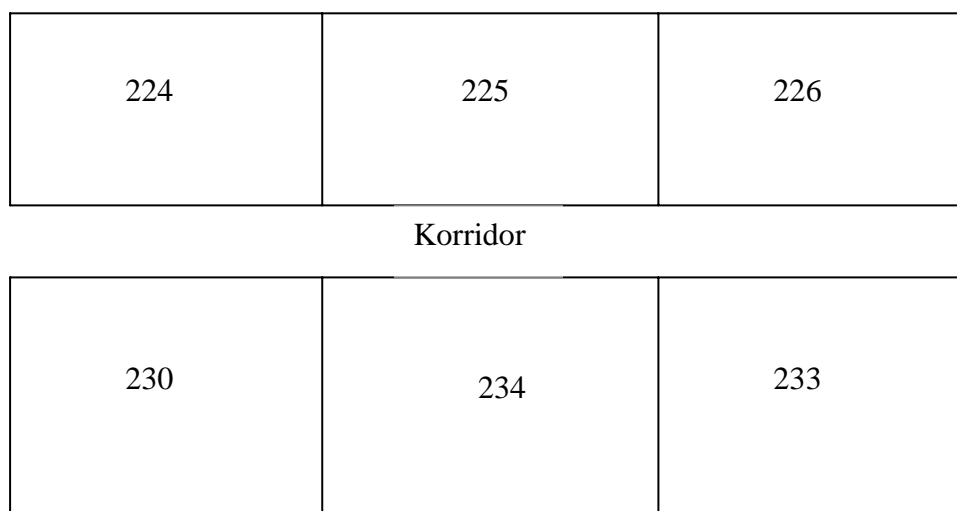
För vissa rum/volymer har konstruktionen ändrats. Vilka och i vilken omfattning framgår av Tab. 1 där samtliga rum som ingår i mätserien redovisas. I Tabell 2 finns en sammanställning som visar samtliga förändringar.

*Tabell 1. Konstruktionsändringar*

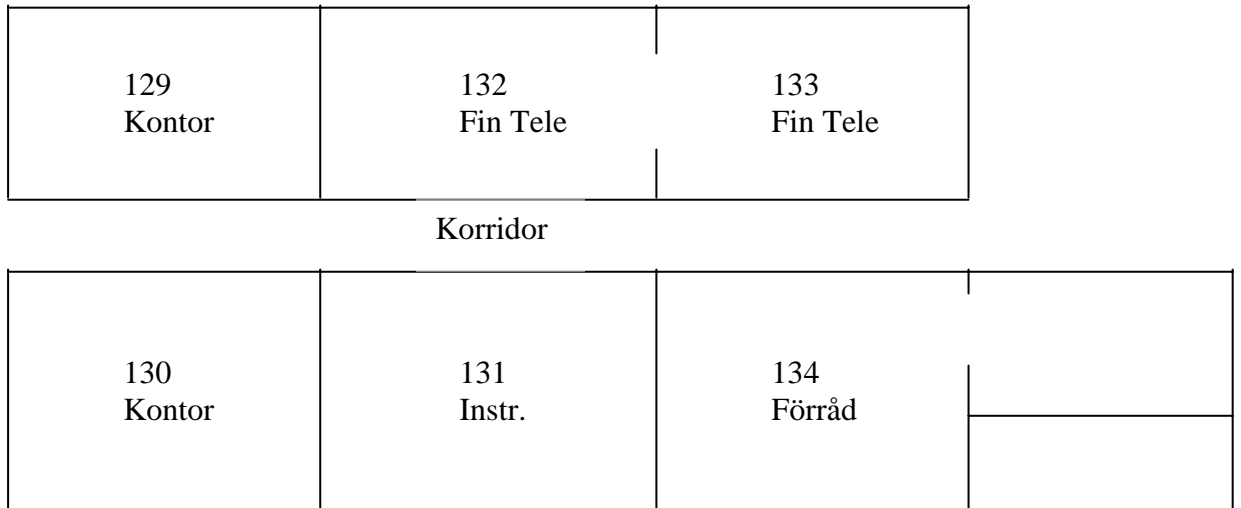
Rum	Konstruktionsändring
112	Std
118	Std
129	Ingen takboard
130	Ingen takboard, Dubbel takgips
131	Ingen takboard
132	Ingen takboard
133	Std
134	Std
204a	Golvgips, elastiskt lim Gyproc GE46
204b	Golvgips, standardlim Maxit Serpo 616
224	Golvgips
225	Vindduk i st.f. golvboard
226	Std
230	Std
233	Std
234	300mm boardremсор i st.f. golvboard

## Genomförande

Ljudmätningar har gjorts i vertikalled, från ett rum beläget på övre plan till rum i våningen nedanför. Mätningarna utfördes i två delar av byggnaden, här kallade del 1 och del 2. Del 1 omfattar steg- och luftljudsmätningar, sex av vardera, medan det för del 2 har utförts två stegljudsmätningar. Schematisk planlösning för del 1 framgår av Fig. 2 och för del 2 av Fig. 3.



*Figur 2a. Skiss av övre plan, del 1, kontorsrum.*

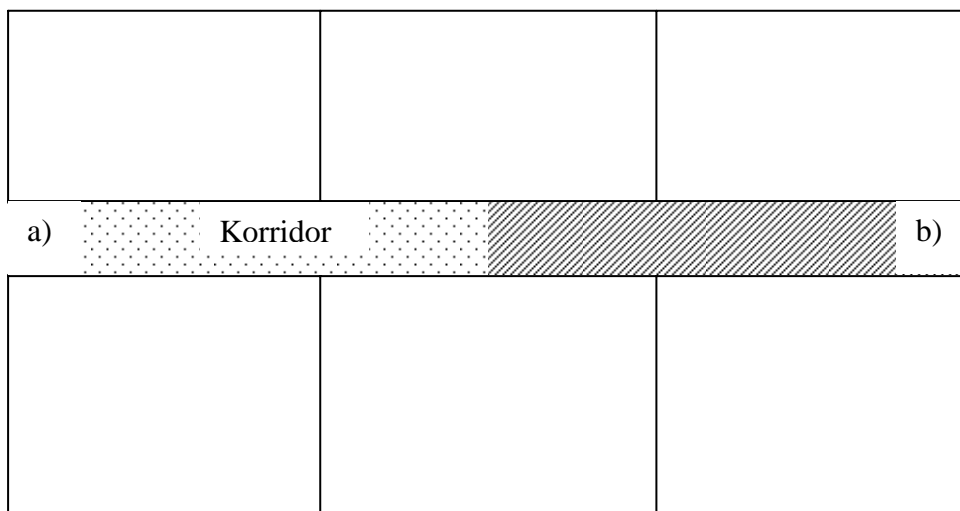


Figur 2b. Skiss av nedre plan, del 1.

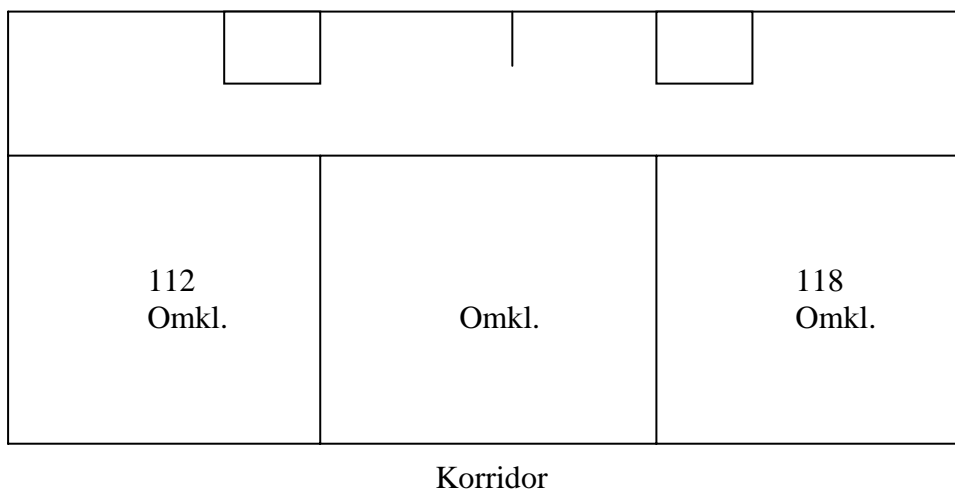
Del 1 består uteslutande av kontorsrum med korridor på övre plan. Nedre plan har snarlik planlösning med den skillnad att rum 132 och 133 i praktiken bildar ett gemensamt rum då det finns en stor öppning om 1.7x2.1m emellan. Rum 134 har också koppling till närliggande rum via en öppning i dörrstorlek (1.0x2.1m).

Del 2 utgörs på övre plan av kontorsrum med mellanliggande korridor vars golvsikt har testats i två utförande med avsikt på limning av golvgipsskivor.

På nedre plan återfinns tre stycken omklädningsrum. Mätningarna är gjorda från korridor del a) till rum 112 samt från korridor del b) till rum 118.



Figur 3a. Skiss av övre plan, del2.



Figur 3b. Skiss av nedre plan, del2.

Stegljudsisoleringen har uppmätts enligt utförande i SS-EN ISO 140-7 och utvärderats enligt SS-EN ISO 717-2.

Luftljudsisoleringen har uppmätts enligt utförande i SS-EN ISO 140-4 och utvärderats enligt SS-EN ISO 717-1.

Resultaten har bedömts enligt SS 02 52 68 (2) för kontor samt enligt SS 02 52 67 (3) för bostäder.

## Ljudkrav

Nedan redovisas gällande ljudkrav för olika ljudklasser beträffande stegljud (Tab. 1) och luftljudisolering (Tab. 2).

Tabell 1. Högsta tillåtna värden för standardisread stegljudsnivå,  $L'_{nT,w}$  i kontor, ej från utrymme med hög stegljudsbelastning.

	Klass A	Klass B	Klass C
Högsta tillåtna stegljudsnivå $L'_{nT,w}$ (dB)	68	-	-

Tabell 2. Lägsta tillåtna värden för vägt reduktionstal,  $R'_w$  i kontor från annat utrymme än korridor.

	Klass A	Klass B	Klass C
Lägsta tillåtna reduktionstal $R'_w$ (dB)	40	35	35

Det är också intressant att studera hur den aktuella konstruktionen klarar sig vid nyttjande för bostäder. Dessa krav redovisas i Tab. 3 och Tab. 4.

Anm: För hygienutrymme medräknas ej anpassningstermerna för låga frekvenser, dvs  $L'_{n,w}$  respektive  $R'_w$  blir dimensionerande. I övrigt gäller samma gränsvärden.

Tabell 3. Högsta tillåtna värden för vägd stegljudsnivå,  $L'_{n,w}$  och  $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ , i bostadsrum från lägenhet ovanför.

	Klass A	Klass B	Klass C
Högsta tillåtna stegljudsnivå $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ (dB)	48	52	56

Tabell 4. Lägsta tillåtna värden för vägt reduktionstal,  $R'_w + C_{50-3150}$ , i bostadsrum från lägenhet ovanför.

	Klass A	Klass B	Klass C
Lägsta tillåtna reduktionstal $R'_w$ och $R'_w + C_{50-3150}$ (dB)	61	57	53

## Resultat

Uppmätta stegljudsnivåer och reduktionstal sammanfattas i Tab. 5 med klassindelning för kontor och i Tab. 6 med klassindelning för bostäder.

Tabell 5. Uppmätta ljudnivåer, klassindelning för kontor.

Rum från-till	Konstruktion	$L'_{nT,w}$	Stegljud Klass	$R'_w$	Luftljud Klass
226-133	Std – Std	58	A	58	A
233-134	Std – Std	59	A	58	A
234-131	300mm boardremсор i st.f. golvboard (234) – Ingen takboard (131)	57	A	57	A
225-132	Vindduk i st.f. golvboard (225) – Ingen takboard	55	A	61	A
224-129	Golvgips (224) – Ingen takboard (129)	63	A	57	A
230-130	Std (230) – Ingen takboard. Dubbel Takgips (130)	52	A	62	A
204a-112	Golvgips, elastiskt lim (204a)	60	A		
204b-118	Golvgips, standardlim (204b)	55	A		

Tabell 6. Uppmätta ljudnivåer, klassindelning för bostäder.

Rum från-till	Konstruktion	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$	Stegljud Klass	$R'_w + C_{50-3150}$	Luftljud Klass
226-133	Std – Std	59	X	54	C
233-134	Std – Std	61	X	55	C
234-131	300mm boardremсор i st.f. golvboard (234) – Ingen takboard (131)	58	X	53	C
225-132	Vindduk i st.f. golvboard (225) – Ingen takboard	55	C	57	B
224-129	Golvgips (224) – Ingen takboard (129)	61	X	54	C
230-130	Std (230) – Ingen takboard. Dubbel Takgips (130)	54	C	59	B
204a-112	Golvgips, elastiskt lim (204a)	59	X		
204b-118	Golvgips, standardlim (204b)	55	C		

## Diskussion och slutsatser

### *Variation och mätfel*

Det är oftast vanskligt att dra säkra slutsatser från den här typen av mätningar. De olika testvarianterna mäts för *ett* enda mätobjekt. Eventuella skillnader blir då svårt att avgöra om de beror på den faktiska konstruktionsändringen eller om det är ett resultat av variation mellan nominellt identiska volymer, en variation som ibland kan vara stor. Lägg därtill att mätningar i sig innefattar en viss osäkerhet, i det här fallet ca +/- 1 dB. Vid varje tolkning av en jämförelse mellan två ljudmätningar på olika testvarianter är det alltså nödvändigt att vara medveten om att skillnader i resultat kan bero på:

1. Naturlig variation mellan nominellt identiska volymer
2. Osäkerhet kring själva mätningen
3. Förändrade ljudegenskaper p.g.a. faktiska ändringar i konstruktionen.

### *Ljudklassning*

Konstruktionen har inga problem att svara upp mot de ljudkrav som BBR ställer på kontorslokaler, ljudklass A nås i samtliga fall.

I det fall konstruktionen skulle bli påtänkt för bostäder är situationen en annan. I standardutförandet (rum 133-134) får luftljudsisoleringen godkänt – klass C, medan stegljudsnivån överskrider gällande minikrav. Gränsvärdet för klass C överskrids med 3-5 dB.

### *Generella tendenser*

Det är märkbart att området ca 200-800 Hz uppvisar sämre ljudisolering relativt den standardiserade referenskurvan. I standardutförande noteras också kraftig stegljudgenomgång kring 50 Hz. Samma tendens ses även för vissa andra testvarianter, t.ex. rum 112 och 130.

### *Testvarianter*

Resultaten från de olika testfallen är i några fall väntade medan de i flera fall är överraskande, vilket förbryllar.

Då både tak- och golvboard utesluts (132) förbättras stegljudet med 5dB och luftljudet med 2dB jämfört med standard. Resultatet är förväntat med tanke på att avdelande skikt normalt försämrar ljudegenskaperna. I analogi med detta borde även det liknande fallet (131) där 300mm golvboardsremсор ersätter de heltäckande d:o uppvisa förbättring vilket dock inte är fallet här. Enligt akustikteori, som alltså delvis bekräftas i mätningarna, är det rekommenderbart att undvika heltäckande boardskivor i mitten av konstruktionen.

Förbättring till följd av att använda golvgips (129) borde vara synbar men mätresultaten indikerar ingen skillnad emot standard. Däremot är skillnaden tydlig, över förväntan, om i stället en extra takgipsskiva monteras. 6 resp. 4 dB förbättring erhöles då för steg- respektive luftljud.

Jämförelsen av traditionellt lim för golvgips kontra elastiskt d:o är också en materialförändring som gav ett resultat motsatt det förväntade eftersom standardlimmet uppvisar 4 dB *bättre* stegljudsvärde än det elastiska. Tidigare genomförda tester inom projektet har gett lägre stegljudsnivåer med elastiskt lim.

Konkreta slutsatser från de olika testfallen är svåra att dra p.g.a. av att variationerna mellan nominellt lika rum och volymer tycks vara stora. För säkrare resultat är laborationstester, som kan genomföras med betydligt större kontroll, att föredra.

## Bilagor

Protokoll av samtliga utförda ljudmätningar.



# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

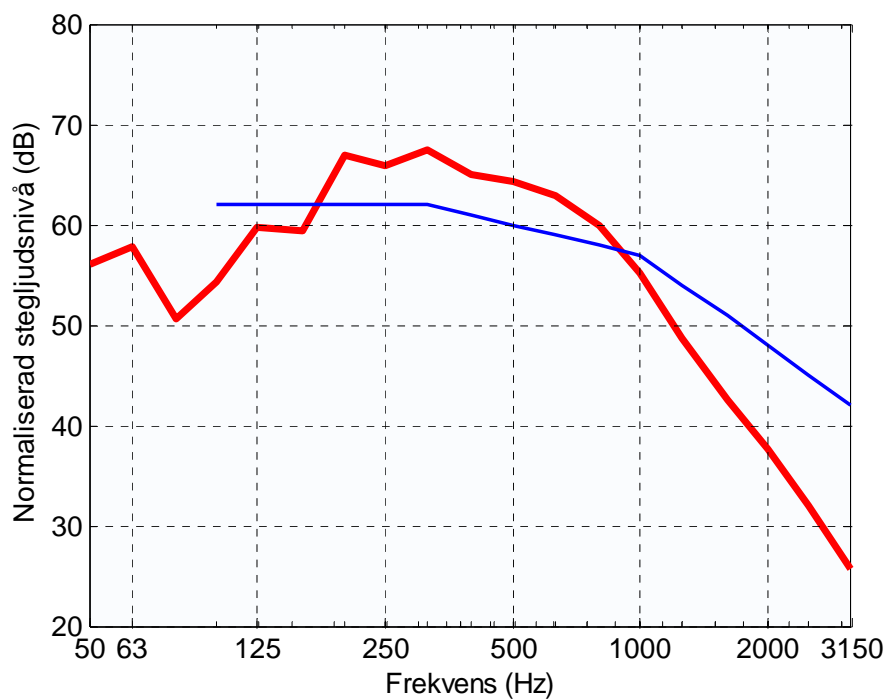
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-11  
Volym, mottagarrum: 31 (44) m<sup>3</sup>  
Anm: Rum 112 (elastiskt golvgipslim)

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	56,1
63	57,8
80	50,7
100	54,4
125	59,8
160	59,4
200	66,9
250	65,9
315	67,5
400	65,0
500	64,3
630	62,8
800	59,9
1000	55,2
1250	48,7
1600	42,6
2000	37,7
2500	32,0
3150	25,7



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 60\text{dB}$

$C_{i,50-2500} = -1$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 59\text{dB}$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23

Sign

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

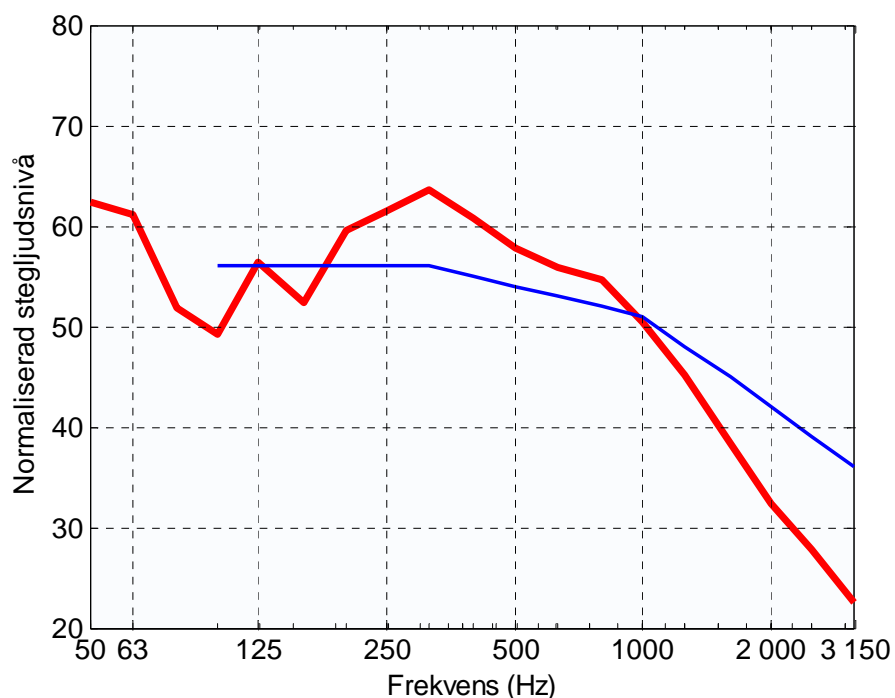
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-11  
Volym, mottagarrum: 31 (44) m<sup>3</sup>  
Anm: Rum 118 (std golvgipslim)

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	62,4
63	61,1
80	51,8
100	49,2
125	56,4
160	52,4
200	59,5
250	61,4
315	63,5
400	60,7
500	57,8
630	55,8
800	54,7
1000	50,4
1250	45,2
1600	38,4
2000	32,3
2500	27,7
3150	22,5



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 54$  dB

$C_{i,50-2500} = 1$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 55$  dB

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

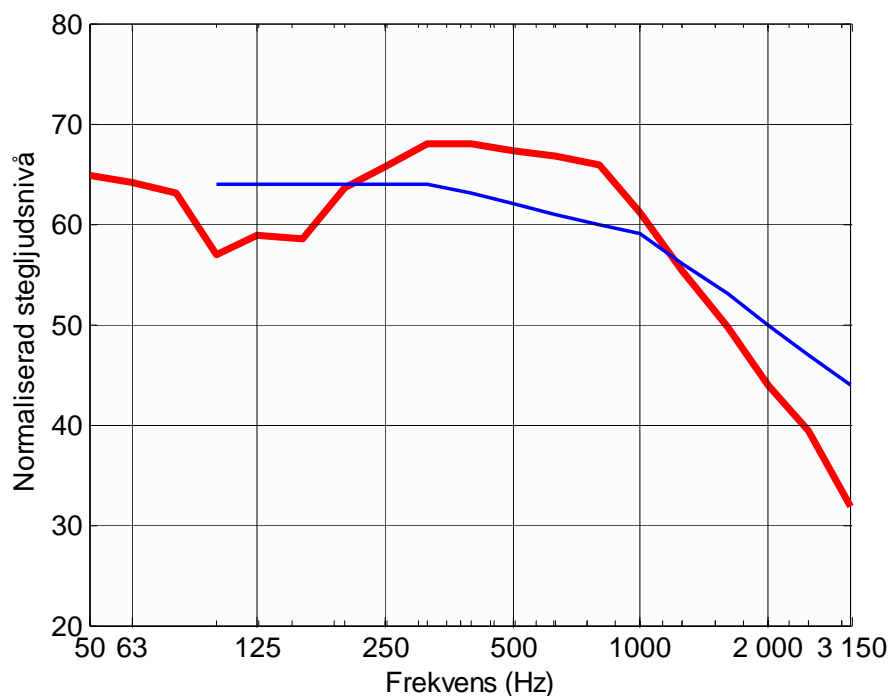
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-11  
Volym, mottagarrum: 28 m<sup>3</sup>  
Anm: Rum 129 (+Golvgips -Takboard)

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	64,9
63	64,0
80	63,0
100	57,0
125	58,8
160	58,4
200	63,5
250	65,7
315	67,9
400	68,0
500	67,2
630	66,8
800	65,9
1000	61,1
1250	55,3
1600	49,7
2000	44,0
2500	39,4
3150	31,9



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 62 \text{ dB}$                        $C_{i,50-2500} = -1$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 61 \text{ dB}$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23

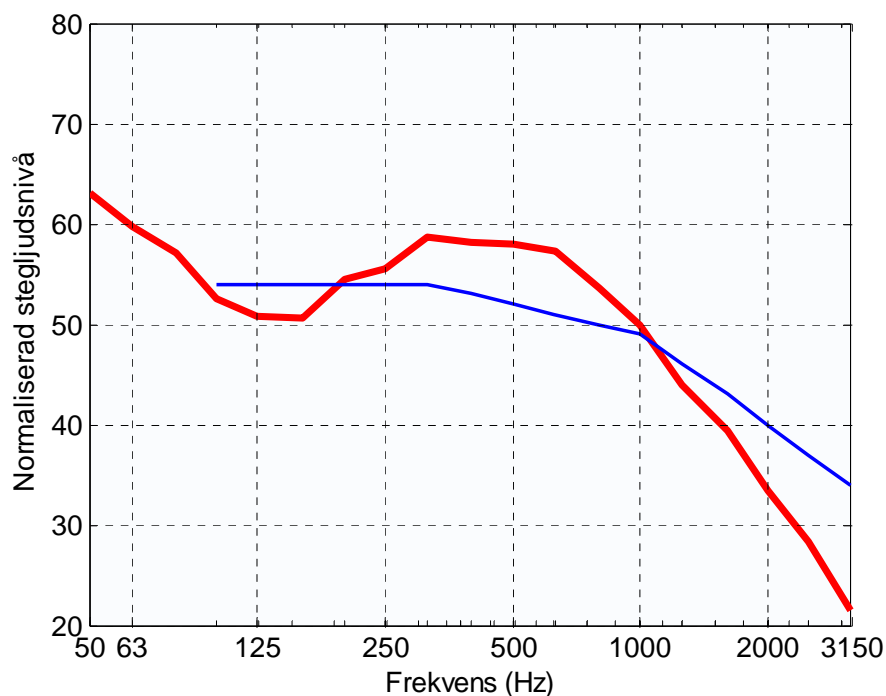
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Fältmätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-11  
Volym, mottagarrum: 31 (36) m<sup>3</sup>  
Anm: Rum 130 (+Takgips -Takboard)

F (Hz)	L'n (dB)
50	63,1
63	59,7
80	57,0
100	52,6
125	50,7
160	50,7
200	54,5
250	55,6
315	58,7
400	58,1
500	58,0
630	57,4
800	53,7
1000	50,0
1250	44,0
1600	39,3
2000	33,5
2500	28,4
3150	21,5



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L'_{n,w} = 52 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 54 \text{ dB}$$

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

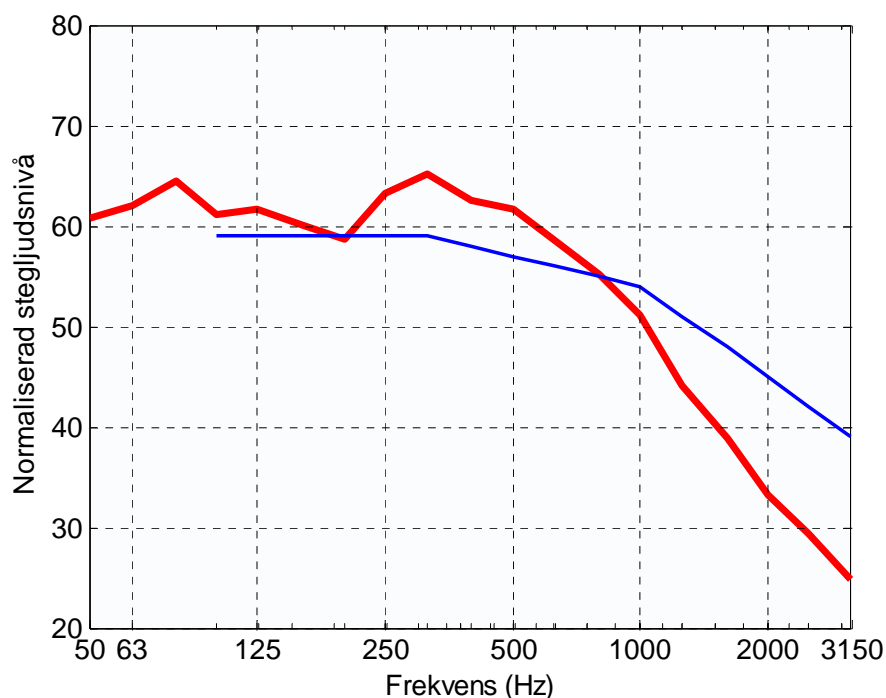
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-11  
Volym, mottagarrum: 31 (36) m<sup>3</sup>  
Anm: Rum 131 (+300mm golvboardremсор –Golvboard –Takboard)

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	60,9
63	62,1
80	64,4
100	61,1
125	61,7
160	60,0
200	58,7
250	63,3
315	65,1
400	62,5
500	61,7
630	58,6
800	55,5
1000	51,1
1250	44,1
1600	38,8
2000	33,2
2500	29,4
3150	24,9



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 57$  dB                       $C_{i,50-2500} = 1$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 58$  dB

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

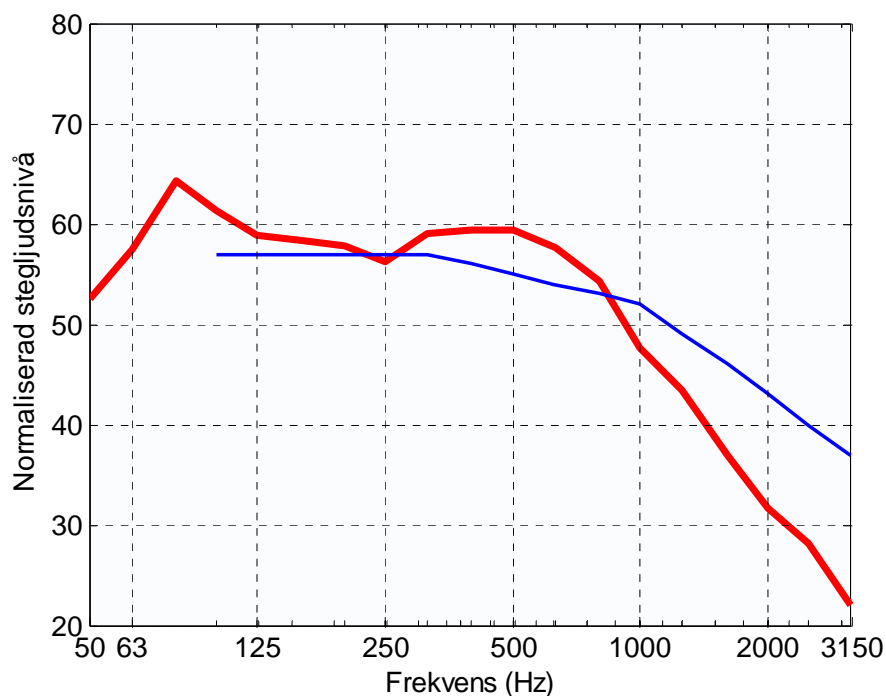
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-11  
Volym, mottagarrum: 31 (56) m<sup>3</sup>  
Anm: Rum 132 (+Vindduk -Golvboard -Takboard)

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	52,6
63	57,5
80	64,3
100	61,3
125	58,9
160	58,3
200	57,7
250	56,1
315	59,1
400	59,3
500	59,4
630	57,7
800	54,3
1000	47,7
1250	43,4
1600	37,0
2000	31,6
2500	28,1
3150	22,0



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 55 \text{ dB}$                        $C_{i,50-2500} = 0$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 55 \text{ dB}$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

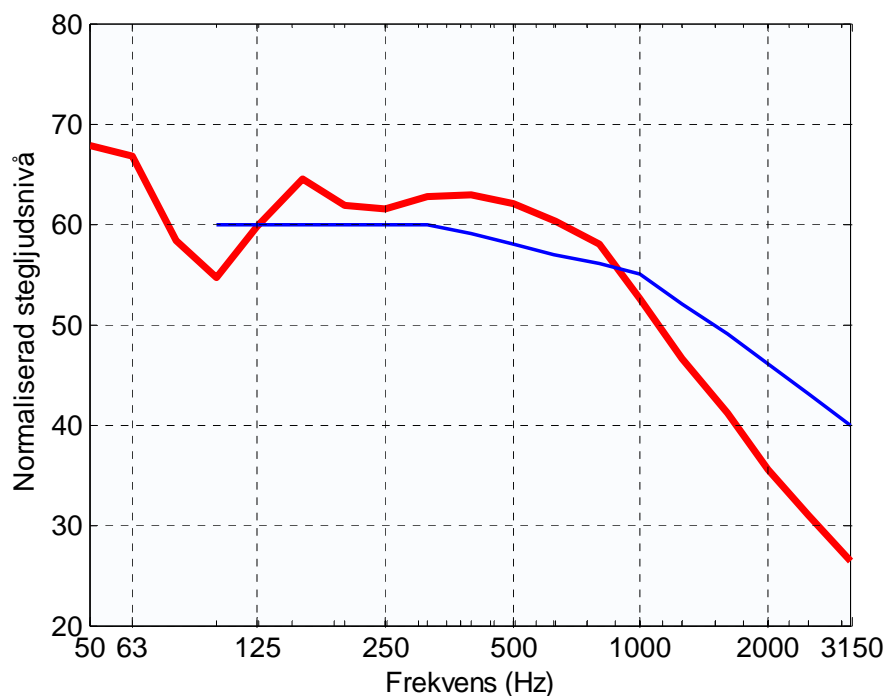
## Fältmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-11  
Volym, mottagarrum: 31 (56) m<sup>3</sup>  
Anm: Rum 133 (Std)

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	67,8
63	66,7
80	58,3
100	54,7
125	59,8
160	64,4
200	61,8
250	61,4
315	62,8
400	62,9
500	62,1
630	60,3
800	58,1
1000	52,5
1250	46,5
1600	41,1
2000	35,5
2500	31,0
3150	26,4



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L'_{n,w} = 58 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 1$$

$$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 59 \text{ dB}$$

---

Testrapport: lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23

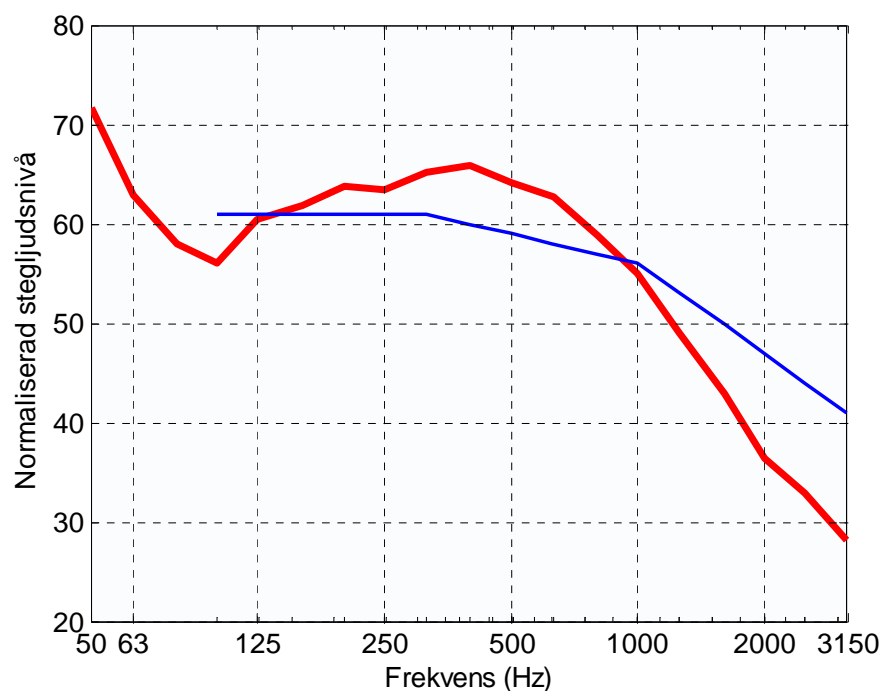
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Fältmätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-11  
Volym, mottagarum: 31 (36) m<sup>3</sup>  
Anm: Rum 134 (Std)

F (Hz)	L'n (dB)
50	71,7
63	62,9
80	58,0
100	56,0
125	60,5
160	61,8
200	63,8
250	63,5
315	65,2
400	65,9
500	64,1
630	62,8
800	58,8
1000	54,9
1250	49,0
1600	42,9
2000	36,4
2500	32,8
3150	28,2



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L'_{n,w} = 59$  dB  $C_{i,50-2500} = 2$

$L'_{n,w} + C_{i,50-2500} = 61$  dB

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23

Sign:



# Reduktionstal enligt ISO 140-4

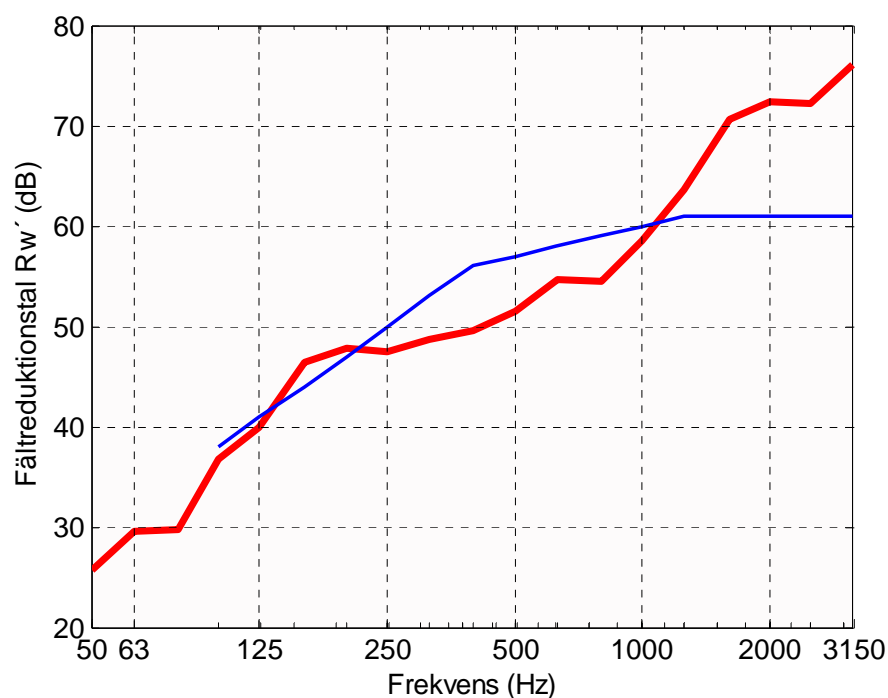
## Fältmätning av luftjudsisolering

---

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-10  
Skiljearea: 10.4 m<sup>2</sup>  
Anm: Rum 129 (fr 224) (+Golvgips -Takboard)

---

F (Hz)	R' (dB)
50	25,7
63	29,6
80	29,7
100	36,7
125	39,9
160	46,3
200	47,7
250	47,5
315	48,7
400	49,5
500	51,6
630	54,7
800	54,5
1000	58,5
1250	63,6
1600	70,6
2000	72,4
2500	72,2
3150	76,0



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w =$  57 dB  $C_{50-3150} = -3$

$R'_w + C_{50-3150} =$  54 dB

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

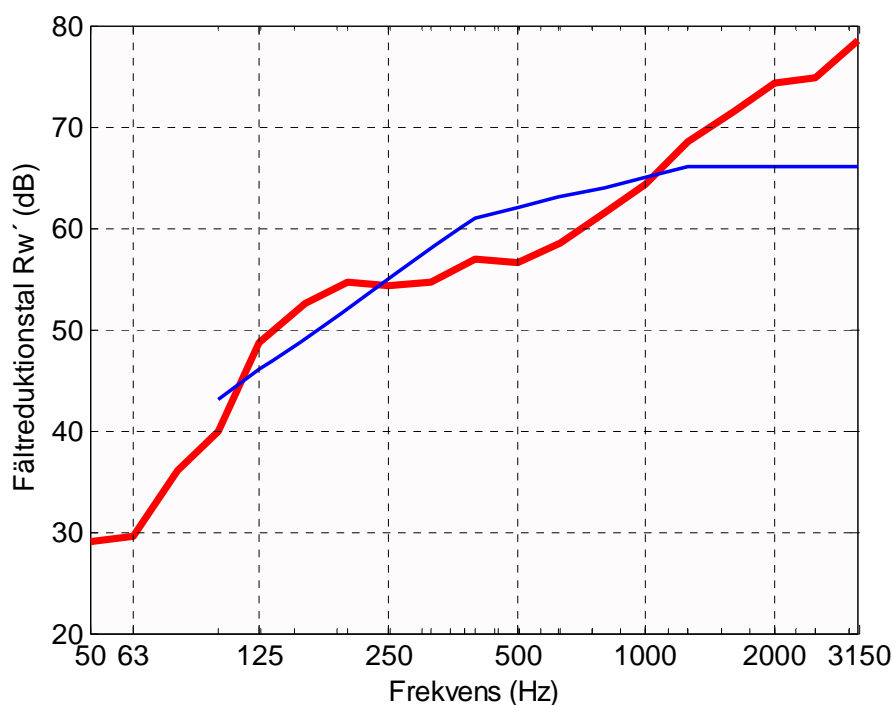
## Fältmätning av luftjudsisolering

---

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-10  
Skiljearea: 13.2 m<sup>2</sup>  
Anm: Rum 130 (fr 230) (+Takgips -Takboard)

---

F (Hz)	R' (dB)
50	29,0
63	29,6
80	36,0
100	39,9
125	48,7
160	52,5
200	54,7
250	54,3
315	54,7
400	56,9
500	56,6
630	58,4
800	61,4
1000	64,2
1250	68,6
1600	71,5
2000	74,3
2500	74,8
3150	78,5



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 62 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -3$

$R'_w + C_{50-3150} = 59 \text{ dB}$

---

Testrapport: lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23                      Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

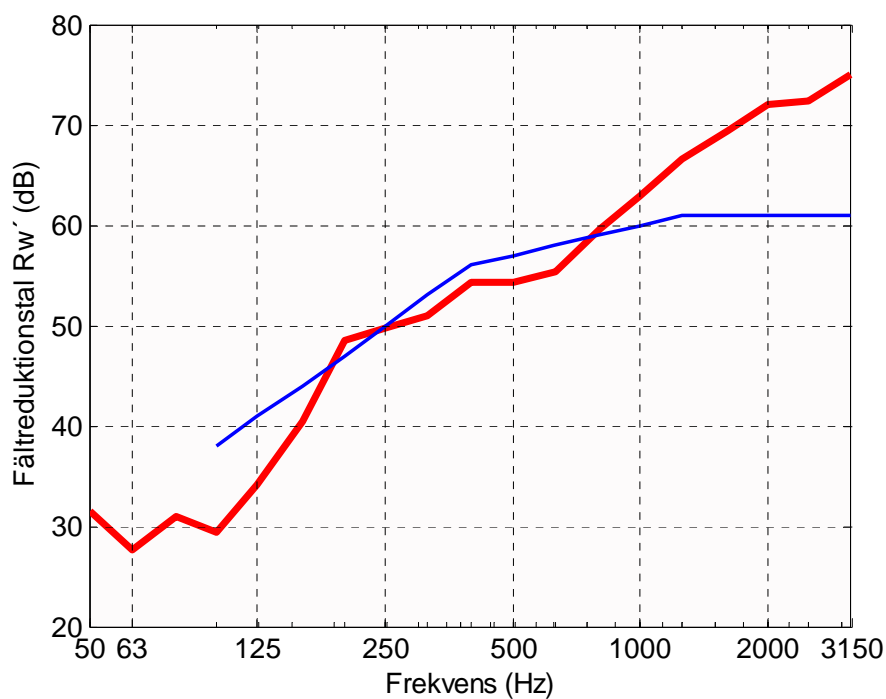
## Fältmätning av luftjudsisolering

---

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-10  
Skiljearea: 13.2 m<sup>2</sup>  
Anm: Rum 131 (fr 234)  
(+300mm golvboardremsor Golvboard –Takboard)

---

F (Hz)	R' (dB)
50	31,5
63	27,6
80	31,0
100	29,4
125	34,1
160	40,4
200	48,5
250	49,7
315	51,0
400	54,3
500	54,3
630	55,4
800	59,6
1000	62,9
1250	66,5
1600	69,4
2000	71,9
2500	72,5
3150	75,1



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_{w} = 57$  dB                       $C_{50-3150} = -4$   
 $R'_{w} + C_{50-3150} = 53$  dB

---

Testrapport: lab.: Luleå tekniska universitet  
Datum: 2008-01-23                      Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

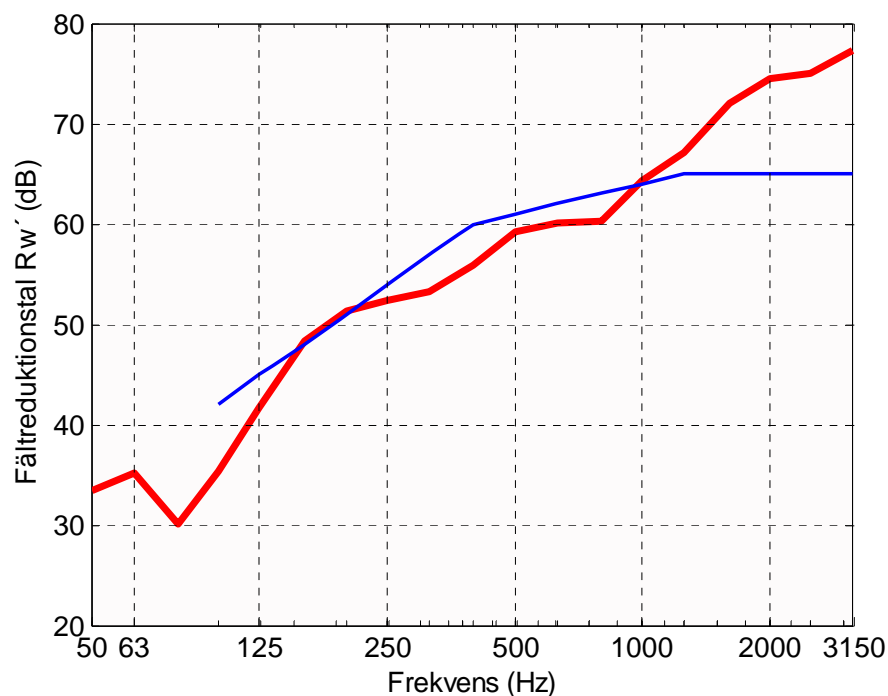
## Fältmätning av luftjudsisolering

---

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-10  
Skiljearea: 10.4 m<sup>2</sup>  
Anm: Rum 132 (fr 225) (+Vindduk -Golvboard -Takboard)

---

F (Hz)	R' (dB)
50	33,5
63	35,1
80	30,1
100	35,4
125	41,7
160	48,2
200	51,3
250	52,3
315	53,2
400	56,0
500	59,2
630	60,2
800	60,3
1000	64,3
1250	67,2
1600	72,0
2000	74,5
2500	75,0
3150	77,2



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w =$  61 dB  $C_{50-3150} = -4$

$R'_w + C_{50-3150} =$  57 dB

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

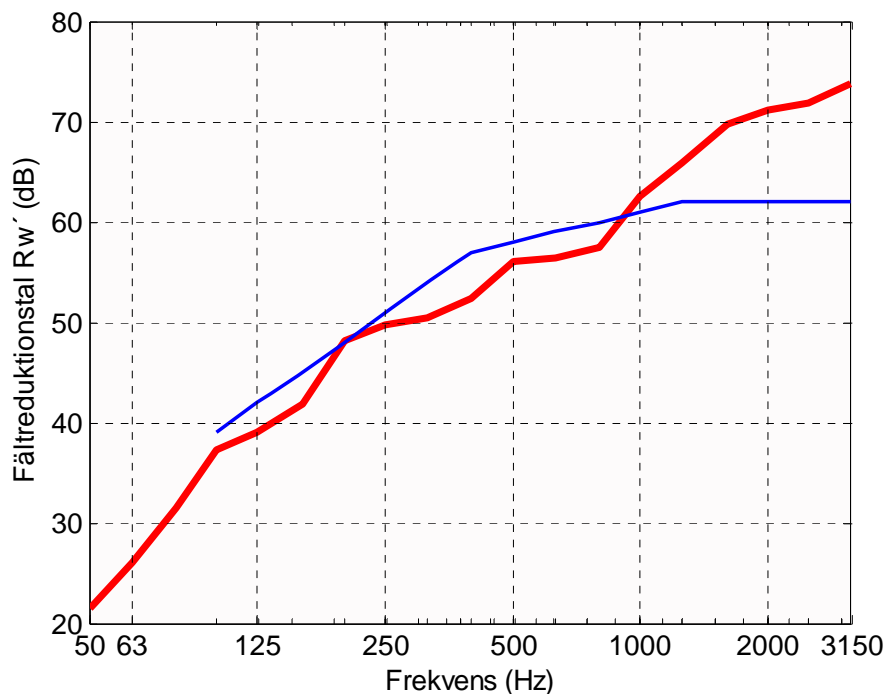
## Fältmätning av luftjudsisolering

---

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-10  
Skiljearea: 10.4 m<sup>2</sup>  
Anm: Rum 133 (fr 226) (Std)

---

F (Hz)	R' (dB)
50	21,5
63	26,0
80	31,5
100	37,2
125	39,0
160	41,8
200	48,1
250	49,7
315	50,4
400	52,4
500	56,0
630	56,4
800	57,5
1000	62,6
1250	66,0
1600	69,7
2000	71,2
2500	71,9
3150	73,7



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 58$  dB                       $C_{50-3150} = -4$

$R'_w + C_{50-3150} = 54$  dB

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

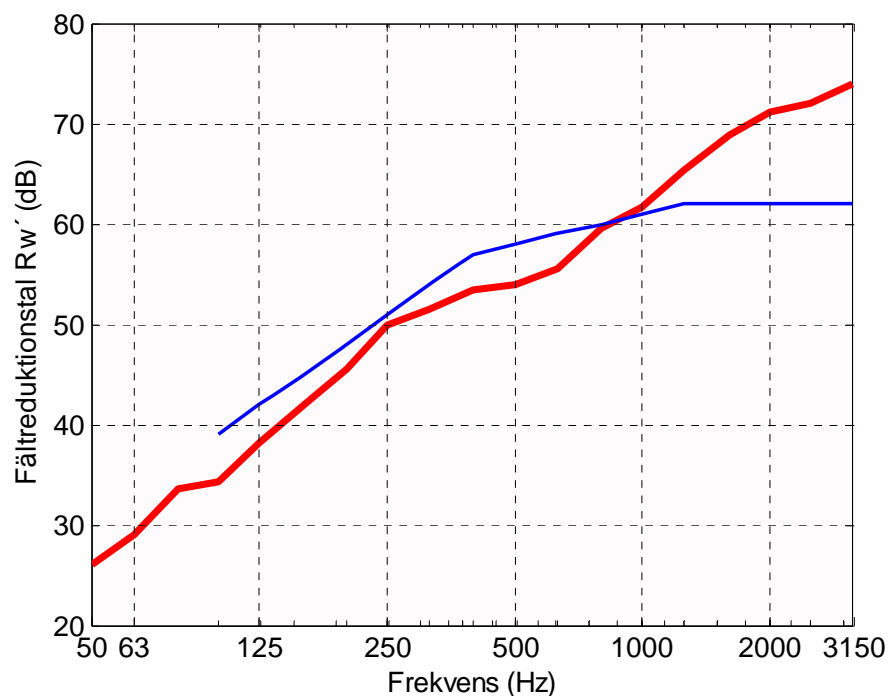
## Fältmätning av luftjudsisolering

---

Mätobjekt: Banverket Göteborg, Norvag Byggsystem  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007-11-10  
Skiljearea: 13.2 m<sup>2</sup>  
Anm: Rum 134 (fr 233) (Std)

---

F (Hz)	R' (dB)
50	26,1
63	29,1
80	33,6
100	34,3
125	38,1
160	42,1
200	45,5
250	49,9
315	51,4
400	53,4
500	53,9
630	55,5
800	59,5
1000	61,7
1250	65,4
1600	68,8
2000	71,1
2500	72,1
3150	74,0



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 58$  dB                       $C_{50-3150} = -3$

$R'_w + C_{50-3150} = 55$  dB

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2008-01-23

Sign:



## **ARBETSRAPPORT Nr 5**

Stegljudsmätningar  
Lindbäcks Bygg's bjälklag  
LTU's laboratorium

Ingår i TräCetrum Norr:s projekt:  
*Förbättrad ljudisolering i  
modulbyggda konstruktioner*

2008-02-12  
Fredrik Ljunggren  
Avd. för ljud och vibrationer  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
Tel: 0920-491286, 073-0286531  
Fax: 0920-491030  
E-post: fredrik.ljunggren@ltu.se

## Sammanfattning

Rapporten omfattar stegljudmätningar genomförda i lab. på LTU. Objektet är Lindbäcks Bygg's standardbjälklag som har testats med olika modifieringar. Totalt har 14 varianter med konstruktionsändringar b.l.a. i form av olika gipsfabrikat, monteringsätt av gipsskivor, isoleringens densitet, avstånd golv-tak och flytande golv undersökts.

Det kunde konstateras att flertalet ändring endast marginellt påverkade stegljudsnivån sammanfattningsvärde  $L_{n,w}+C_{I,50-2500}$ . Mest påtagligt var att elastiskt lim till golvgipsen gav 2 dB förbättring, att flytande golv gav påtaglig förbättring – upp till 6 dB, samt att heltäckande plywoodskivor som isolerbärare under golvbjälkar i stället för remsor gav 4 dB försämring.

Jämförande mätningar i fält visar på 6-7 dB högre stegljud vilket indikerar att mycket ljud sprids via flankerna.



## Förutsättningar

Rapporten redovisar resultat av stegljudsmätningar utförda i Luleå tekniska universitets laborationslokaler, juni-juli 2007. Testobjekt har varit Lindsbäcks Bygg:s bjälklag i olika varianter.

## Syfte

Mätningarnas syfte är framförallt att under kontrollerade former få fram pålitliga mätresultat hur små konstruktionsändringar påverkar direktljudet vid standardiserade stegljudsmätningar. Ett annat syfte är att jämföra erhållna lab.resultat med resultat uppnådda i fält och därigenom få en indikation på flanktransmissionens storlek.

## Genomförande

Ljudmätningar har gjorts i vertikalled, men en bjälklagsarea av  $3.0 \times 3.6 \text{ m}^2$ , i enlighet med SS-EN ISO 140-6. Resultaten har utvärderats enligt SS-EN ISO 717-2.

Det testade bjälklaget är två-delat, d.v.s. med separata golv- och taksektioner. Till testerna har använts tre olika golvstommar; G1, G2 och G3 samt två olika takstommar; T1 och T2.

## Testvarianter

Bjälklaget har testats i totalt 14 olika varianter. Därtill har en upprepning av test med bjälklag i standardutförande gjorts vilket innebär totalt 15 stegljudsmätningar. I de fall limning har genomförts vid skiftning mellan testvarianter har mins 1-2 dygn förflutit fram till mätning. Testvarianterna presenteras i Tab. 1 i den ordning som mätningarna genomfördes.

Tabell 1. Testvarianter.

Fall	Golv	Tak	Beskrivning
A	G1	T1	Standard, men 75mm avstånd mellan tak och golv i st. för 60mm
B	G1	T1	Som Ref. men med Gyproc:s golvgips samt utan limning mellan gips- och spånskiva, enbart skruvning
C	G1	T1	Som Ref (Dano golvgips), enbart skruvning av golvgips
D	G1	T1	REFERENS
E	G1	T1	Plywoodflänsar i underkant bjälkar ersätts med heltäckande plywoodskivor
F	G1	T1	20 % hålsågning av plywoodskivor (84 st á Ø190)
G	G1	T1	40% hålsågning av plywoodskivor (168 st)
H	G1	T2	Som Ref men med hårdare gips i tak
J	G1	T1	Som Ref men med tyngre isolering i golv och tak
K	G1	T1	REFERENS, upprepning
L	G1	T1	Dubbel golvgips
M	G2	T1	Som Ref men golvgips monterad med Gyprocs:s lim G46, ej skruvning
N	G3	T1	Flytande golv, konstruktion ovan bjälkar: 18 Paroc stegljudsskiva, 19 spånskiva, 13 golvgips
P	G3	T1	Flytande golv, som N men med extra 22 spånskiva

			mellan golvbjälkar och segljuddskiva
Q	G3	T1	Som Ref men golvgips monterad med Essve:s elastiska lim Ultrafix

## Resultat och analys

Uppmätta stegljudsnivåer sammanfattas i Tab. 2.

Tabell 2. Stegljudsnivåer.

Fall	Beskrivning	$L_{n,w}$	$C_{1,50-2500}$	$L_{n,w} + C_{1,50-2500}$
A	75mm fritt avstånd	44	2	46
B	Gyproc, skruvad	44	2	46
C	Dano, skruvad	44	2	46
D	REFERENS	46	1	47
E	Heltäckande plywood	46	4	50
F	Plywood med 20% hål	46	2	48
G	Plywood med 40% hål	46	1	47
H	Hård taggips	46	2	48
J	Tung isolering	46	2	48
K	REFERENS, upprepning	45	2	47
L	Dubbel golvgips	43	3	46
M	Lim G46	43	2	45
N	Flytande golv	40	3	43
P	Flytande golv med extra spånskiva	39	2	41
Q	Lim Ultrafix	43	2	45

### Golvgips

Sex testvarianter: D) Referens – Dano, skruvlimning, C) Dano, skruvad, B) Gyproc, skruvad, M) Dano, lim G46, Q) Dano, lim Ultrafix och L) Dano, dubbla skivor, skruvlimning.

Dano och Gyproc gav likvärdiga resultat även om det finns antydningar till något bättre lågfrekvenssegenskaper hos Gyproc's skiva, Fig 1.

1 dB skillnad till fördel av att enbart använda skruv (B,C) jämfört med skruvlimmat (D) noterades. Skillnaden uppträder framförallt för frekvenser >300Hz.

Det fanns en klar effekt av att använda ett mer elastiskt lim, både Gyproc G46 (M) och Essve Ultrafix (Q) gav 2 dB lägre stegljudsnivå. G46 ger störst förbättring vid låga <160Hz och Ultrafix vid högre frekvenser >160Hz, Fig. 2. Vid testtillfället gavs limmerna tillfällen att härda 1-2 dygn. Det är däremot svårt att säga något om långtidseffekterna.

Ytterligare ett lager golvgips (L) gav en sänkning om 1 dB vilket är mindre än vad som mätts upp tidigare inom projektet under mer fältlika förhållanden. Dubbelgipslösningen ger lägre stegljud för alla frekvenser >100 Hz men att resultatet "förstörs" något av en topp vid 80 Hz, Fig 3.

### Isolering

Standard 95mm stenull i golvdelen och 120mm mineralull i takdelen byts ut mot en tung markskiva med densitet ca 140kg/m<sup>3</sup> i motsvarande tjocklekar (J). Stegljudsnivån ökade med 1 dB till följd av sämre värden mellan 200-250 Hz, Fig. 4.

### *Takgips*

Hårdare och tyngre (DH13 12kg/m<sup>2</sup>) gipsskivor än standard (DN13 9kg/m<sup>2</sup>) monterades i taket, bägge skivlagren (H). Ingen förbättring utan stegljudet ökade med 1 dB, Fig. 4.

### *Plywood*

Här testades heltäckande plywoodskivor (E), d:o hålsågade med 20% öppningsarea (F) samt d:o med 40% hålsågning vilket svarar mot samma öppningsarea som i referensfallet (D). Stegljudsnivån blev successivt bättre med ökande öppningsarea. Heltäckande skivor gav 4dB försämring medan motsvarande för 20% hålsågning var 1 dB. 40% hålsågning uppvisade ingen skillnad mot referens.

En rimlig förklaring är att betrakta den s.k. dubbelväggsresonansen för bjälklaget. Med standardlösningen ligger denna kring 30 Hz men då kaviteten begränsas av det genomgående plywoodskiktet ökar resonansfrekvensen (-erna) till ca 50-60 Hz. I Fig. 5 syns det också att det är just vid dessa låga frekvenser som skillnaden återfinns medan kurvorna är hart när identiska från 100 Hz och däröver.

### *Ökad distans mellan golv och tak*

Att öka det fria avståndet mellan golv- och takdel från 60 till 75mm resulterade inte i någon påverkan av stegljudets sammanfattningsvärde, Fig. 6.

### *Flytande golv*

Flytande golv ledde till signifikant lägre stegljudsnivåer, 4 dB i det enklare fallet (N) och 6 dB i kombination med extra spånskiva (P), se Fig 7.

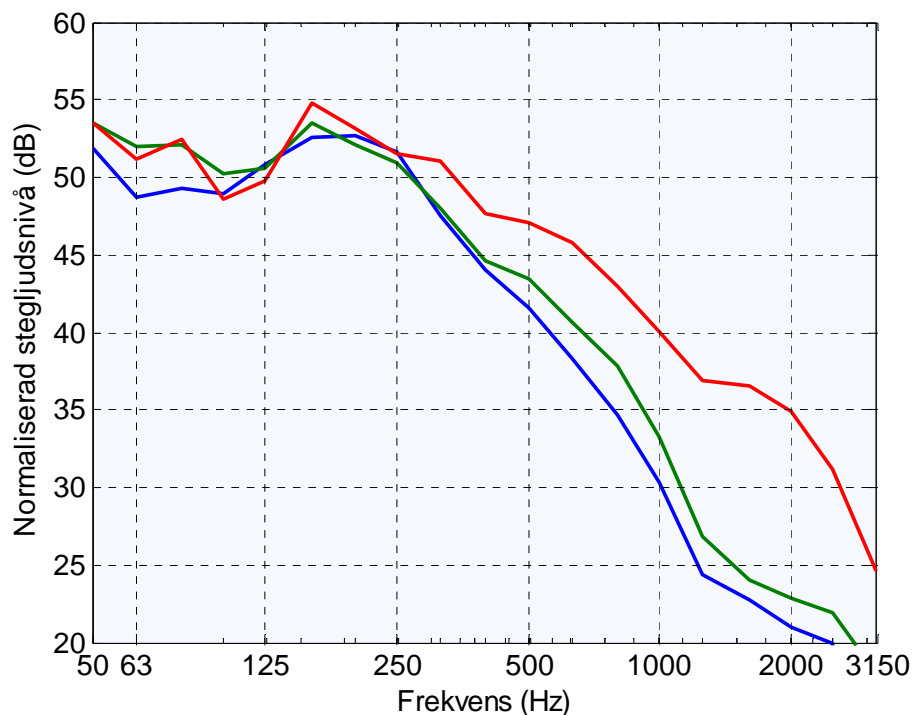
Det finns dock nackdelar; fördyrad konstruktion, problem med permanenta deformationer till följd av tunga möbler samt därmed också risk för att den förbättrande effekten inte är beständig i tiden p.g.a. försämrade fjädringsegenskaper.

### *Stegljud till följd av flanktransmission*

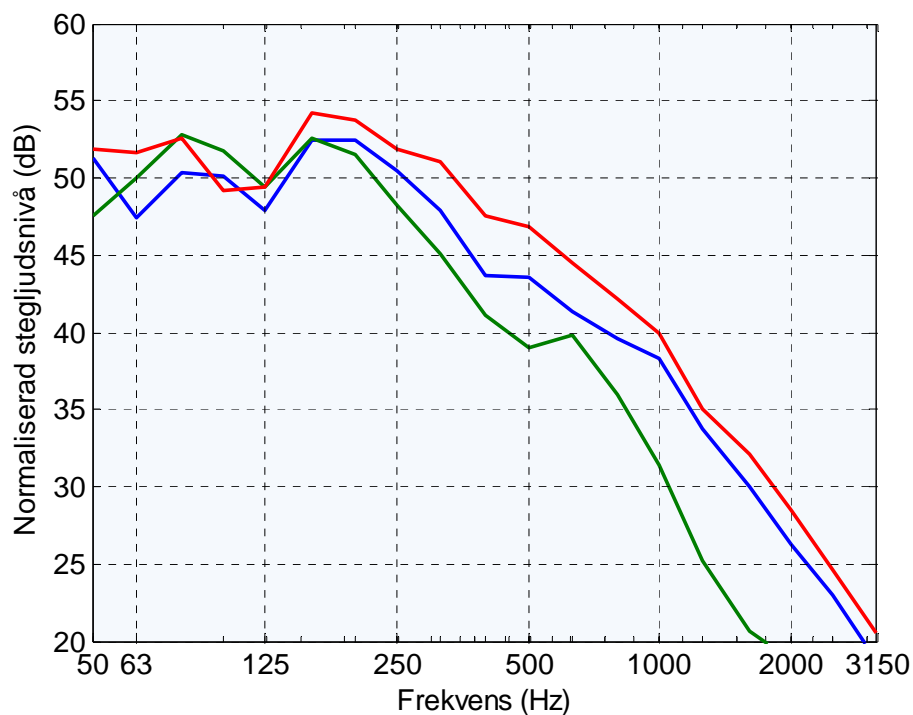
En indikation på flanktransmissionens storlek kan då fås genom att jämföra resultaten i fält med de som är uppnådda i lab. eftersom fältmätningar inkluderar både direkt- och flanktransmissionsljud medan laboriemätningarna (i allt väsentligt) enbart innehåller direktljud. Stegljudsnivåerna i fält är generellt 6-7 dB högre. Den kompletta byggnaden lider alltså av betydande flanktransmission.

## **Slutsatser**

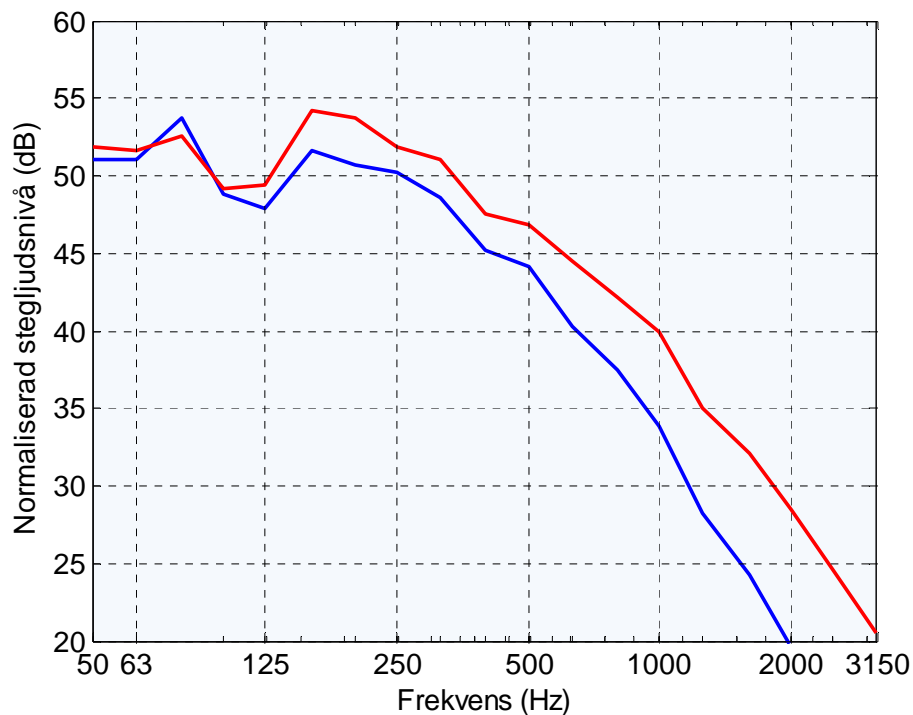
- Fabrikat på golvgips (Dano/Gyproc) påverkar ej
- Hålsågade plywoodskivor (40%, motsvarande standardutförande) påverkar ej stegljud men kan ha en positivt effekt för hållfasthet/stabilitet
- Varken hård takgips eller tyngre isolering påverkar
- Dubbel golvgips innebär 1 dB förbättring mot tidigare 3-4 dB på kompletta moduler
- Bägge alternativa limtyperna förbättrar stegljudsisoleringen (2 dB)
- Flytande golv kan påtagligt sänka stegljudsnivån (upp till 6 dB)
- Konstruktionen ger vid lab.mätningar 6-7 dB lägre stegljud jämfört med fältmätningar vilket indikerar att flanktransmissionen är betydande.



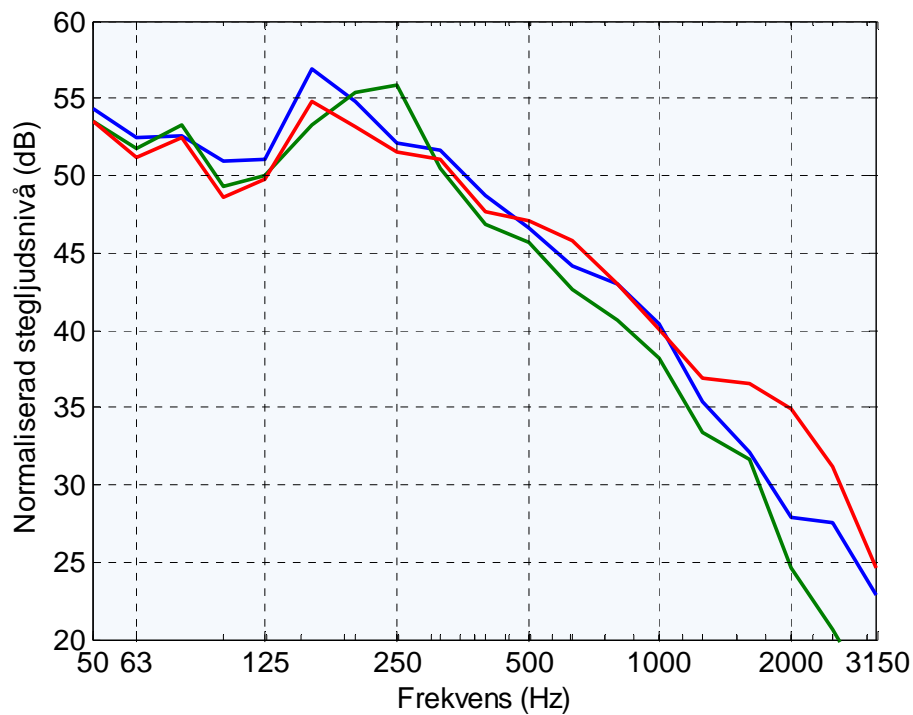
Figur 1. Stegljudsnivå; Referens(D), Danogips, enbart skruv (C) samt Gyproc golv-gips, enbart skruv (B).



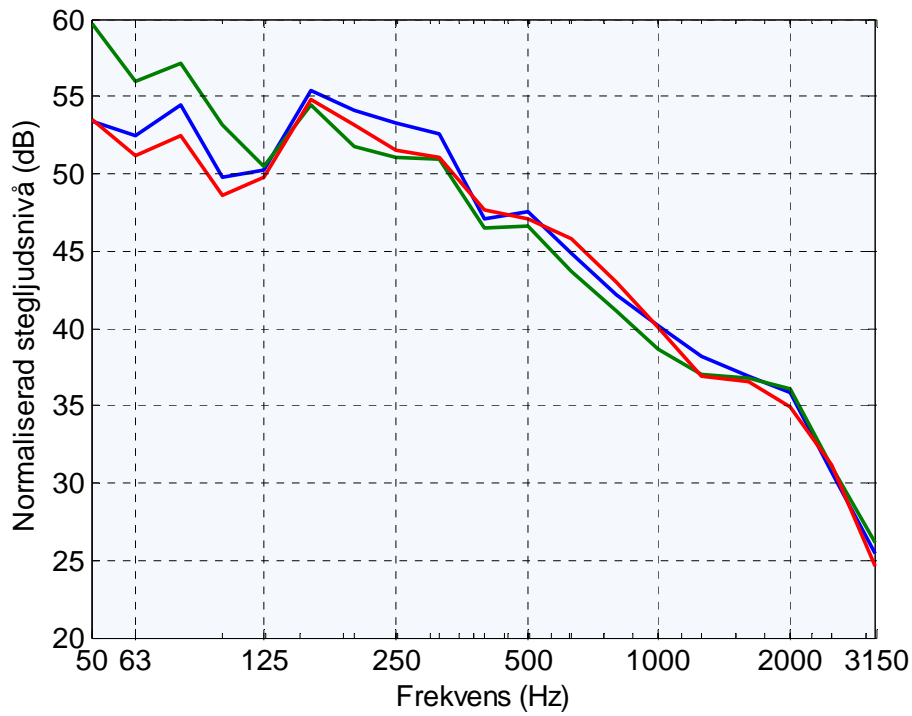
Figur 2. Stegljudsnivå; Referens(K), Skivlim Ultrafix (Q) samt Skivlim G46 (M).



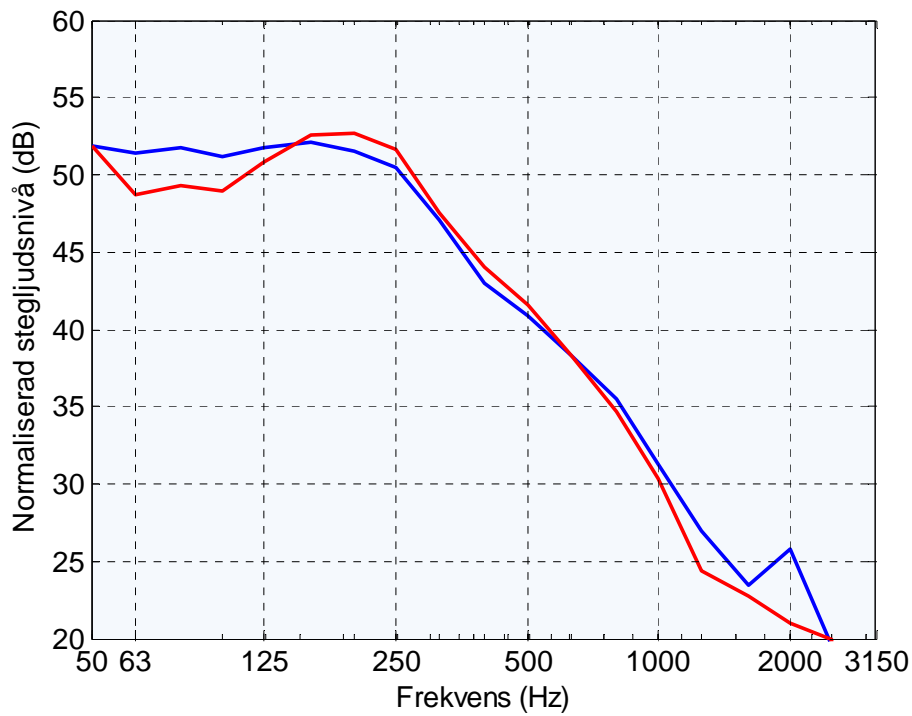
Figur 3. Stegljudsnivå; *Referens(K)* och *Dubbla golvqipsskivor(L)*.



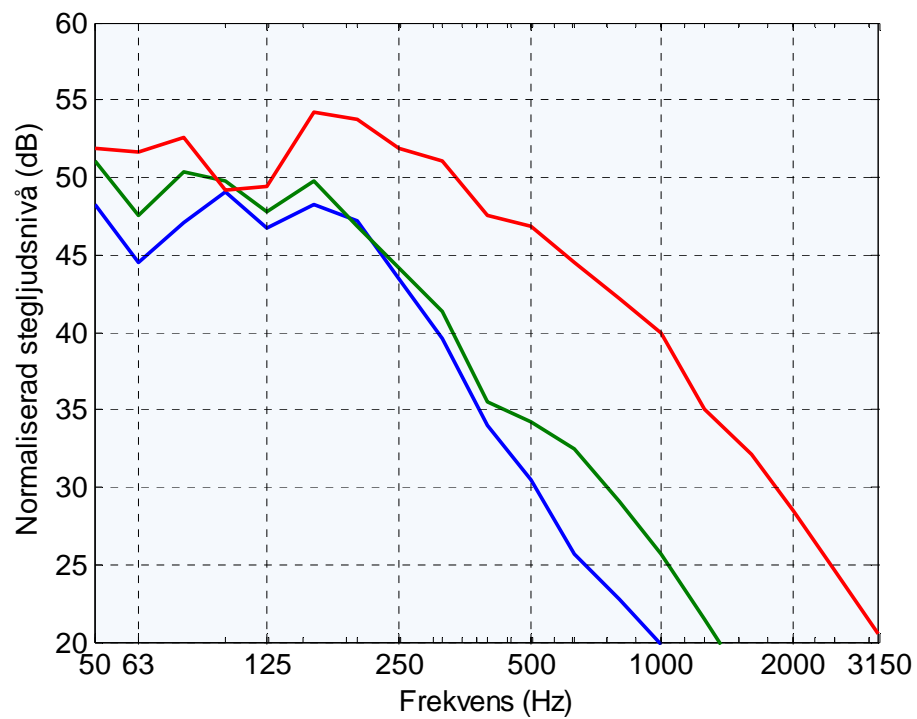
Figur 4. Stegljudsnivå; *Referens(D)*, *Tyngre isolering (J)* och *Hårdare taggips (H)*.



Figur 5. Stegljudsnivå; *Referens (D)*, *Heltäckande plywood (E)* och *Hålsågad plywood 20% (F)*.



Figur 6. Stegljudsnivå; *Referens (K)* och *Ökat avstånd mellan golv och takskiva (A)*.



Figur 7. Stegljudsnivå; *Referens(K)*, *Flytande golv 1 (N)* samt *Flytande golv 2 (P)*.

## Bilagor

Protokoll av samtliga utförda ljudmätningar.

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

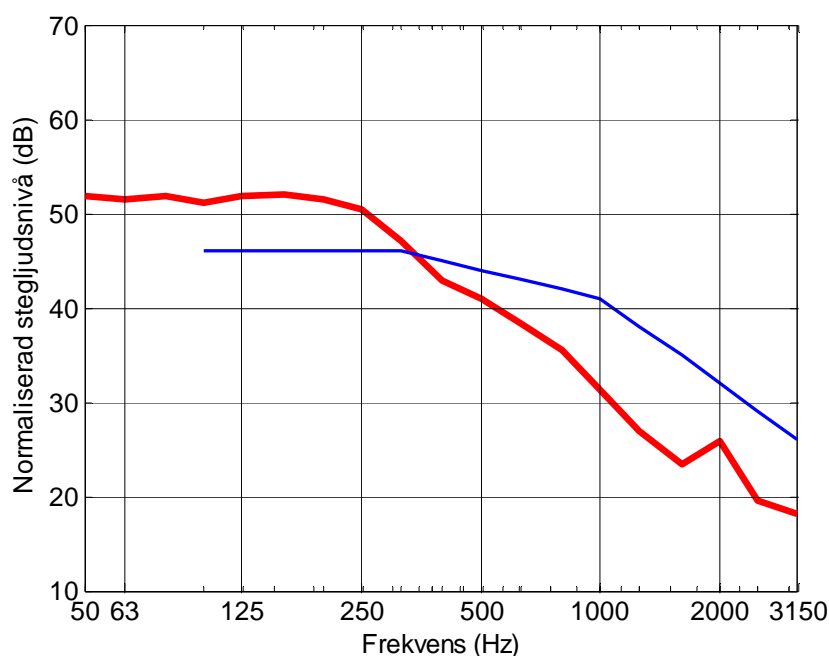
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, A  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: 75mm fritt avstånd

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	51.9
63	51.5
80	51.8
100	51.2
125	51.8
160	52.1
200	51.5
250	50.5
315	47.1
400	43.0
500	40.9
630	38.3
800	35.5
1000	31.3
1250	27.0
1600	23.4
2000	25.8
2500	19.6
3150	18.2



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 44 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 46 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:



# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

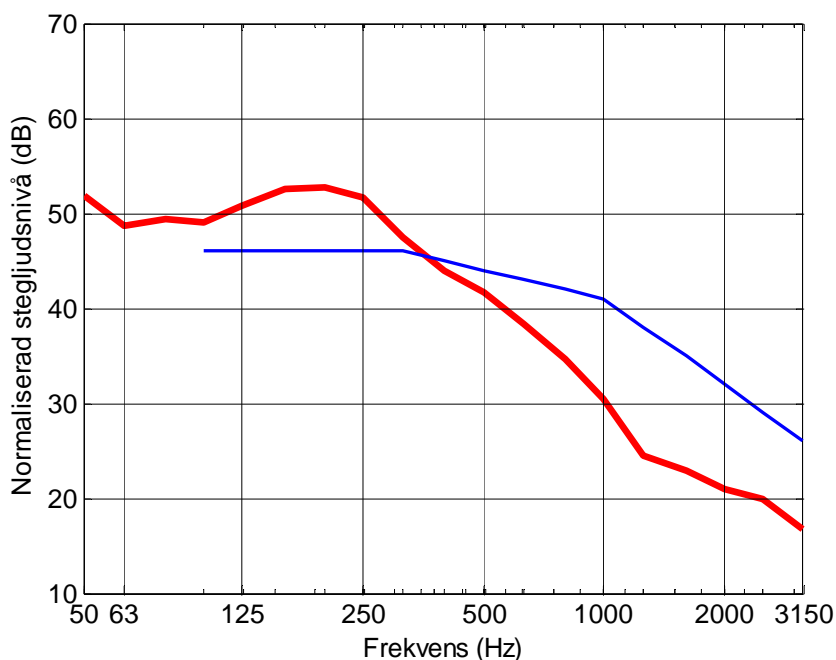
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, **B**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Gyproc, skruvad

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	51.9
63	48.7
80	49.3
100	49.0
125	50.8
160	52.6
200	52.7
250	51.6
315	47.5
400	44.0
500	41.6
630	38.3
800	34.7
1000	30.4
1250	24.4
1600	22.8
2000	21.0
2500	19.9
3150	16.7



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 44 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 46 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

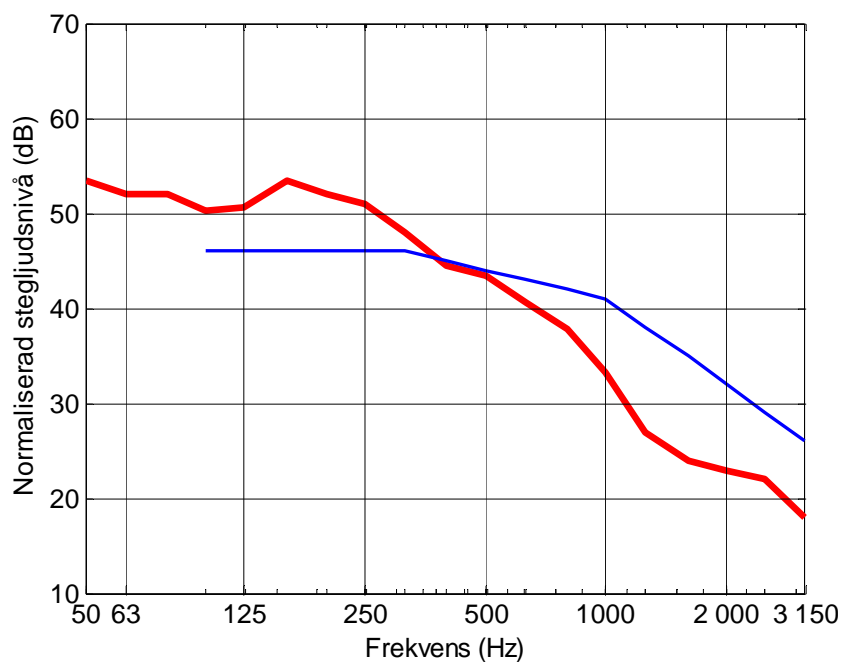
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, C  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Dano, skruvad

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	53.5
63	52.0
80	52.1
100	50.2
125	50.6
160	53.5
200	52.1
250	50.9
315	48.0
400	44.6
500	43.4
630	40.6
800	37.8
1000	33.3
1250	26.9
1600	24.0
2000	22.9
2500	21.9
3150	18.0



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 44 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 46 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

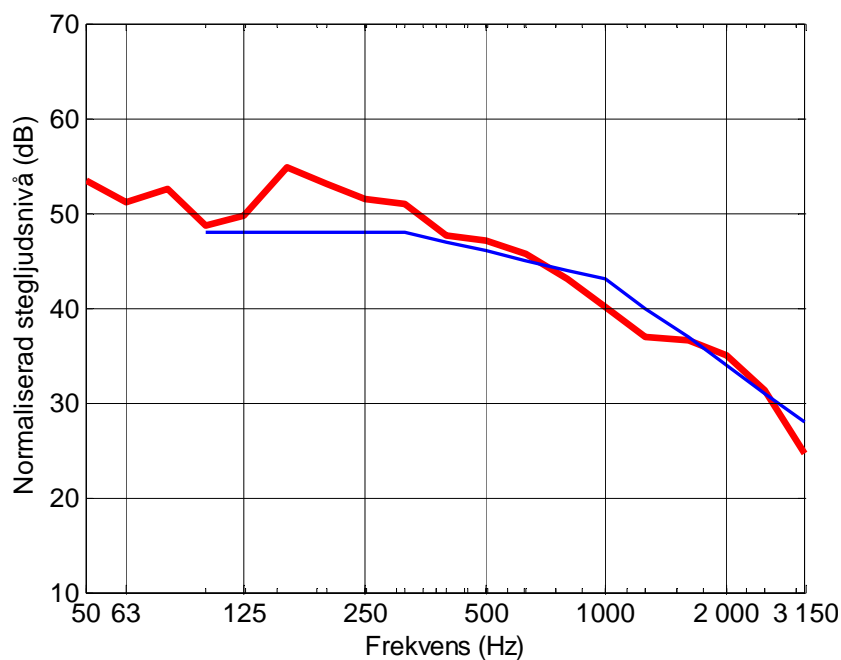
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, **D**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Referens

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	53.5
63	51.2
80	52.5
100	48.6
125	49.8
160	54.8
200	53.1
250	51.5
315	51.0
400	47.7
500	47.1
630	45.8
800	43.0
1000	40.1
1250	36.9
1600	36.5
2000	35.0
2500	31.2
3150	24.6



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 46 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 1$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 47 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

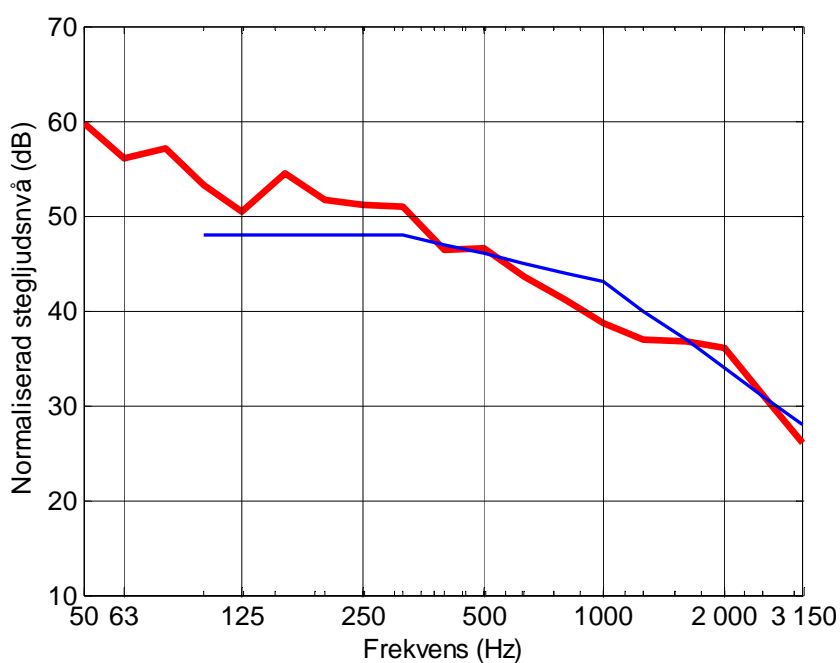
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, **E**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Heltäckande plywood

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	59.7
63	56.0
80	57.1
100	53.3
125	50.5
160	54.4
200	51.7
250	51.1
315	50.9
400	46.5
500	46.6
630	43.7
800	41.4
1000	38.6
1250	37.0
1600	36.8
2000	36.1
2500	31.1
3150	26.1



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 46 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 4$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 50 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

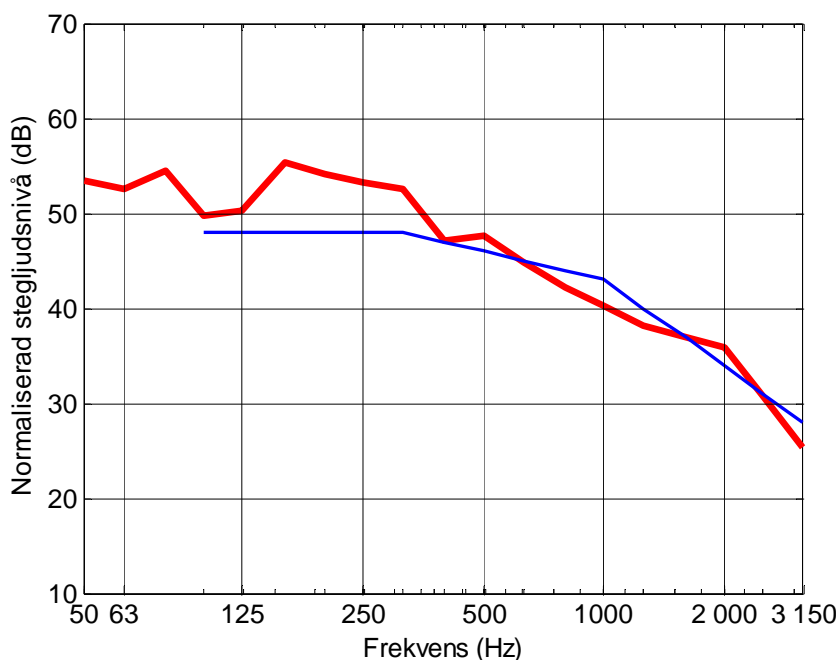
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, F  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Plywood, 20% hålsågning

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	53.4
63	52.5
80	54.5
100	49.8
125	50.2
160	55.4
200	54.1
250	53.3
315	52.6
400	47.1
500	47.6
630	44.8
800	42.2
1000	40.2
1250	38.2
1600	36.9
2000	35.9
2500	30.7
3150	25.4



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 46 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 48 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

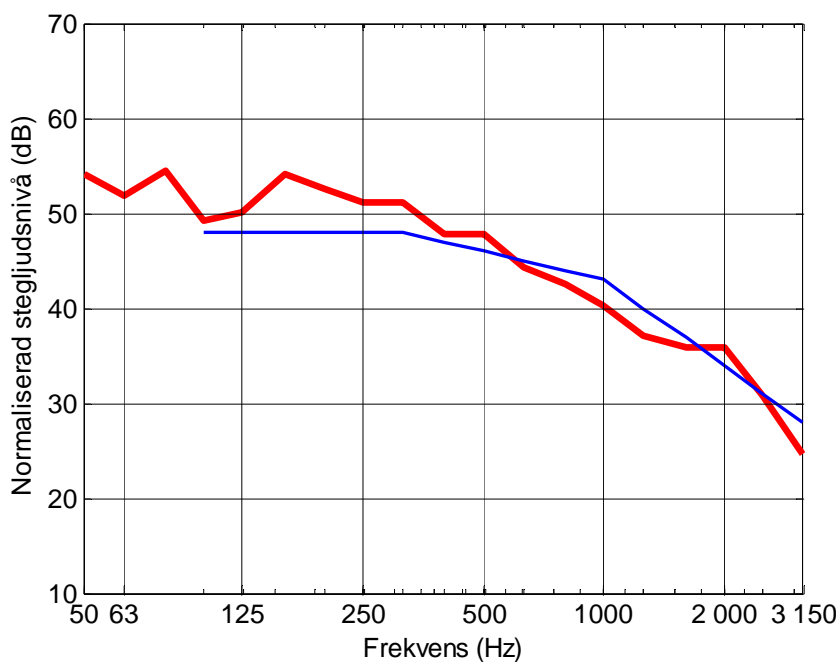
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, **G**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Plywood 40% hålsågning

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	54.1
63	51.8
80	54.4
100	49.2
125	50.0
160	54.1
200	52.6
250	51.1
315	51.5
400	47.9
500	47.8
630	44.3
800	42.5
1000	40.3
1250	37.1
1600	35.9
2000	35.8
2500	30.7
3150	24.7



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 46 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 1$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 47 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

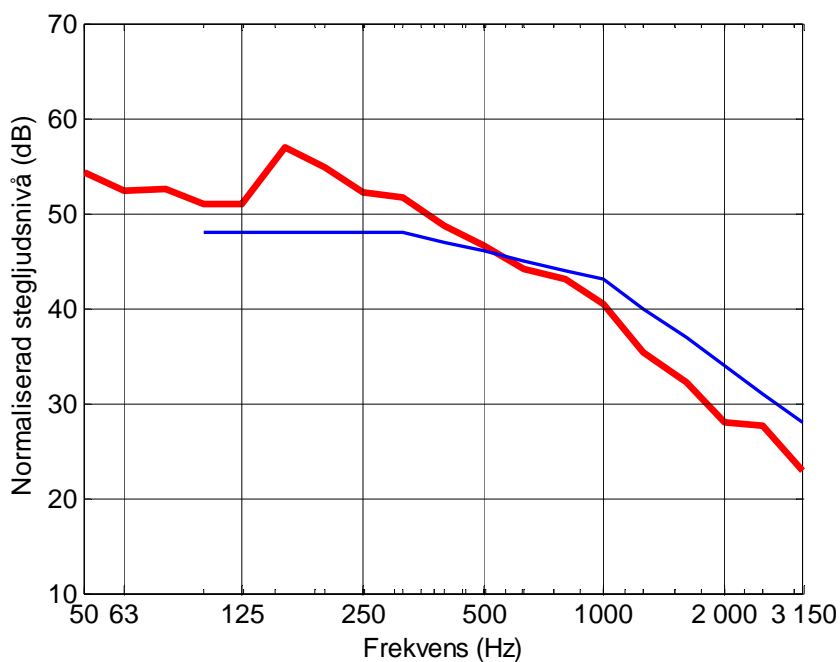
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, **H**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Hård takgips

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	54.3
63	52.4
80	52.9
100	50.9
125	51.0
160	56.9
200	54.8
250	52.1
315	51.6
400	48.7
500	46.6
630	44.2
800	43.0
1000	40.4
1250	35.4
1600	32.1
2000	27.9
2500	27.6
3150	22.9



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 46 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 48 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

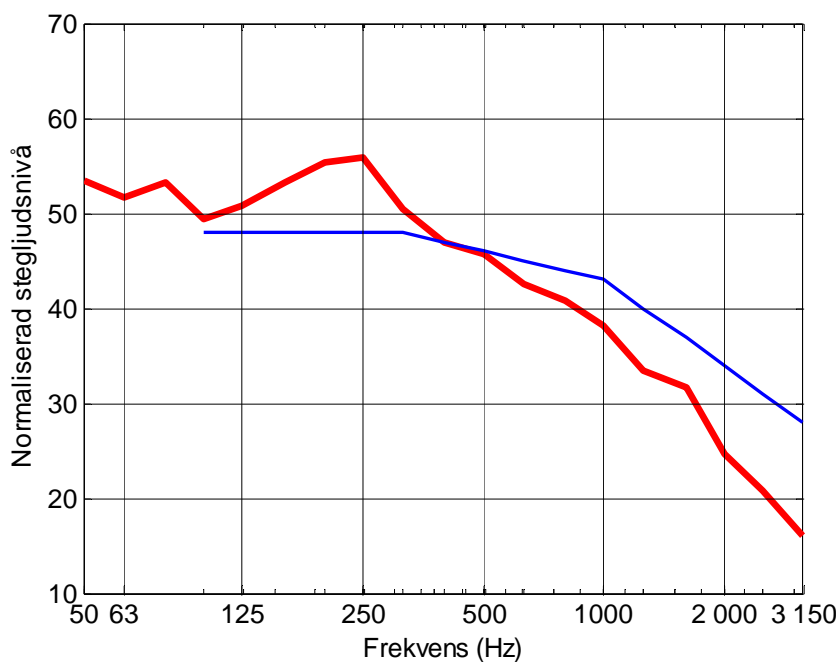
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, **J**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Tung isolering

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	53.5
63	51.7
80	53.3
100	49.3
125	50.8
160	53.3
200	55.4
250	55.9
315	50.5
400	46.9
500	45.7
630	42.6
800	40.7
1000	38.2
1250	33.4
1600	31.6
2000	24.6
2500	20.7
3150	16.0



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 46 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 48 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:



# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

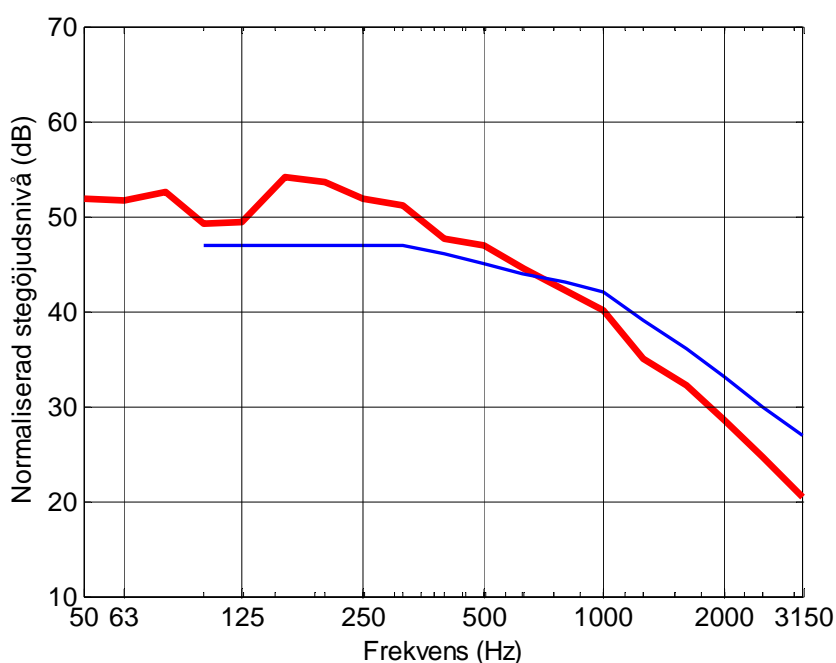
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, **K**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Referens, upprepning

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	51.9
63	51.6
80	56.2
100	49.2
125	49.4
160	54.2
200	53.7
250	51.9
315	51.5
400	47.6
500	46.9
630	44.5
800	42.2
1000	40.0
1250	35.0
1600	32.1
2000	28.5
2500	24.6
3150	20.5



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 45 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 47 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

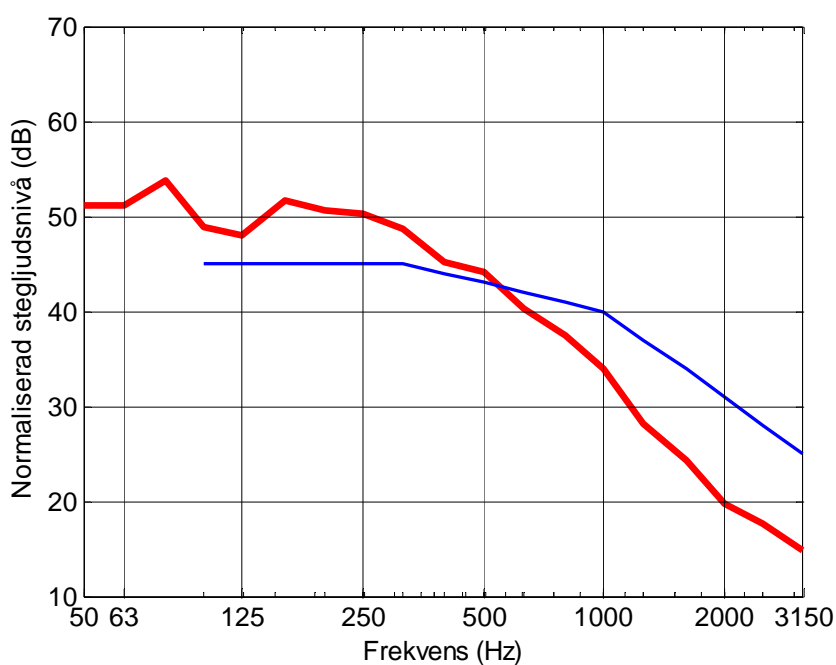
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, **L**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Dubbel golvgips

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	51.1
63	51.1
80	53.7
100	48.8
125	47.9
160	51.6
200	50.7
250	50.2
315	48.6
400	45.2
500	44.1
630	40.3
800	37.5
1000	33.9
1250	28.2
1600	24.3
2000	19.8
2500	17.5
3150	14.8



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 43 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 3$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 46 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

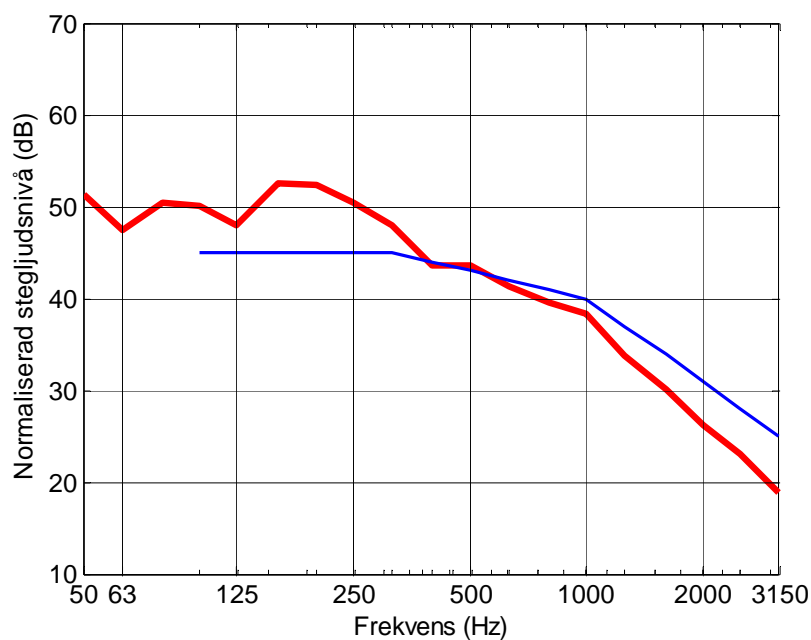
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, **M**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Lim G46

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	51.2
63	47.4
80	50.4
100	50.1
125	47.9
160	52.5
200	52.4
250	50.5
315	47.9
400	43.7
500	43.6
630	41.3
800	39.6
1000	38.3
1250	33.8
1600	30.0
2000	26.2
2500	23.0
3150	18.8



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 43 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 45 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

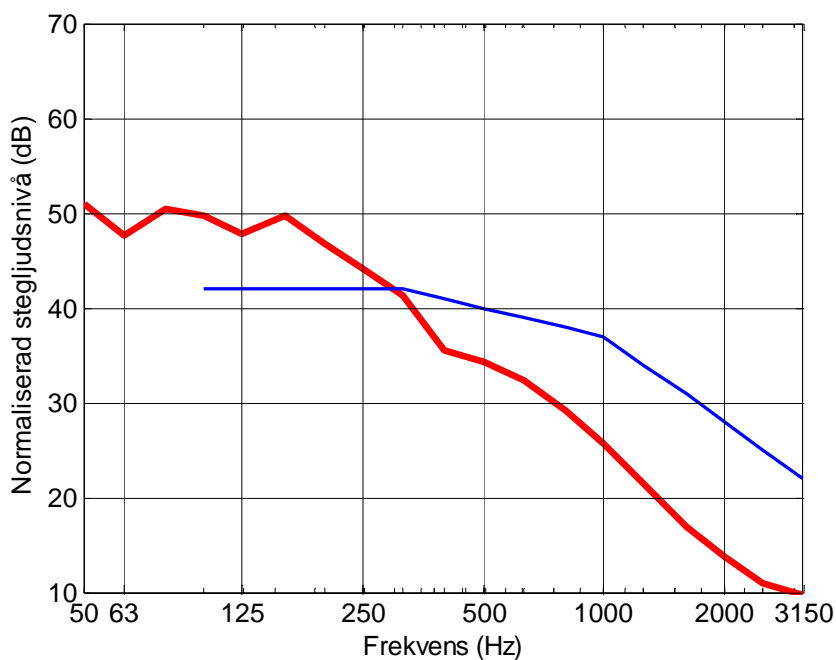
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, N  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Flytande golv

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	51.0
63	47.6
80	50.4
100	49.8
125	47.8
160	49.8
200	46.8
250	44.1
315	41.3
400	35.5
500	34.2
630	32.4
800	29.1
1000	25.7
1250	21.5
1600	16.9
2000	13.7
2500	11.0
3150	9.8



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 40 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 3$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 43 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

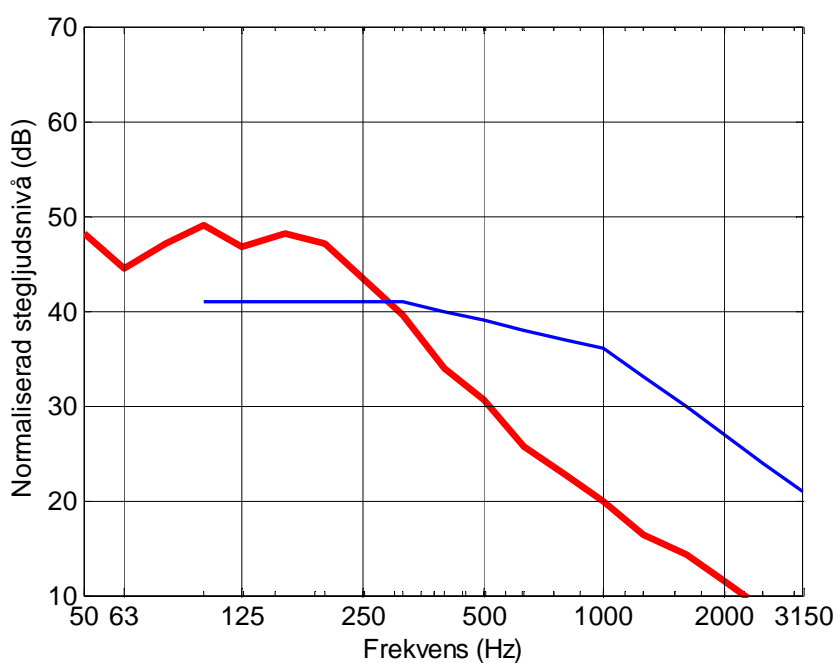
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, **P**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Flytande golv med extra spånskiva

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	48.2
63	44.5
80	47.1
100	49.1
125	46.7
160	48.2
200	47.2
250	43.4
315	39.6
400	34.0
500	30.5
630	25.7
800	22.7
1000	19.8
1250	16.4
1600	14.3
2000	11.4
2500	8.7
3150	8.9



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 39 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 41 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-6

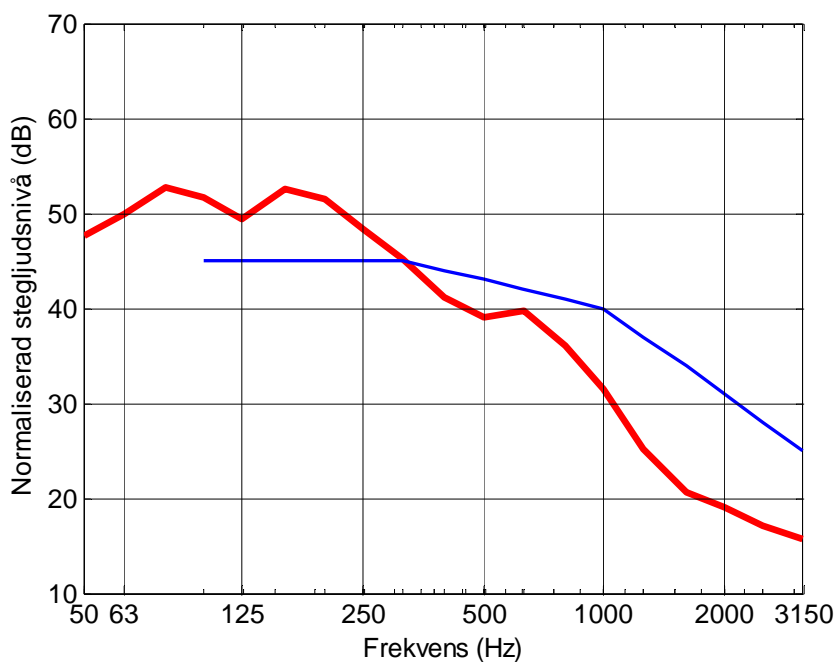
## Labmätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s bjälklag, Q  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2007  
Volym, mottagarrum: 63 m<sup>3</sup>  
Anm: Lim Ultrafix

---

F (Hz)	Ln (dB)
50	47.6
63	50.0
80	52.8
100	51.7
125	49.4
160	52.6
200	51.5
250	48.3
315	45.1
400	41.1
500	39.0
630	39.8
800	36.0
1000	31.4
1250	25.2
1600	20.6
2000	19.0
2500	17.1
3150	15.7



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 43 \text{ dB}$$

$$C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 45 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

lab.: Luleå tekniska universitet

Datum: 2007-09-10

Sign:



## ARBETSRAPPORT Nr 6

Ljudmätningar  
Lindbäcks Bygg

Ingår i TräCetrum Norr:s projekt:  
*Förbättrad ljudisolering i  
modulbyggda konstruktioner*

2008-06-12, rev 090317  
Fredrik Ljunggren  
Avd. för ljud och vibrationer  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
Tel: 0920-491286, 073-0286531  
Fax: 0920-491030  
E-post: fredrik.ljunggren@ltu.se

## Sammanfattning

Rapporten omfattar ljudmätningar genomförda i Lindbäcks' fabrik. Objektet är Lindbäcks Bygg's volymer i standardutförande som har testats med diverse modifieringar där olika lösningar kring upplaget som separerar volymer i vertikalled har varit i fokus. Totalt har 9 mätningar utförts för steg- och luftljud.

Sylomer och Regufoam uppvisar något bättre mätvärden än då Stepsiol används som vibrationsisolering, 1 och 2 dB för steg- respektive luftljud. Vibrationsisoleringens uppgift är här att reducera flanktransmissionen. Då Sylomer appliceras som punkter c600 i stället för heltäckande remsor uppnås ytterligare förbättringar.

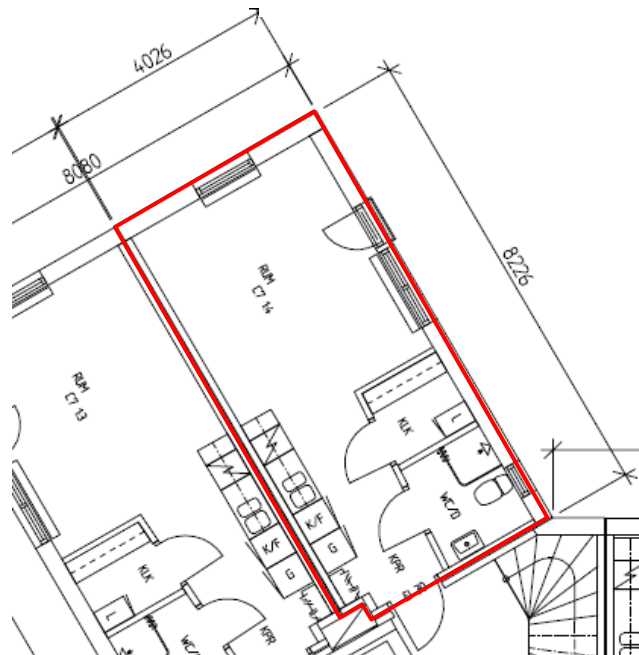
Ett kilformat upplag har testats med oförändrade ljudegenskaper som följd.

Swedac's lim uppvisar markant sänkning av stegljudsnivån, 3 dB. Även om resultatet är betydande så är skillnaden mer osäker än i fallen med olika vibrationsisolatorer pga. att a) endast *ett* försök utfördes och b) försöket utfördes ej på samma volym som övriga tester.



## Förutsättningar

Rapporten redovisar resultat av ljudmätningar utförda i Lindbäcks' fabrik, maj 2008. Testobjekt har varit två av Lindbäcks Bygg:s volymer, beteckning C2-4 och C3-4, avsedda för projekt Porsön 7, uppställda ovanpå varandra. Varje modul utgör en studentlägenhet med invändiga mått 3.6x7.8x2.4m (bxlxh), planritning enligt Fig. 1. Volym C3-4 har avvikande golvgipslim (Swedac Acoustic DG-A 2), i övrigt är volymerna nominellt identiska. (Volym C2-4 med nuvarande standardlim Gyproc G46.) Golvbeläggning: Linoleummatta.



Figur 1. Planritning.

## Syfte

Mätningarnas syfte är att under kontrollerade former få fram pålitliga mätresultat hur olika konstruktionsändringar påverkar luft- och stegljudsisolering. I fokus står olika typer av vibrationsisolerande skikt mellan volymerna liksom en variant med kilformat upplag. Upplagens utformning har stor betydelse för flanktransmissionen. Även ett alternativt golvgipslim har testats.

## Genomförande

Av lyftpraktiska skäl monterades en 90mm hög sarg mellan volymerna. Den totala bjälklagstjockleken är således 90mm högre än vid montering i fält. Absoluta mätvärden från denna rapport bör därför inte direkt jämföras med tidigare utförda mätningar utan denna förhöjning då resultaten vid framförallt låga frekvenser kan påverkas.

Luf- och stegljudmätningar har gjorts i vertikalled, i enlighet med SS-EN ISO 140-4 resp. 140-7. Resultaten har utvärderats enligt SS-EN ISO 717-1 resp. 717-2. Resultaten har bedömts enligt gällande krav i SS 02 52 67 (3).

## Testvarianter

Volymerna har testats för totalt nio fall. Testvarianterna presenteras i Tab. 1 i den ordning som mätningarna genomfördes.

Tabell 1. Testvarianter.

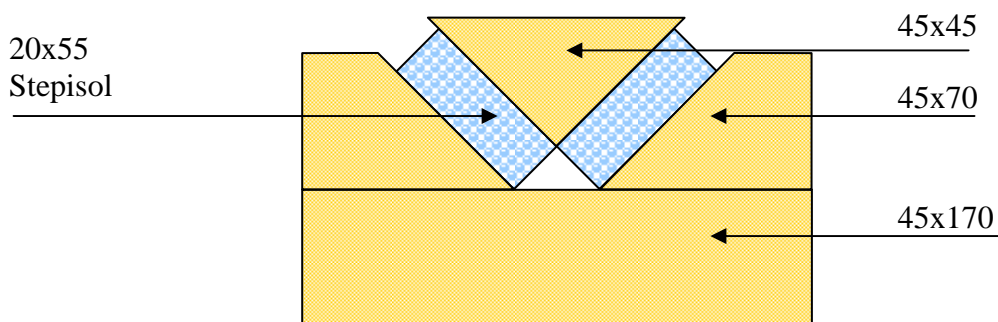
Fall	Beskrivning
A	Swedac lim DG-A 2, hård Stepisol bredd 95mm
B	Hård Stepisol 95mm
E	Kilformat upplag, mjuk Stepisol
F	Kilformat upplag, hård Stepisol
H	Sylomer kuddar
J	Sylomer
K	Regufoam
L	Mjuk Stepisol
M	Noiselevel

I fall A är volym C3-4 (Swedac-lim) den övre, i övrigt står volym C2-4 (G46-lim) överst. Lim Gyproc G46 används för närvarande i Lindbäcks' produktion då den vid tidigare tester har påvisat bättre ljudegenskaper än tidigare använt lim. G46 uppfattas som mer elastiskt vilket kan förklara skillnaden. Swedac DG-A 2 marknadsförs som ett elastiskt lim med utpräglat goda dämpningskaper.

Som vibrationsisolering mellan våningsplan har, förutom standard Stepisol (hård och mjuk), Sylomer, Regufoam och Noiselevel använts. Stepisol är en polyuretanbaserad skumplast, ett granulerat blandskum (även betecknat bonded eller regenererat). Regufoam och Stepisol består båda av mikro-cellulär polyuretan med förväntat likartade egenskaper medan Noiselevel är en bitumenprodukt (asfaltmatta)

I fall A och B används isoleringsremсор med 95mm bredd. I fallen H-M används 170mm bredd för längsgående yttervägg, 95mm för övriga väggar. Sylomer har även testats med punktformat upplag, s.k. kuddar utplacerade c600 över stående reglar.

Ett alternativt, kilformat, upplag enligt Fig. 2 har också testats (E,F).



Figur 2. Kilformat upplag.

## Resultat och analys

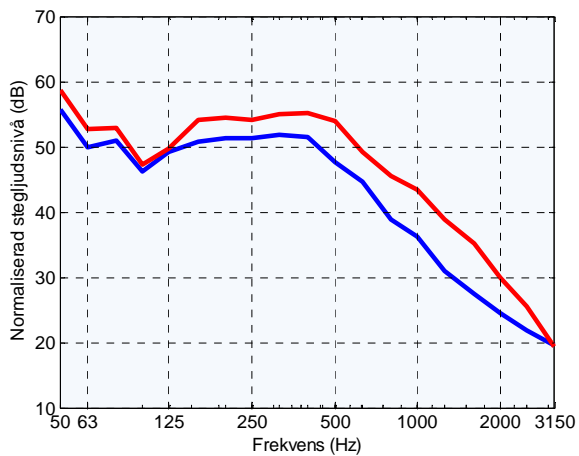
Uppmätta stegljudsnivåer och reduktionstal för luftljud sammanfattas i Tab. 2.

Tabell 2. Stegljudsnivåer ( $L$ ) och reduktionstal ( $R$ ).

Fall	Beskrivning	$L'_{n,w}$	$C_{1,50-2500}$	$L'_{n,w+}$ $C_{1,50-2500}$	$R'_w$	$C_{50-3150}$	$R'_w +$ $C_{50-3150}$
A	Swedac, hård Stepisol 95mm	45	2	<b>47</b>	61	-2	<b>59</b>
B	Hård Stepisol 95mm	48	2	<b>50</b>	62	-3	<b>59</b>
E	Kilupplag, mjuk Stepisol	47	2	<b>49</b>	65	-4	<b>61</b>
F	Kilupplag, hård Stepisol	47	2	<b>49</b>	64	-3	<b>61</b>
H	Sylomer kuddar	43	4	<b>47</b>	67	-4	<b>63</b>
J	Sylomer	45	3	<b>48</b>	66	-3	<b>63</b>
K	Regufoam	45	3	<b>48</b>	66	-4	<b>62</b>
L	Mjuk Stepisol	47	2	<b>49</b>	64	-3	<b>61</b>
M	Noiselevel	49	2	<b>51</b>	61	-3	<b>58</b>

### $Lim(A,B)$

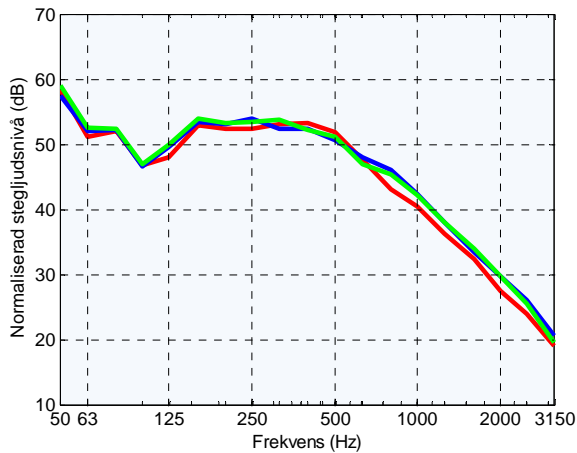
Mätningarna i Fig. 3 visar en tydlig förbättring med Swedac's lim över, i princip, hela frekvensplanet vilket leder till 3 dB lägre stegljudsnivå,  $L'_{n,w}$ . Ingen skillnad kunde noteras för luftljud.



Figur 3. Jämförande steg- och luftljud mellan skivlim G46 (rött)(B) och Swedac DG-A 2 (blått)(A)

### Kilformat upplag (E,F,L)

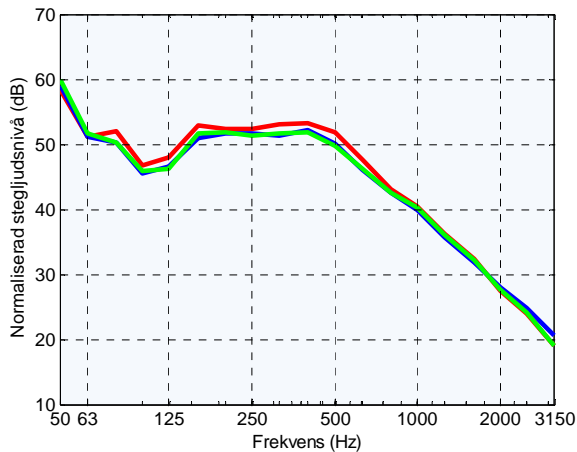
Nästan ingen skillnad i ljudkaraktär förelåg då upplaget ändrades från traditionellt till kilformat, Fig. 4. Det finns en viss tendens till högre stegljudsnivå vid högre frekvenser, >800 Hz.



Figur 4. Jämförande steg- och luftljud mellan Standardupplag (rött)(L) och kilformade upplag med mjuk (blått)(E) resp. hård (grönt)(F) Stepisol.

### Alternativ isoeringsremsa 1 (J,K,L)

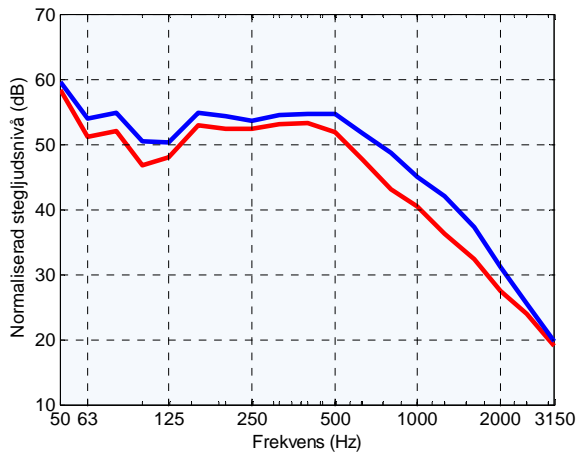
Sylomer och Regufoam, som väsentligen är samma material, uppvisar ingen inbördes skillnad, Fig. 5. Som grupp betraktat gav denna alternativa vibrationsisolering 1 dB lägre stegljudsnivå till följd av bättre resultat mellan 80-625 Hz, allt i jämförelse med Stepisol. Skillnader i reduktionstal är liknande om än något tydligare vilket leder till 1-2 dB högre luftljudsreduktion.



Figur 5. Jämförande steg- och luftljud mellan Stepisol (rött)(L), Sylomer (blått)(J) och Regufoam (grönt)(K).

### Alternativ isoeringsremsa 2 (L,M)

Noiselevel förmår inte att reducera flanktransmissionen till samma nivå som övriga varianter. Hela frekvensspektrumet påverkas och i jämförelse med Stepisol uppmättes försämringar om 2 och 3 dB för steg- respektive luftljud, Fig. 6.

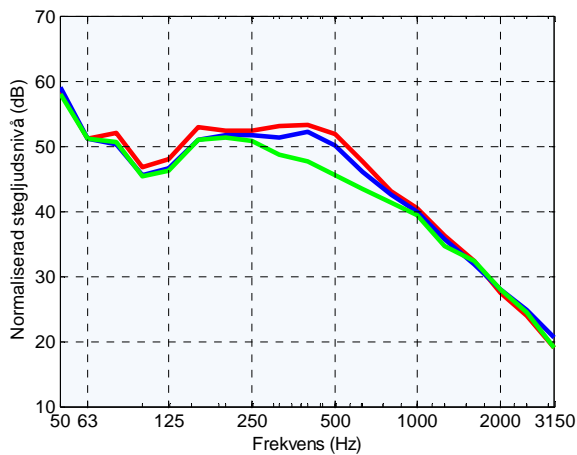


Figur 6. Jämförande steg- och luftljud mellan Stepisol (rött)(L) och Noiselevel (blått)(M)

### Punktupplag (H,L)

Då Sylomer appliceras som punkter i stället för remsor syns vissa skillnader i ljudkaraktären, Fig. 7. Stegljudet uppvisar förbättring mellan 250-800 Hz vilket resulterar i 1 dB lägre stegljudsnivå. I luftljud noteras ingen skillnad i R'w+C50-3150 även om reduktionen är något högre mellan 315-1600 Hz

Punktformad Sylomer ger i jämförelse med Stepisol 2 dB förbättring för såväl steg- som luftljud.



Figur 7. Jämförande steg- och luftljud mellan Stepisol (rött)(L), Sylomer (blått)(J) och punktformad Sylomer (grönt)(H).

## **Slutsatser**

- Swedac-limmets inverkan på stegljudsnivån (-3dB) är mycket intressant och bör följas upp med kompletterande mätningar för säkrare utvärdering.
- Vibrationsisolering med mikro-cellulär polyuretan (Sylomer, Regufoam) som bas tycks ge något bättre ljudegenskaper (1 dB) jämfört med polyeterskumplasten Stepisol medan bitumen (Noiselevel) ger försämrade värden.
- Punktformig användning av polyuretan indikerar 2 dB förbättring mot dagens standardlösning.
- Stepisol i kilformat upplag har inte kunnat påvisas ge bättre ljudegenskaper jämfört med traditionellt upplag.

## **Bilagor**

Protokoll av ljudmätningar.

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

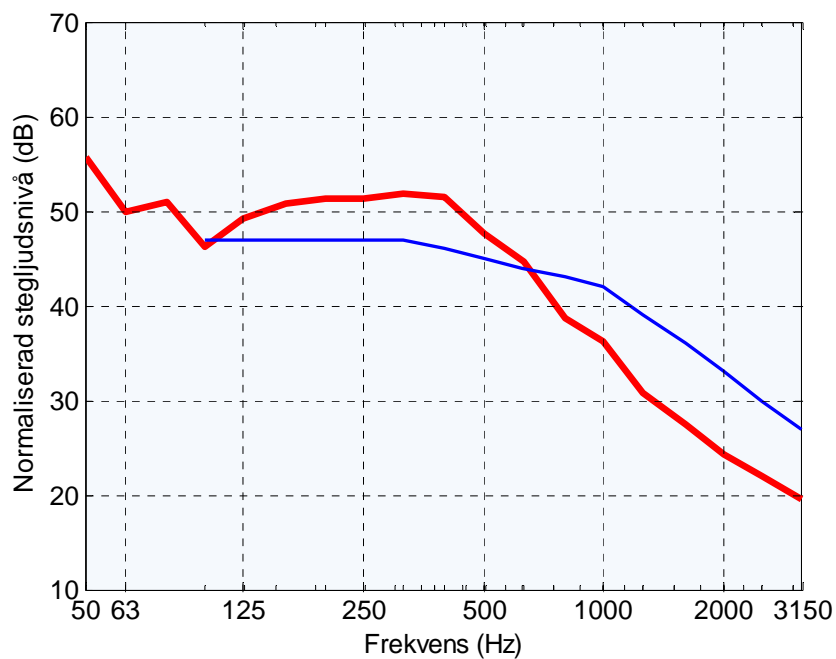
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabriktstest A  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (53 m<sup>3</sup>)  
Anm: A, Swedac lim DG-A 2, hård Stepisol

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	55,7
63	50,0
80	51,0
100	46,2
125	49,2
160	50,8
200	51,3
250	51,4
315	51,8
400	51,5
500	47,6
630	44,6
800	38,8
1000	36,2
1250	30,9
1600	27,5
2000	24,4
2500	21,9
3150	19,6



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 45 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 47 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2008-06-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

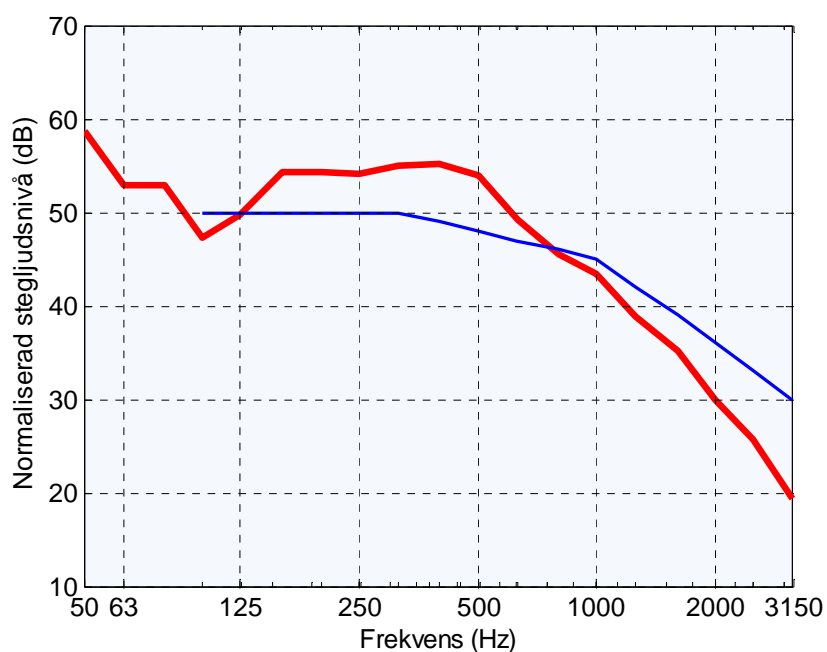
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabriktstest **B**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (53 m<sup>3</sup>)  
Anm: **B** Hård Stepisol

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	58,8
63	52,8
80	52,9
100	47,3
125	49,7
160	54,2
200	54,4
250	54,1
315	55,0
400	55,1
500	53,9
630	49,2
800	45,6
1000	43,4
1250	38,9
1600	35,2
2000	30,0
2500	25,6
3150	19,4



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 48 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 50 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2008-06-10

Sign:

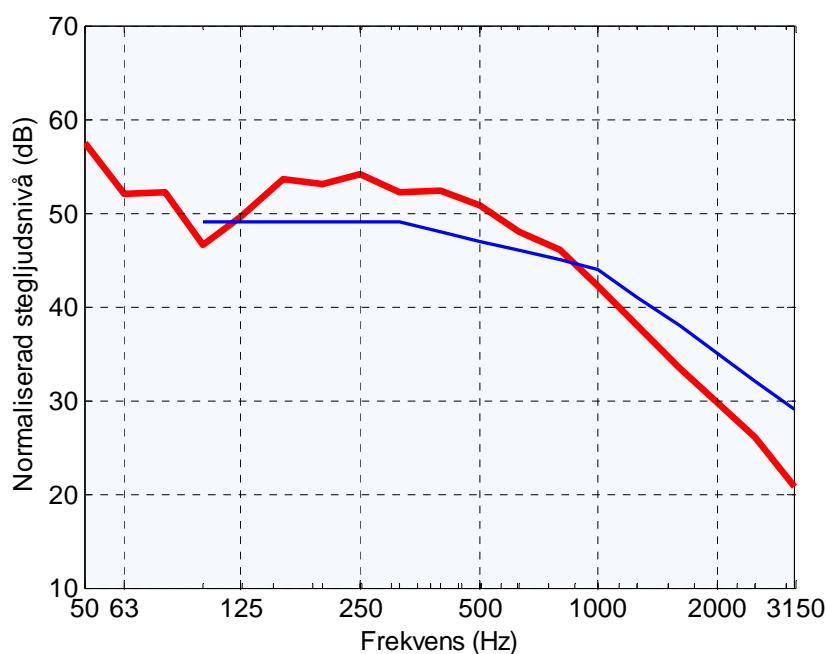


# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Mätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabrikstest **E**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (53 m<sup>3</sup>)  
Anm: **E** Kilupplag, mjuk Stepisol

F (Hz)	L'n (dB)
50	57,5
63	52,0
80	52,2
100	46,6
125	49,6
160	53,5
200	53,1
250	54,0
315	52,3
400	52,3
500	50,7
630	48,0
800	46,1
1000	42,3
1250	38,0
1600	33,5
2000	29,7
2500	26,1
3150	20,7



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 47 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 49 \text{ dB}$$

Testrapport:

Datum: 2008-06-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

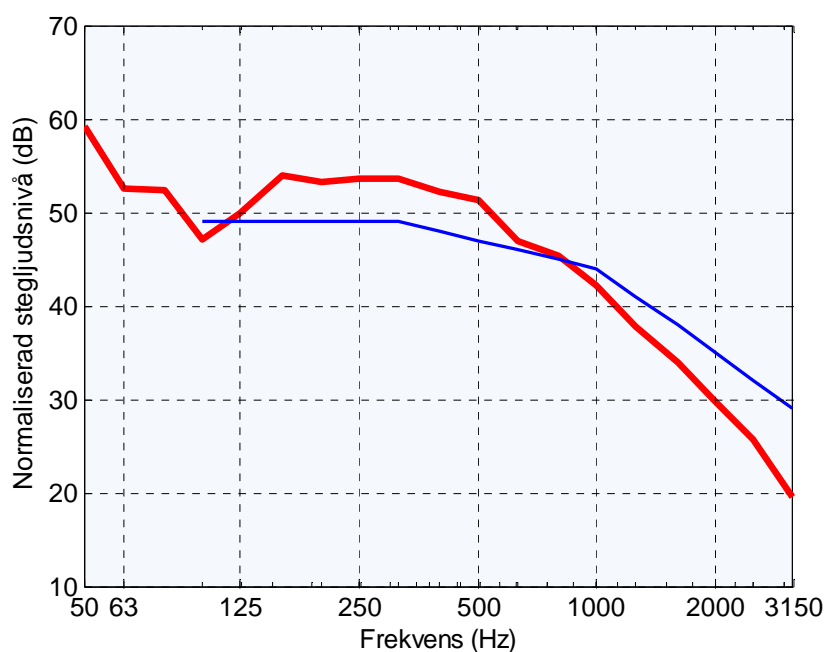
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabrikstest **F**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (53 m<sup>3</sup>)  
Anm: **F** Kilupplag, mjuk Stepisol

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	59,1
63	52,6
80	52,3
100	47,0
125	49,9
160	54,0
200	53,3
250	53,5
315	53,7
400	52,2
500	51,2
630	50,0
800	45,5
1000	42,2
1250	37,9
1600	33,9
2000	30,0
2500	25,6
3150	19,5



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 47 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 49 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2008-06-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

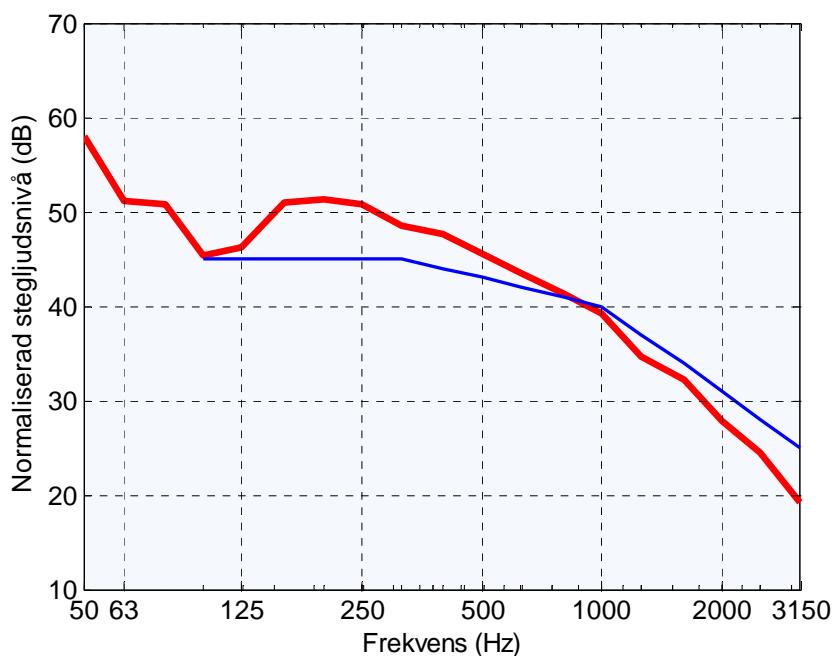
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabrikstest **H**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (53 m<sup>3</sup>)  
Anm: **H** Sylomer kuddar

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	57,9
63	51,1
80	50,7
100	45,3
125	46,2
160	50,9
200	51,3
250	50,8
315	48,6
400	47,7
500	45,5
630	43,5
800	41,3
1000	39,3
1250	34,6
1600	32,3
2000	27,9
2500	24,5
3150	19,1



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L_{n,w}(C_i) = 43 \text{ dB}$   $C_{i,50-2500} = 4$

$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 47 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2008-06-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

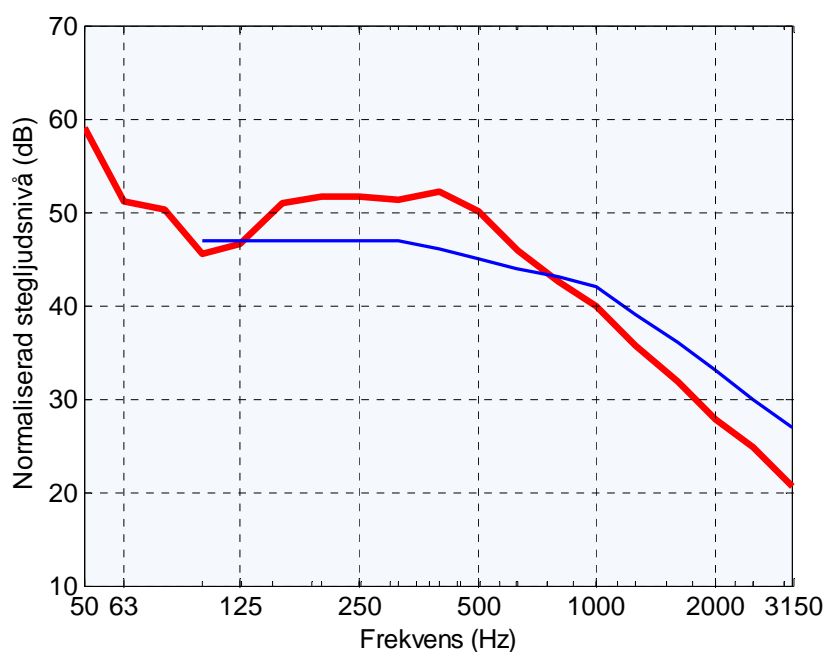
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabrikstest **J**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (53 m<sup>3</sup>)  
Anm: **J** Sylomer

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	59,0
63	51,1
80	50,3
100	45,5
125	46,5
160	51,0
200	51,7
250	51,6
315	51,3
400	52,2
500	50,1
630	46,0
800	42,6
1000	40,0
1250	35,7
1600	31,9
2000	27,9
2500	24,8
3150	20,6



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 45 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 3$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 48 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2008-06-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

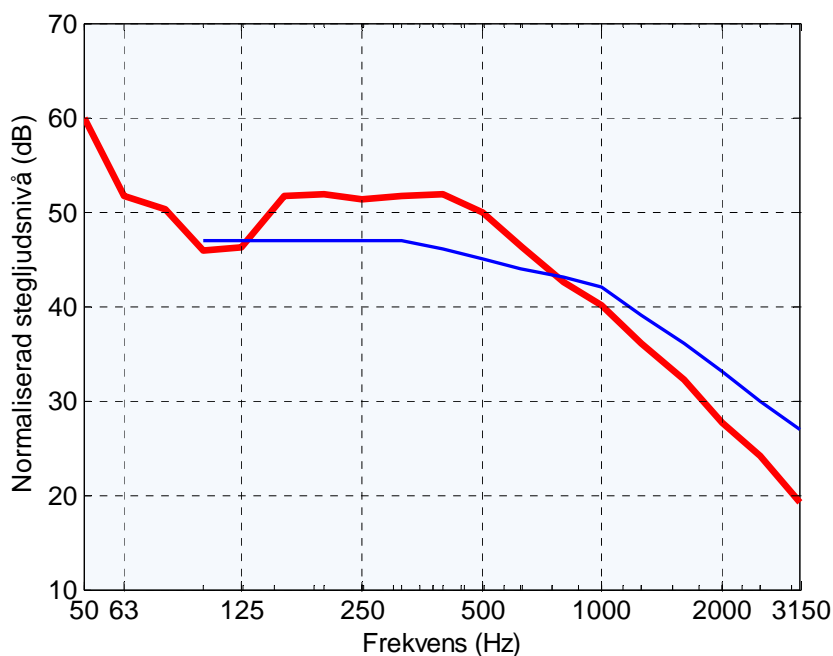
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabrikstest **K**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (53 m<sup>3</sup>)  
Anm: **K** Regufoam

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	59,9
63	51,6
80	50,3
100	45,9
125	46,3
160	51,6
200	51,9
250	51,3
315	51,7
400	51,8
500	49,8
630	46,3
800	42,5
1000	40,2
1250	36,1
1600	32,2
2000	27,7
2500	24,1
3150	19,1



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 45 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 3$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 48 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2008-06-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

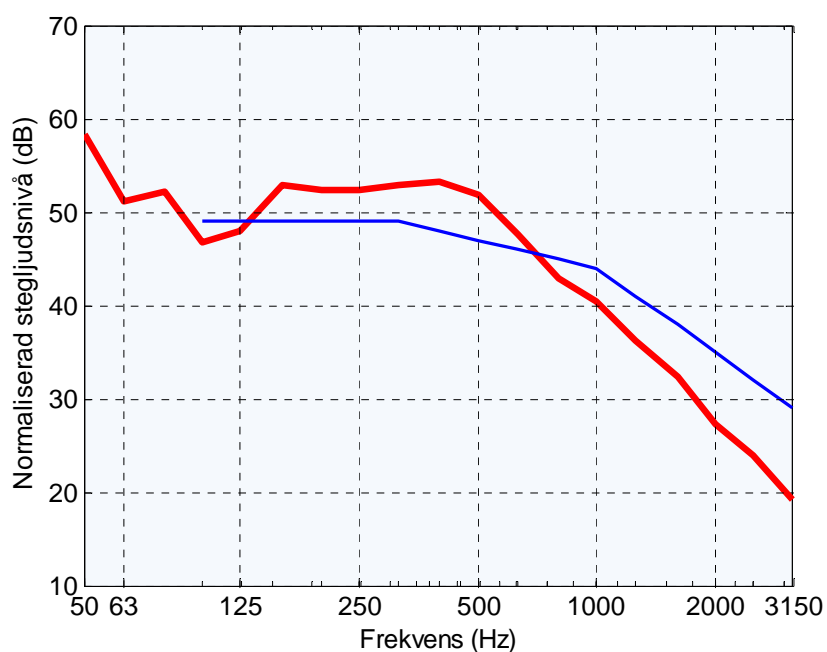
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabrikstest **L**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (53 m<sup>3</sup>)  
Anm: **L** Mjuk Stepisol

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	58,3
63	51,2
80	52,1
100	46,7
125	48,0
160	52,9
200	52,4
250	52,3
315	53,0
400	53,2
500	51,7
630	47,6
800	43,0
1000	40,5
1250	36,2
1600	32,4
2000	27,4
2500	23,9
3150	19,1



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 47 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 49 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2008-06-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

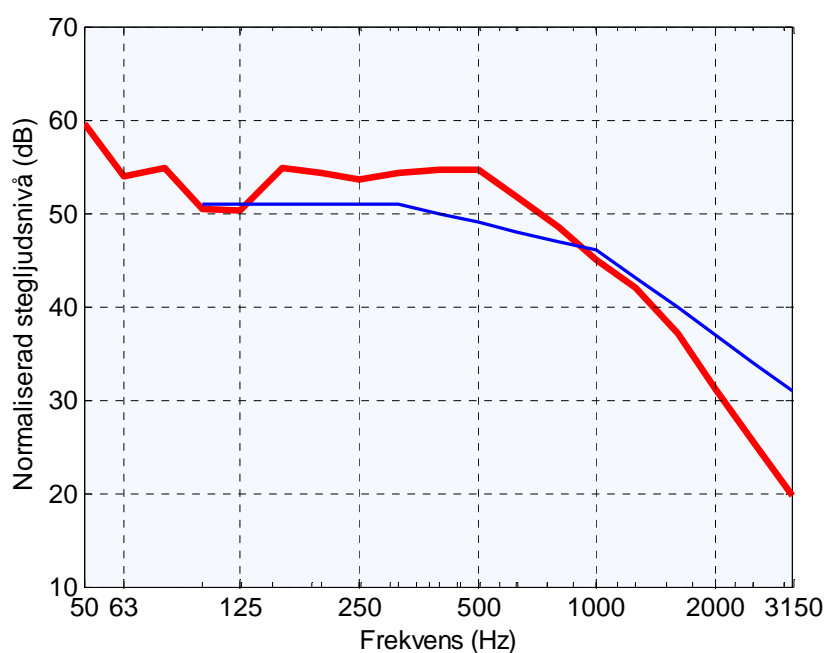
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabriktstest **M**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (53 m<sup>3</sup>)  
Anm: **M** Noiselevel

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	59,6
63	53,9
80	54,8
100	50,4
125	50,3
160	54,8
200	54,3
250	53,6
315	54,4
400	54,6
500	54,6
630	51,7
800	48,6
1000	45,0
1250	42,0
1600	37,2
2000	31,2
2500	25,5
3150	19,7



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 49 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 51 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2008-06-10

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

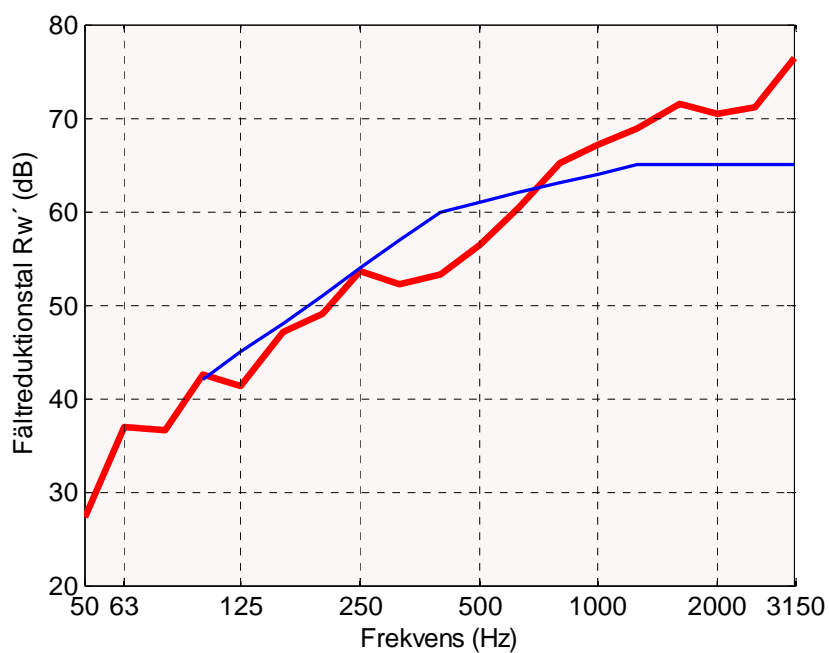
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabriktest A  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarum: 53 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 22.1 m<sup>2</sup>  
Anm: A Swedac lim DG-A 2, hård Stepisol

---

F (Hz)	R' (dB)
50	27,3
63	36,9
80	36,6
100	42,5
125	41,4
160	47,1
200	49,1
250	53,6
315	52,3
400	53,2
500	56,4
630	60,4
800	65,3
1000	67,2
1250	68,9
1600	71,5
2000	70,4
2500	71,1
3150	76,4



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 61 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -2$

$R'_w + C_{50-3150} = 59 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-17

Sign:



# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

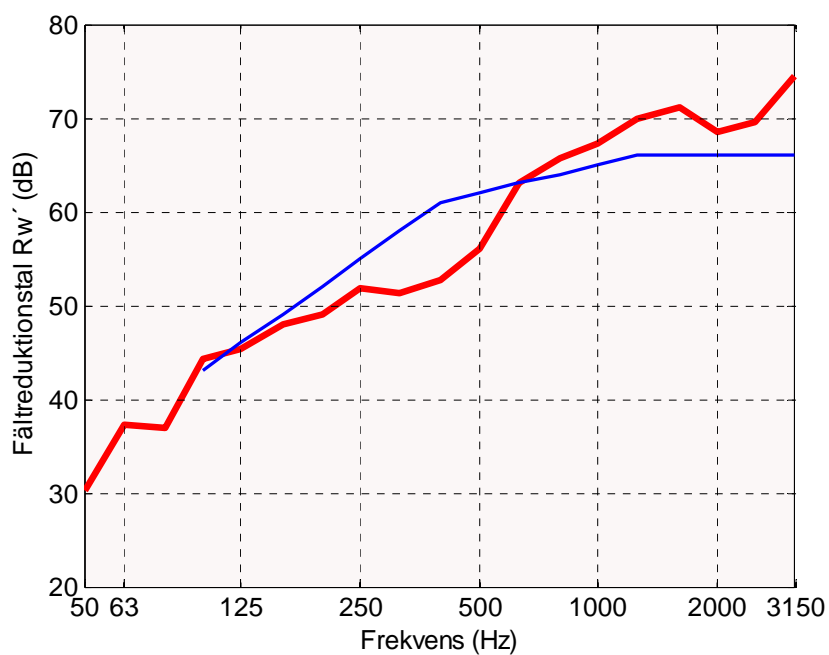
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabriktstest **B**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarum: 53 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 22.1 m<sup>2</sup>  
Anm: **B** Hård Stepisol

---

F (Hz)	R' (dB)
50	30,2
63	37,3
80	37,0
100	44,3
125	45,4
160	48,0
200	49,0
250	51,8
315	51,3
400	52,7
500	56,1
630	63,1
800	65,7
1000	67,4
1250	70,0
1600	71,2
2000	68,6
2500	69,5
3150	74,5



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 62$  dB

$C_{50-3150} = -3$

$R'_w + C_{50-3150} = 59$  dB

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-17

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

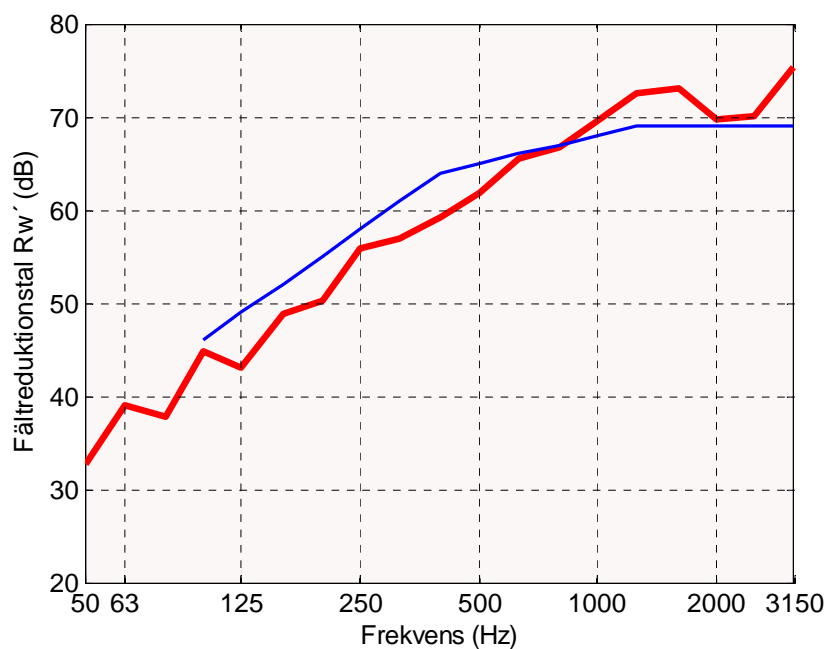
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabrikstest **E**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarrum: 53 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 22.1 m<sup>2</sup>  
Anm: **E** Kilupplag, mjuk Stepisol

---

F (Hz)	R' (dB)
50	32,8
63	39,1
80	37,9
100	44,8
125	43,0
160	48,8
200	50,3
250	55,9
315	56,9
400	59,2
500	61,8
630	65,5
800	66,8
1000	69,6
1250	72,6
1600	73,1
2000	69,7
2500	70,1
3150	75,3



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 65 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -4$

$R'_w + C_{50-3150} = 61 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-17

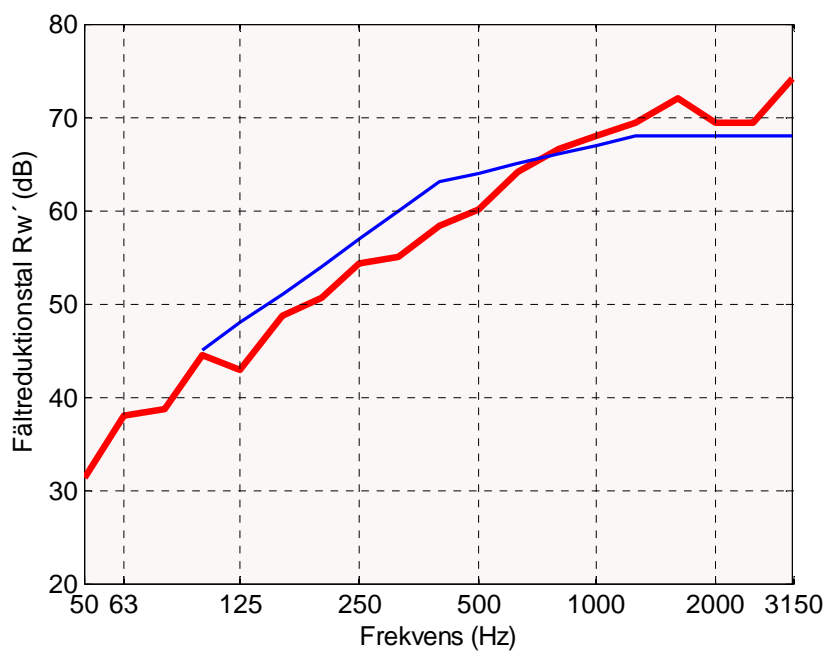
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

## Mätning av luftljudsisolering

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabrikstest **F**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarum: 53 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 22.1 m<sup>2</sup>  
Anm: **F** Kilupplag, hård Stepisol

F (Hz)	R' (dB)
50	31,4
63	38,0
80	38,7
100	44,4
125	42,9
160	48,6
200	50,6
250	54,3
315	55,0
400	58,3
500	60,2
630	64,2
800	66,7
1000	68,0
1250	69,5
1600	72,1
2000	69,4
2500	69,4
3150	74,2



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 64 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -3$

$R'_w + C_{50-3150} = 61 \text{ dB}$

Testrapport:

Datum: 2009-03-17

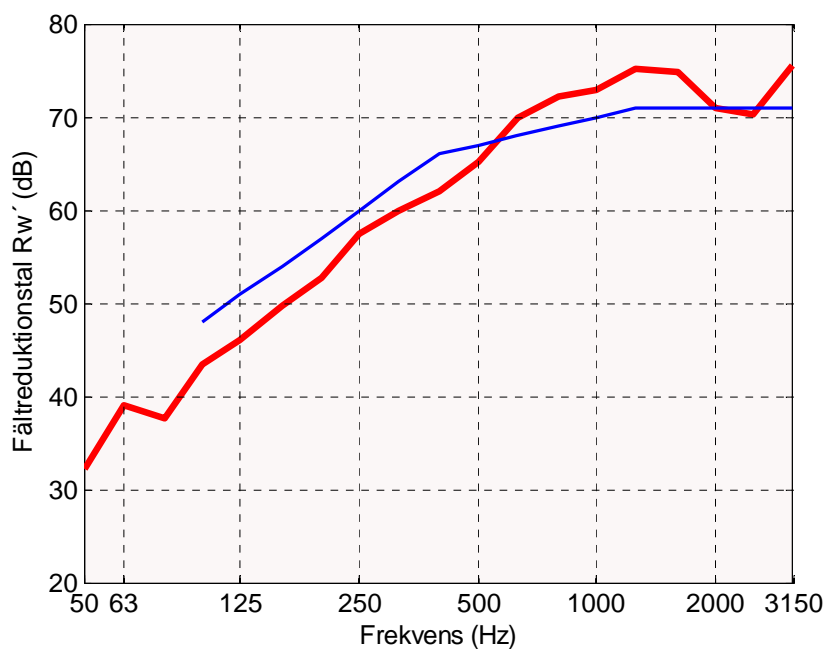
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

## Mätning av luftljudsisolering

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabriktest **H**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarrum: 53 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 22.1 m<sup>2</sup>  
Anm: **H** Sylomer kuddar

F (Hz)	R' (dB)
50	32,2
63	39,0
80	37,7
100	43,5
125	46,1
160	49,7
200	52,8
250	57,5
315	59,9
400	62,1
500	65,2
630	70,0
800	72,3
1000	73,0
1250	75,3
1600	74,9
2000	71,1
2500	70,3
3150	75,5



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 67 \text{ dB}$        $C_{50-3150} = -4$

$R'_w + C_{50-3150} = 63 \text{ dB}$

Testrapport:

Datum: 2009-03-17

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

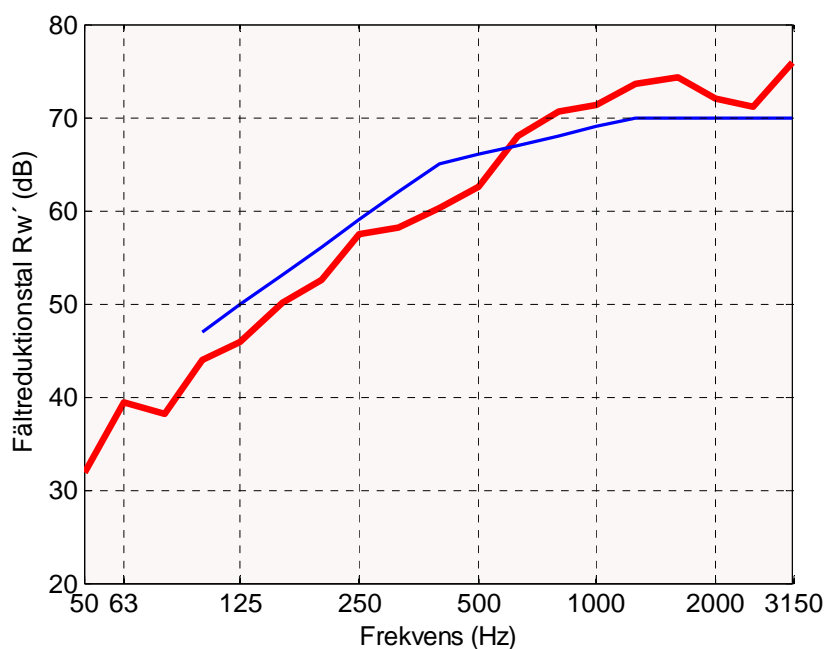
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabrikstest **J**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarum: 53 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 22.1 m<sup>2</sup>  
Anm: **J** Sylomer

---

F (Hz)	R' (dB)
50	31,9
63	39,4
80	38,2
100	43,9
125	45,9
160	50,0
200	52,5
250	57,4
315	58,2
400	60,3
500	62,5
630	68,1
800	70,6
1000	71,4
1250	73,6
1600	74,3
2000	72,0
2500	71,1
3150	75,9



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 66 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -3$

$R'_w + C_{50-3150} = 63 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-17

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

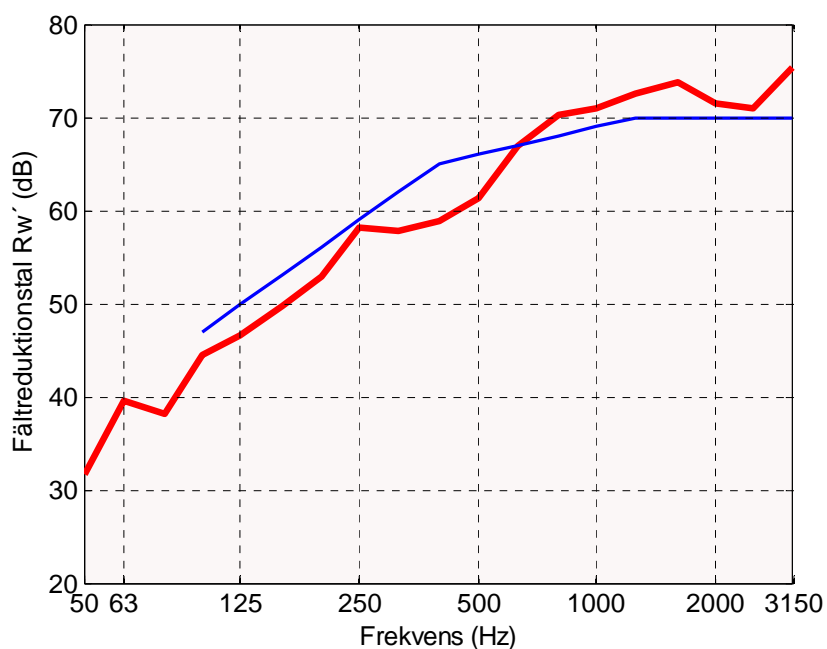
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabriktstet **K**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarum: 53 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 22.1 m<sup>2</sup>  
Anm: **K** Regufoam

---

F (Hz)	R' (dB)
50	31,6
63	39,6
80	38,2
100	44,4
125	46,5
160	49,8
200	52,9
250	58,1
315	57,9
400	58,9
500	61,3
630	67,0
800	70,3
1000	71,0
1250	72,6
1600	73,8
2000	71,6
2500	71,0
3150	75,4



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 66 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -4$

$R'_w + C_{50-3150} = 62 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-17

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

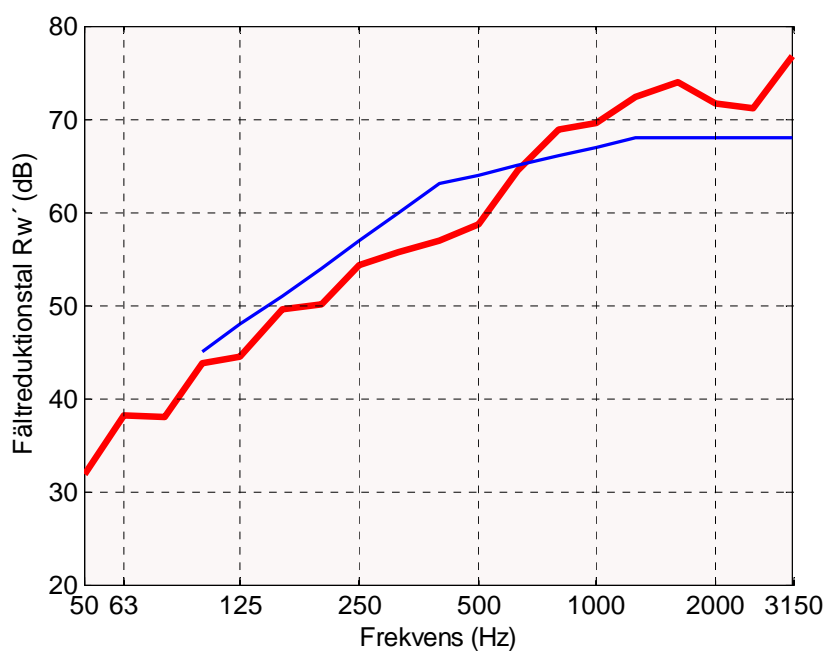
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabrikstest **L**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarrum: 53 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 22.1 m<sup>2</sup>  
Anm: **L** Mjuk Stepisol

---

F (Hz)	R' (dB)
50	31,8
63	38,2
80	38,0
100	43,8
125	44,5
160	49,5
200	50,1
250	54,3
315	55,8
400	56,9
500	58,7
630	64,6
800	68,9
1000	69,6
1250	72,5
1600	74,0
2000	71,7
2500	71,1
3150	76,7



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 64 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -3$

$R'_w + C_{50-3150} = 61 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-17

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

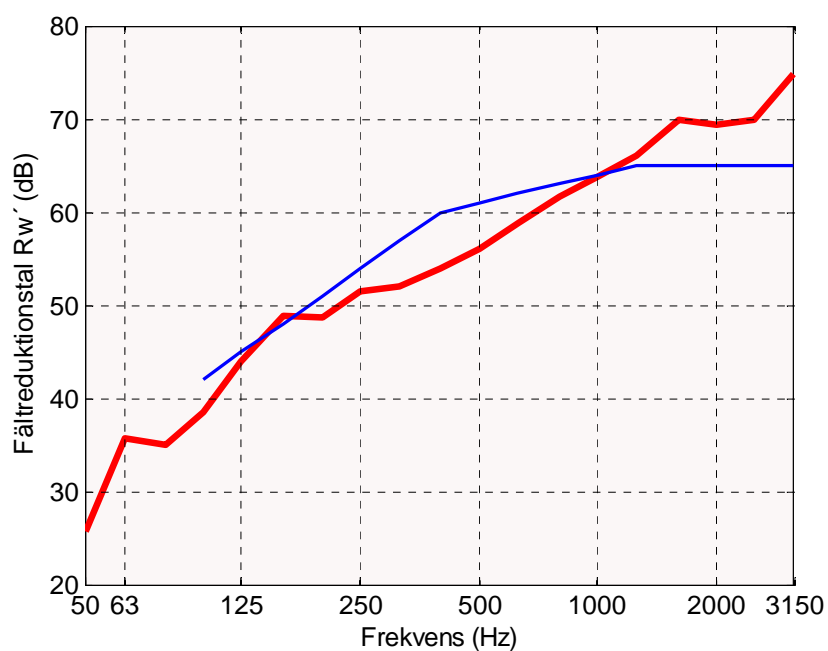
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Lindbäcks Bygg:s Porsön 7, fabriktest **M**  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2008-05  
Volym, mottagarum: 53 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 22.1 m<sup>2</sup>  
Anm: **M** Noiselevel

---

F (Hz)	R' (dB)
50	25,8
63	35,7
80	35,0
100	38,5
125	43,9
160	48,8
200	48,7
250	51,6
315	52,0
400	53,9
500	56,1
630	58,8
800	61,6
1000	63,8
1250	66,0
1600	69,9
2000	69,4
2500	70,0
3150	74,8



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 61 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -3$   
 $R'_w + C_{50-3150} = 58 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-17

Sign:





## **ARBETSRAPPORT Nr 7**

Ljudmätningar  
Brf. Läktaren

Ingår i TräCetrum Norr:s projekt:  
*Förbättrad ljudisolering i  
modulbyggda konstruktioner*

2009-03-31, rev 2009-05-07  
Fredrik Ljunggren  
Avd. för ljud och vibrationer  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
Tel: 0920-491286, 073-0286531  
Fax: 0920-491030  
E-post: fredrik.ljunggren@ltu.se

## Sammanfattning

Rapporten omfattar ljudmätningar genomförda på Lindbäcks' objekt Brf. Läktaren, Skarpnäck, Stockholm. Syftet har varit att få en bild över hur olika utförande av vibrationsisolering mellan volymer samt olika limtyper för golvgips påverkar ljudegenskaperna. Totalt har 4 mätningar utförts vardera för steg- och luftljud.

Sylodyn uppvisar bättre mätvärden än då Stepsiol används som vibrationsisolering, 2-3 och 5 dB för steg- respektive luftljud. Förbättringen är tydlig i ett brett frekvensområde, från ca 125 Hz och uppåt.

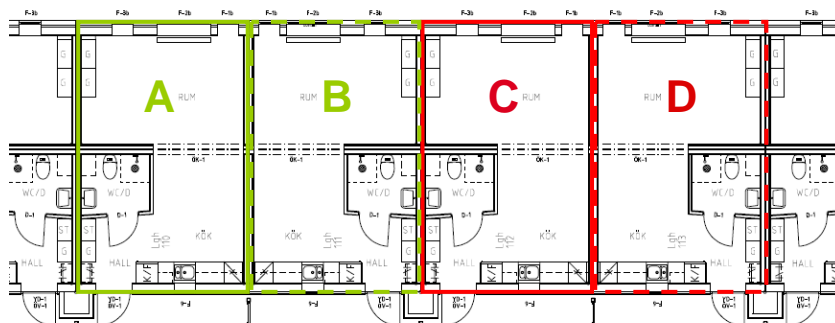
Swedac's lim uppvisar sänkning av stegljudsnivån jämfört med Gyproc's lim G46, 1-2 dB. Även här uppnås förbättringar i ett brett frekvensområde men framförallt från ca 400 Hz och uppåt.

Kombinationen Sylodyn och Swedac resulterar i att ljudklass A erhålls för stegljud och ljudklass B för luftljud. Mätningarna i standardutförande, Stepsiol och G46, uppvisar sämre mätvärden än vad som uppmätts i ett jämförande objekt (Porsön 7).

Uppnådda resultat är något osäkra då enbart en mätning är utförd för varje testad konfiguration.

## Förutsättningar

Rapporten redovisar resultat av ljudmätningar i fält utförda på Lindbäcks' objekt Kv. Läktaren, Skarpnäck, Stockholm, mars 2009. Objektet är ett fyrvåningshus med 1-rumslägenheter om 35m<sup>2</sup>. Varje lägenhet utgörs av två volymer enligt planritning, Fig. 1. Golvbeläggning: Parkett i köksdel, golvgips i v-rumsdel.



Figur 1. Planritning.

## Syfte

Mätningarnas syfte är att under kontrollerade former få fram pålitliga mätningsresultat om hur olika konstruktionsändringar påverkar luft- och stegljudsisolering. De testade ändringarna representerar olika typer av vibrationsisolering samt olika typer av golvgipslim.

## Genomförande

Luf- och stegljudmätningar har gjorts i vertikalled, i enlighet med SS-EN ISO 140-4 resp. 140-7. Resultaten har utvärderats enligt SS-EN ISO 717-1 resp. 717-2. Resultaten har bedömts enligt gällande krav i SS 02 52 67 (3). Samtliga mätningar har utförts mellan husets två översta våningarna, plan 4-3.

## Testvarianter

Volymerna har testats för totalt fyra fall. Två varianter av vibrationsisolering; Stepisol (polyeterskumplasten) och Sylodyn (mikro-cellulär polyuretan) samt två varianter av golvplim; Gyproc G46 och Swedac DG-A 2. Testfallen presenteras i Tab. 1.

Tabell 1. Testvarianter.

Fall	Lgh	Beskrivning
A	310	Stepisol, G46
B	311	Stepisol, Swedac
C	312	Sylodyn, G46
D	313	Sylodyn, Swedac

Stepisol monteras som heltäckande remsor medan Sylodyn för testobjektet har monteras som punktformiga ”kuddar”, c600 med drevning däremellan. G46 upplevs att vara mer elastiskt än andra liknande typer av limmer medan Swedac DG-A 2 marknadsförs som ett elastiskt lim

med utpräglat goda dämpgenskaper. Som Lindbäck's standard används i nuläget Stepisol och G46.

## Resultat och analys

Uppmätta stegljudsnivåer och reduktionstal för luftljud sammanfattas i Tab. 2 och Fig. 2-3.

Tabell 2. Stegljudsnivåer ( $L$ ) och reduktionstal ( $R$ ), ljudklass inom parentes.

Fall	Beskrivning	$L'_{n,w}$	$C_{I,50-2500}$	$L'_{n,w} + C_{I,50-2500}$	$R'_w$	$C_{50-3150}$	$R'_w + C_{50-3150}$
A	Stepisol, G46	50	1	<b>51 (B)</b>	57	-2	<b>55 (C)</b>
B	Stepisol, Swedac	49	3	<b>52* (B)</b>	57	-2	<b>55 (C)</b>
E	Sylodyn, G46	47	2	<b>49 (B)</b>	61	-1	<b>60 (B)</b>
F	Sylodyn, Swedac	45	2	<b>47 (A)</b>	62	-2	<b>60 (B)</b>

\*) Sämre värden pga dåliga lågfrekvensvärden, ej beroende på lim. Med "normalt" lågfrekvensbetenede:  $L'_{n,w} + C_{I,50-2500} = 50$  dB (A).

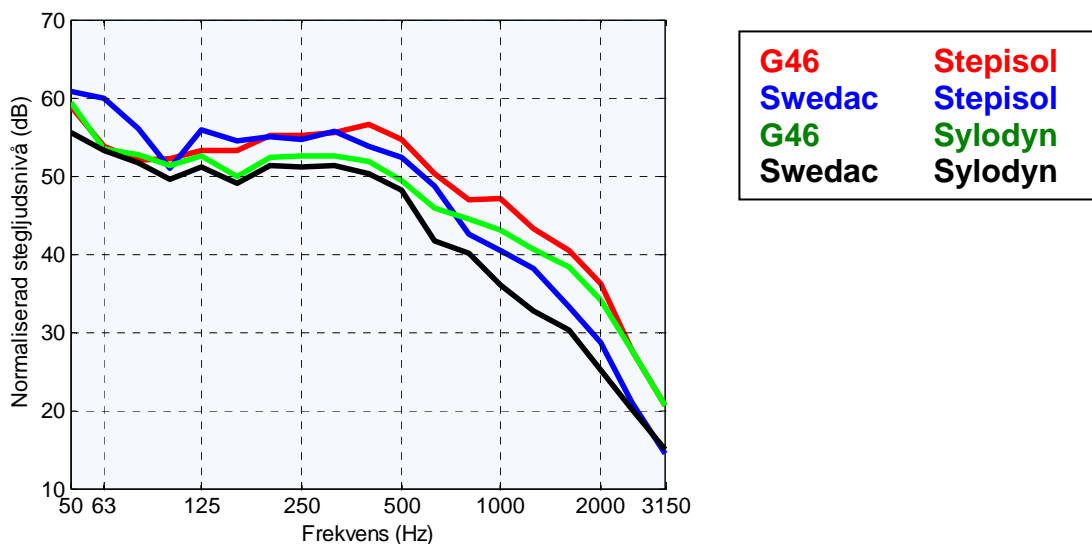
### Vibrationsisolering

Mätningarna visar en tydlig förbättring med Sylodyn i jämförelse med Stepisol över ett brett frekvensområde från ca 125 Hz och uppåt vilket leder till 2-3 dB lägre stegljudsnivå,

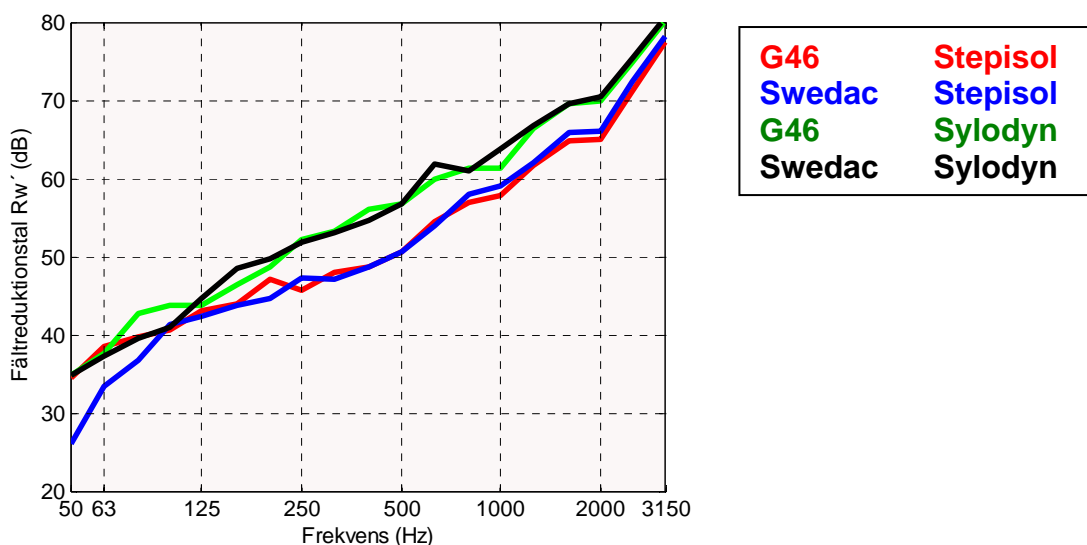
$L'_{n,w} + C_{I,50-2500}$  och 5 dB högre luftljudsisolering,  $R'_w + C_{50-3150}$ .

### Lim (A,B)

Swedac's lim uppvisar lägre stegljudsnivåer, framförallt för frekvenser över 400 Hz. Index  $L'_{n,w} + C_{I,50-2500}$  påverkas 1-2 dB. Ingen skillnad kunde noteras för luftljud.



Figur 2. Jämförande stegljud.



Figur 3. Jämförande luftljud.

Av resultaten att döma finns det betydande ”ljudvinster” att göra genom att byta material i form av Stepisol och G46 till förmån för Sylodyn och Swedac. Den senare kombinationen ger 4 dB bättre stegljudsisolering och 5 dB bättre luftljudsisolering. Förbättringarna motsvarar ett steg bättre ljudklass.

Det bör uppmärksammas att resultaten i standardfallet (Stepisol och G46) uppvisar lägre resultat än förväntat. I jämförelse med Lindbäcks projekt Porsön 7 är värdena 2 resp. 4 dB sämre för steg- resp. luftljud (för aktuellt våningsplan, 3). Tänkbara orsaker kan vara att lägenheter i aktuellt projekt utgörs av två volymer vilket eventuellt medför sämre lufttätning jämfört med 1-volym-lägenheterna på Porsön. Mätningarna gjordes också i ett relativt tidigt skede av byggnationen med avsaknad av färdig parkett-beläggning på halva ytan, inga invändiga täckbrädor vid volymskarv, icke kompletta utvändiga installationsschakt, mm. Även golvbeläggningen skiljer, Porsön har genomgående linoleummatta. Det fanns inte heller någon ström inkopplad i lägenheterna vid provtillfället varför en kabel fick stickas in via ett öppet fönster. Trots att fönstret därefter stängdes så mycket som medgavs samt kompletterades med viss drevning av mineralull är det inte uteslutet att det uppkomna ljudläckaget kan ha påverkat.

## Slutsatser

- Vibrationsisolering med Sylodyn ger 2-3 dB lägre stegljudsnivå samt 5 dB högre luftljudsreduktion, allt jämfört med Stepisol.
- Swedac's lim DG-A 2 ger 1-2 dB lägre stegljudsnivå jämfört med då Gyproc G46 används.
- Sammantaget ger användande av Sylodyn tillsammans med Swedac 4-5 dB bättre ljudegenskaper än Stepisol med G46.
- På grund av mätningarnas begränsning i antal, en mätning per konfiguration, bör resultaten betraktas med viss osäkerhet. Ej heller är andra våningsplan än det översta testat.

## **Övrigt**

Mätningarna omfattar enbart *en* våningsövergång (plan 4-3). Huset är dock byggd med de aktuella ändringarna för samtliga våningar varför kompletterande mätningar kommer att genomföras. Då fås a) bättre säkerhet genom ett större antal lägenheter samt b) uppgift om hur egenskaperna förändras genom olika våningsplan.

## **Bilagor**

Protokoll av ljudmätningar.

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

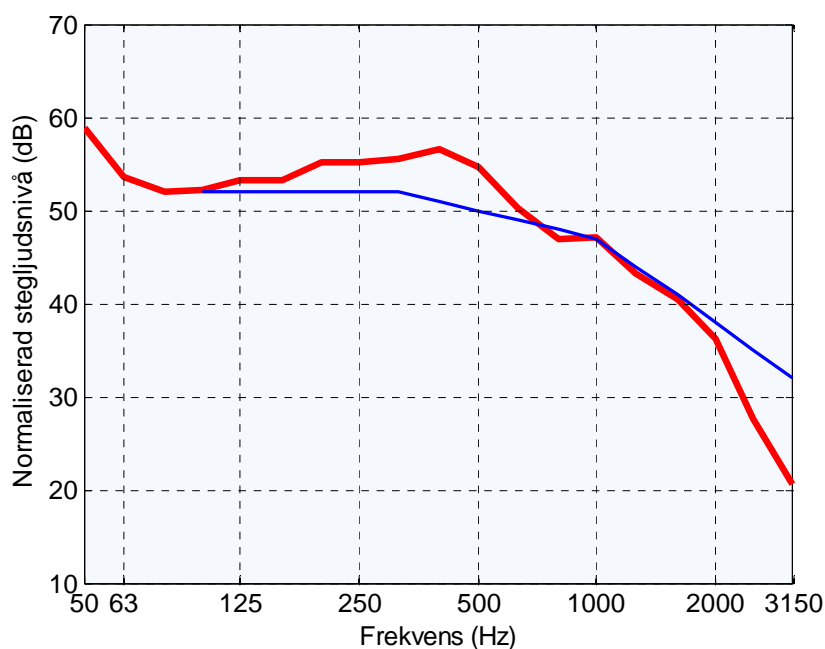
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-03-14  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 310

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	58,8
63	53,7
80	52,1
100	52,2
125	53,3
160	53,3
200	55,2
250	55,2
315	55,6
400	56,5
500	54,6
630	50,3
800	47,0
1000	47,1
1250	43,2
1600	40,4
2000	36,2
2500	27,7
3150	20,6



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 50 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 1$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 51 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-31

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

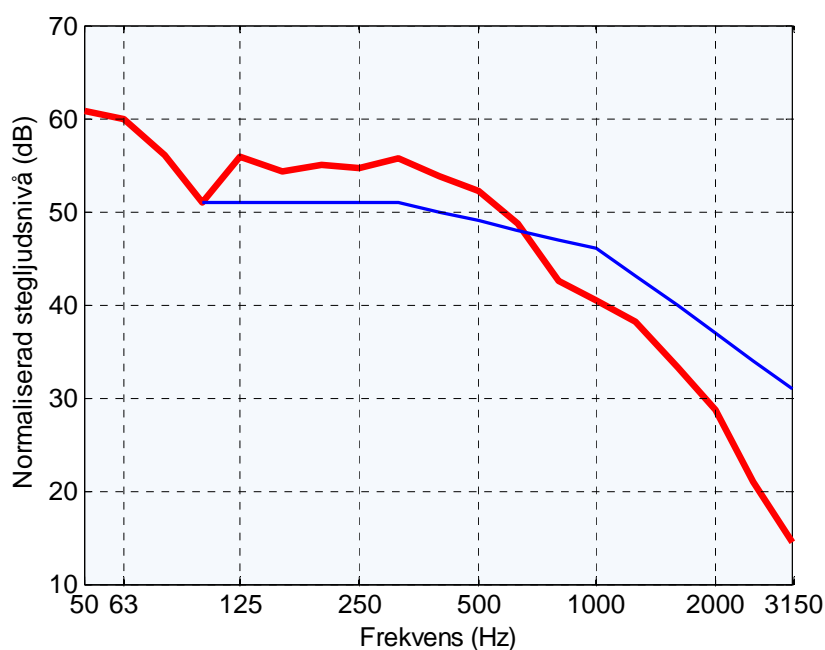
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-03-14  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 311

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	60,8
63	60,0
80	56,1
100	51,0
125	55,8
160	54,4
200	55,0
250	54,7
315	55,7
400	53,8
500	52,3
630	48,6
800	42,5
1000	40,4
1250	38,1
1600	33,2
2000	28,6
2500	21,0
3150	14,5



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 49 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 3$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 52 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-31

Sign:



# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

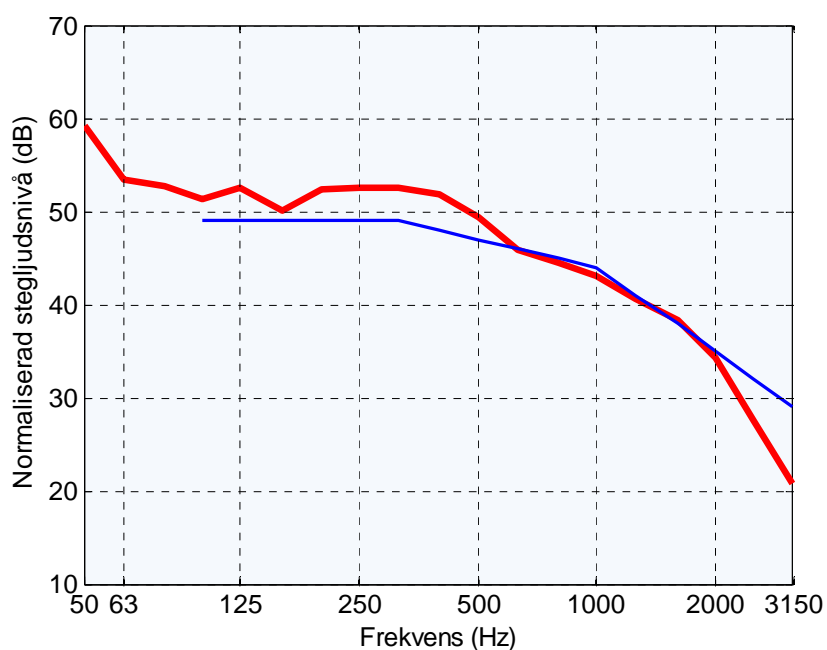
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-03-14  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 312

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	59,3
63	53,4
80	52,7
100	51,3
125	52,6
160	50,0
200	52,3
250	52,5
315	52,6
400	51,8
500	49,3
630	45,9
800	44,5
1000	43,0
1250	40,6
1600	38,4
2000	34,2
2500	27,6
3150	20,7



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 47 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 49 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-31

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

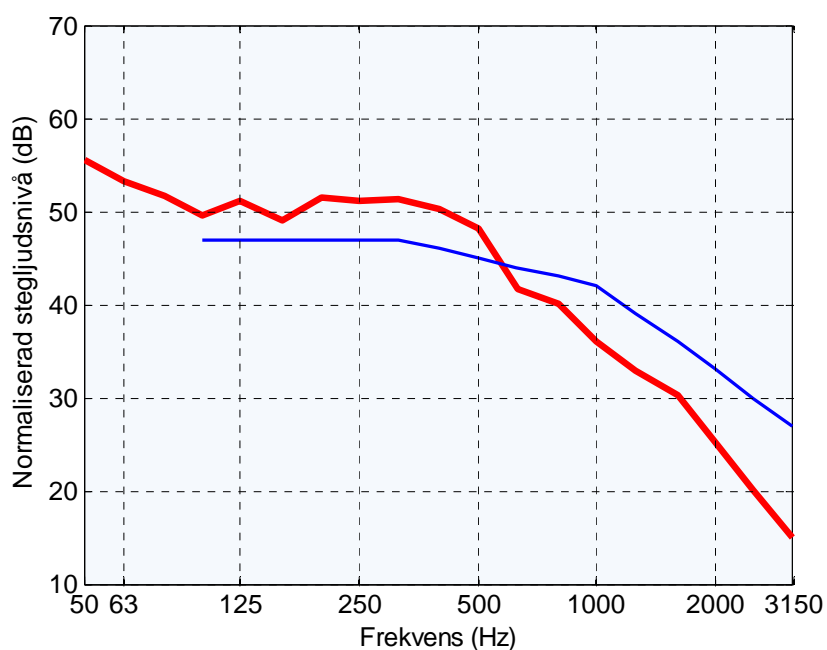
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-03-14  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 313

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	55,5
63	53,2
80	51,7
100	49,5
125	51,2
160	49,1
200	51,4
250	51,1
315	51,4
400	50,2
500	48,2
630	41,6
800	40,1
1000	36,1
1250	32,8
1600	30,2
2000	25,5
2500	20,1
3150	15,1



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 45 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 47 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-31

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

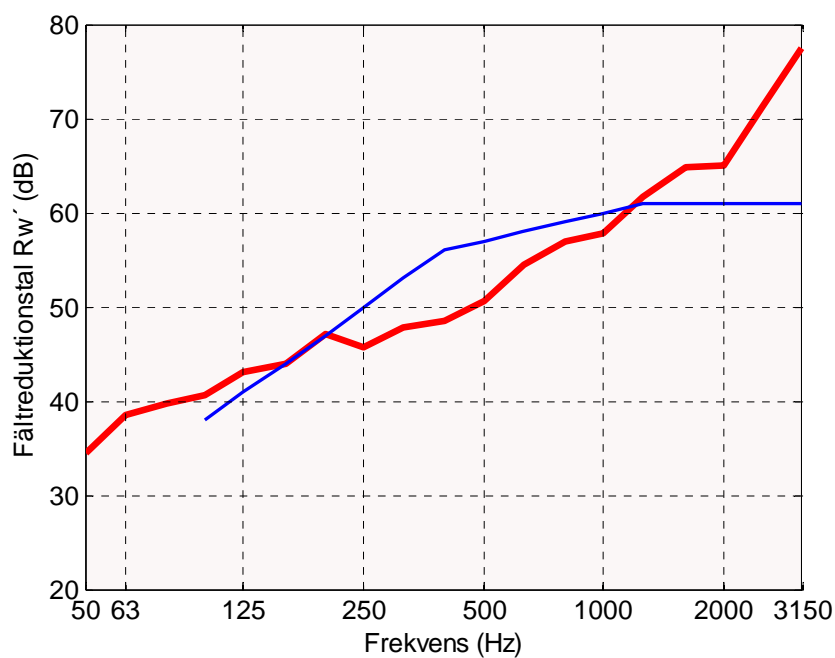
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-03-14  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 310

---

F (Hz)	R' (dB)
50	34,5
63	38,5
80	39,8
100	40,6
125	43,1
160	43,9
200	47,1
250	45,7
315	47,9
400	48,6
500	50,7
630	54,5
800	57,0
1000	57,8
1250	61,7
1600	64,9
2000	65,0
2500	71,2
3150	77,5



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 57$  dB

$C_{50-3150} = -2$

$R'_w + C_{50-3150} = 55$  dB

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-31

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

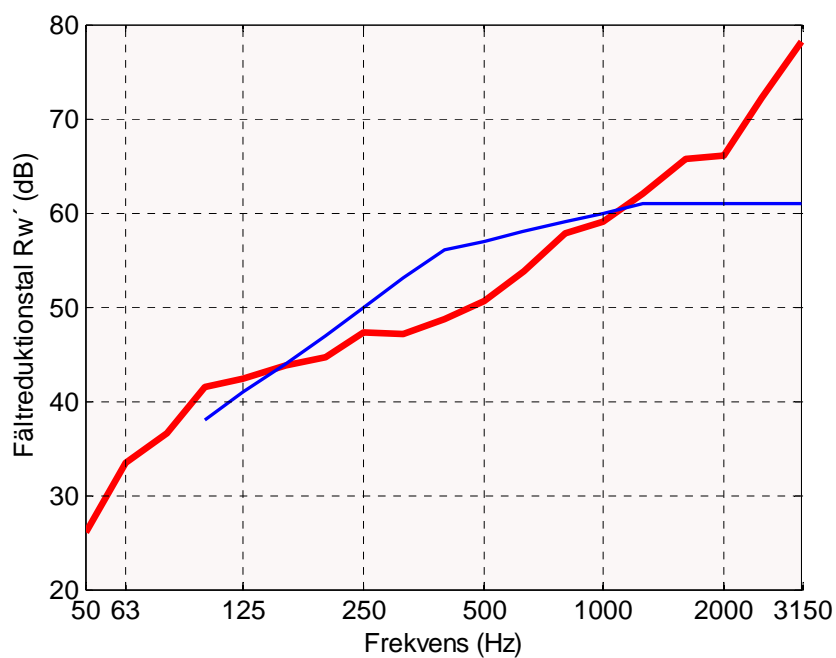
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-03-14  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 311

---

F (Hz)	R' (dB)
50	26,1
63	33,4
80	36,7
100	41,4
125	42,4
160	43,7
200	44,7
250	47,2
315	47,1
400	48,7
500	50,6
630	53,9
800	57,9
1000	59,1
1250	62,0
1600	65,8
2000	66,1
2500	72,3
3150	78,2



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 57$  dB

$C_{50-3150} = -2$

$R'_w + C_{50-3150} = 55$  dB

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-31

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

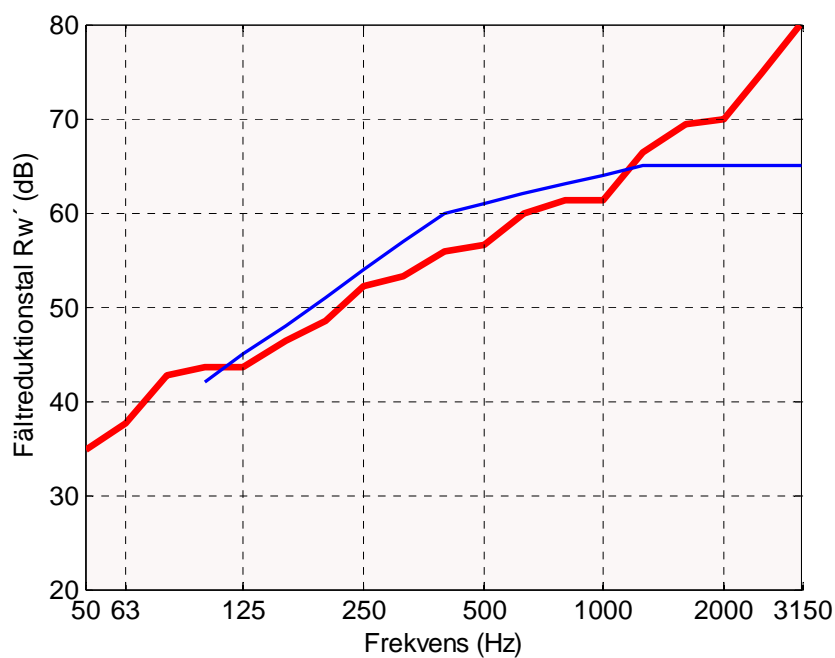
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-03-14  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 312

---

F (Hz)	R' (dB)
50	34,9
63	37,6
80	42,8
100	43,7
125	43,7
160	46,4
200	48,6
250	52,2
315	53,3
400	56,0
500	56,7
630	60,0
800	61,3
1000	61,3
1250	66,4
1600	69,5
2000	69,9
2500	74,8
3150	80,3



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 61 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -1$

$R'_w + C_{50-3150} = 60 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-31

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-4

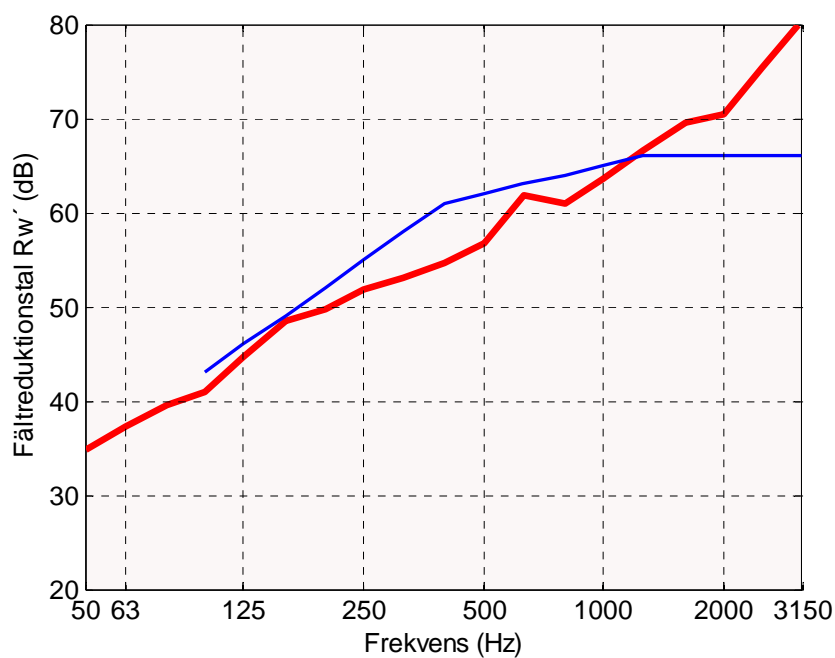
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-03-14  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 313

---

F (Hz)	R' (dB)
50	34,9
63	37,2
80	39,6
100	41,0
125	44,6
160	48,5
200	49,7
250	51,8
315	53,1
400	54,7
500	56,8
630	61,9
800	61,0
1000	63,7
1250	66,7
1600	69,6
2000	70,4
2500	75,4
3150	80,7



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 62 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -2$   
 $R'_w + C_{50-3150} = 60 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-03-31

Sign:



## **ARBETSRAPPORT Nr 8**

### Ljudmätningar 2 Brf. Läktaren

Ingår i TräCetrum Norr:s projekt:  
*Förbättrad ljudisolering i  
modulbyggda konstruktioner*

2009-04-24, rev 2009-05-07  
Fredrik Ljunggren  
Avd. för ljud och vibrationer  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
Tel: 0920-491286, 073-0286531  
Fax: 0920-491030  
E-post: fredrik.ljunggren@ltu.se

## Sammanfattning

Rapporten omfattar ljudmätningar genomförda på Lindbäck's objekt Brf. Läktaren, Skarpnäck, Stockholm. Totalt har 12 mätningar utförts vardera för steg- och luftljud vilka är en direkt komplettering till tidigare utförda 4 mätningar (Arbetsrapport Nr 7). Syftet har varit att kunna fastslå hur olika utförande av vibrationsisolering mellan volymer samt olika limtyper för golvgips påverkar ljudegenskaperna.

Sylodyn uppvisar bättre mätvärden än då Stepsiol används som vibrationsisolering, ca 3 och 5 dB för steg- respektive luftljud. Förbättringen är tydlig i ett brett frekvensområde, från ca 80-160 Hz och uppåt, beroende på våningsplan.

Swedac's lim uppvisar sänkning av stegljudsnivån jämfört med Gyproc's lim G46, ca 2 dB. Även här uppnås förbättringar i ett brett frekvensområde men framförallt från ca 400 Hz och uppåt. Ingen skillnad noterades för luftljud.

Kombinationen Sylodyn och Swedac resulterar i att ljudklass A erhålls för samtliga 6 fall beträffande stegljud med en sammanlagd förbättring om ca 4 dB. För luftljud uppnås klass A i två fall och klass B i resterande fyra. Av de senare underskrids A-kravet med endast 1 dB i tre fall. Eftersom byggnationen vid mättillfället ej var helt komplett kan det vara möjligt att uppnå ett ännu bättre resultat vid en eventuellt senare utförd mätning.

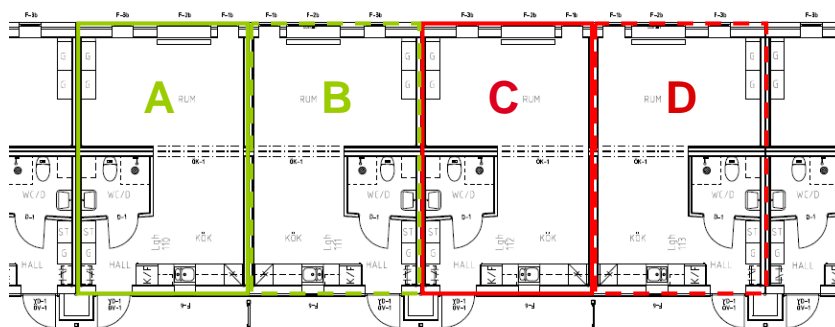
Mätningarna i standardutförande, Stepsiol och G46, uppvisar jämförbara stegljudsvärden men något sämre luftljudsvärden än vad som uppmätts i ett jämförande objekt (Porsön 7).

Uppnådda resultat kan tolkas med betydligt större säkerhet än de redovisade i Arbetsrapport Nr 7. Tre mätningar utfördes för varje testad konfiguration mot tidigare *en* mätning.



## Förutsättningar

Rapporten redovisar resultat av ljudmätningar i fält utförda på Lindbäcks' objekt Kv. Läktaren, Skarpnäck, Stockholm, april 2009. Objektet är ett fyra våningshus med 1-rumslägenheter om 35m<sup>2</sup>. Varje lägenhet utgörs av två volymer enligt planritning, Fig. 1. Golvbeläggning: Parkett i köksdel, golvgips i v-rumsdel. Vid mättillfället var slutgiltig golvbeläggning i vardagsrum - parkett - ej utförd, invändiga täckbrädor saknades vid volymskarvar samt att utvändiga installationsschakt ej var igenbyggda.



Figur 1. Planritning.

## Syfte

Mätningarnas syfte är att under kontrollerade former få fram pålitliga mätningsresultat om hur olika konstruktionsändringar påverkar luft- och stegljudsisolering. De testade ändringarna representerar olika typer av vibrationsisolering samt olika typer av golvgipslim.

## Genomförande

Luf- och stegljudmätningar har gjorts i vertikalled, i enlighet med SS-EN ISO 140-4 resp. 140-7. Resultaten har utvärderats enligt SS-EN ISO 717-1 resp. 717-2. Resultaten har bedömts enligt gällande krav i SS 02 52 67 (3).

## Testvarianter

Volymerna har testats för totalt fyra fall. Två varianter av vibrationsisolering; Stepisol (polyeterskumplasten) och Sylodyn (mikro-cellulär polyuretan) samt två varianter av golvgipslim; Gyproc G46 och Swedac DG-A 2. Totalt återfinns tre mätningar för vardera testfall, vilka presenteras i Tab. 1.

Tabell 1. Testvarianter.

Fall	Lägenhet nr	Beskrivning
A	110 210 310	Stepisol, G46
B	111 211 311	Stepisol, Swedac
C	112 212 312	Sylodyn, G46
D	113 213 313	Sylodyn, Swedac

Stepisol monteras som heltäckande remsor medan Sylodyn för testobjektet har monterats som punktformiga ”kuddar”, c600 med drevning däremellan. G46 upplevs att vara mer elastiskt än andra liknande typer av limmer medan Swedac DG-A 2 marknadsförs som ett elastiskt lim med utpräglad goda dämpegenskaper. Som Lindbäck’s standard används i nuläget Stepisol och G46.

## Resultat och analys

Uppmätta stegljudsnivåer och reduktionstal för luftljud sammanfattas i Tab. 2 och Fig. 2-18 under jämförande mätdiagram..

Tabell 2. Stegljudsnivåer (L) och reduktionstal (R), ljudklass inom parantes.

Lgh	Plan	Fall	Beskrivning	$L'_{n,w}$	$C_{I,50-2500}$	$L'_{n,w} + C_{I,50-2500}$	$R'_w$	$C_{50-3150}$	$R'_w + C_{50-3150}$
110	1	A	Stepisol, G46	51	1	<b>52 (B)</b>	54	-1	<b>53 (C)</b>
210	2	A		51	0	<b>51 (B)</b>	56	-1	<b>55 (C)</b>
310	3	A		48	1	<b>49 (B)</b>	57	-1	<b>56 (C)</b>
111	1	B	Stepisol, Swedac	48	1	<b>49 (B)</b>	56	-1	<b>55 (C)</b>
211	2	B		46	2	<b>48 (A)</b>	56	-1	<b>55 (C)</b>
311	3	B		47	3	<b>50* (B)</b>	58	-2	<b>56 (C)</b>
112	1	C	Sylodyn, G46	45	2	<b>47 (A)</b>	61	-1	<b>60 (B)</b>
212	2	C		46	2	<b>48 (A)</b>	62	-2	<b>60 (B)</b>
312	3	C		44	3	<b>47 (A)</b>	63	-2	<b>61 (A)</b>
113	1	D	Sylodyn, Swedac	45	2	<b>47 (A)</b>	61	-2	<b>59 (B)</b>
213	2	D		43	3	<b>46 (A)</b>	63	-3	<b>60 (B)</b>
313	3	D		43	3	<b>46 (A)</b>	63	-2	<b>61 (A)</b>

\*) Sämre värden pga dåliga lågfrekvensvärden, ej beroende på lim. Med ”normalt” lågfrekvensbetenede:  
 $L'_{n,w} + C_{I,50-2500} = 48$  dB (A).

## Vibrationsisolering

### Stegljud

Mätningarna visar en tydlig förbättring med Sylodyn i jämförelse med Stepisol över ett brett frekvensområde från ca 80 Hz och uppåt för plan 1 (Fig 2) och från ca 160 Hz och uppåt för plan 2 (Fig 3) och 3 (Fig 4) vilket leder till 2-5 dB lägre stegljudsnivå,  $L'_{n,w} + C_{I,50-2500}$ . Skillnader finns med avseende på våning, förbättringarna är som störst på nedre plan och mindre högre upp i huset. Stepisol-lösningen uppvisar tydligt successivt sämre prestanda vid lägre våningar medan Sylodyn är okänslig (eller endast marginellt påverkad) för den ökade last som påförs volymer placerade lågt i huset. Då Sylodyn används uppnås alltså likartade ljudegenskaperna i samtliga lägenheter, oberoende av våningsplan. I genomsnitt blir förbättringen Sylodyn vs Stepisol ca 3 dB för stegljud.

### Luftljud

Även för luftljud påvisas en tydlig förbättring med Sylodyn i jämförelse med Stepisol över ett brett frekvensområde från ca 80 Hz och uppåt för plan 1 (Fig 10), från ca 100 Hz för plan 2 (Fig 11) och från ca 160 Hz och uppåt för plan 3 (Fig 12) vilket leder till 4-7 dB högre luftljudsisolering,  $R'_w + C_{50-3150}$ . Mönstret med våningens inverkan, på samma sätt som för

stegljudet, kan anas men är här inte lika framträdande. I genomsnitt blir förbättringen Sylodyn vs Stepisol ca 5 dB för luftljud.

### **Lim**

Swedac's lim uppvisar lägre stegljudsnivåer, mest påtagligt för frekvenser över 400 Hz, men påverkan kan ses även vid lägre frekvenser, främst för plan 1. Index  $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$  påverkas 1-3 dB då Stepisol använts och 0-2 dB tillsammans med Sylodyn. Ingen skillnad kunde noteras för luftljud.

### **Lim och vibrationsisolering**

Den ur ljudsynpunkt bästa varianten av de testade fallen är att kombinera Swedac's lim med Sylodyn som vibrationsisolering, fall D. Den sammanlagda förbättringen jämfört med lösningen G46 med Stepisol är ca 4 dB för stegljud och 5 dB för luftljud.

## **Jämförelser med tidigare mätningar**

### **Brf Läktaren, mars 2009 (Arbetsrapport 7)**

De fyra lägenheterna på plan 3, (lgh 310-313) uppmättes första gången i mars 2009. Mätningarna av samma lägenheter i aktuell rapport utgör därför en exakt upprepning. De senare mätningarna från april 2009 uppvisar 1-2 dB förbättring i stegljud och 1 dB förbättring i luftljud. Det kan troligtvis förklaras av att ström ej fanns inkopplad i lägenheterna vid första provtillfället varför en kabel fick stickas in via ett öppet fönster. Trots att fönstret därefter stängdes så mycket som medgavs samt kompletterades med viss drevning av mineralull uppstod visst ljudläckage. Vid det senare mättillfället kunde samtliga fönster och dörrar hållas helt stängda.

### **Porsön 7**

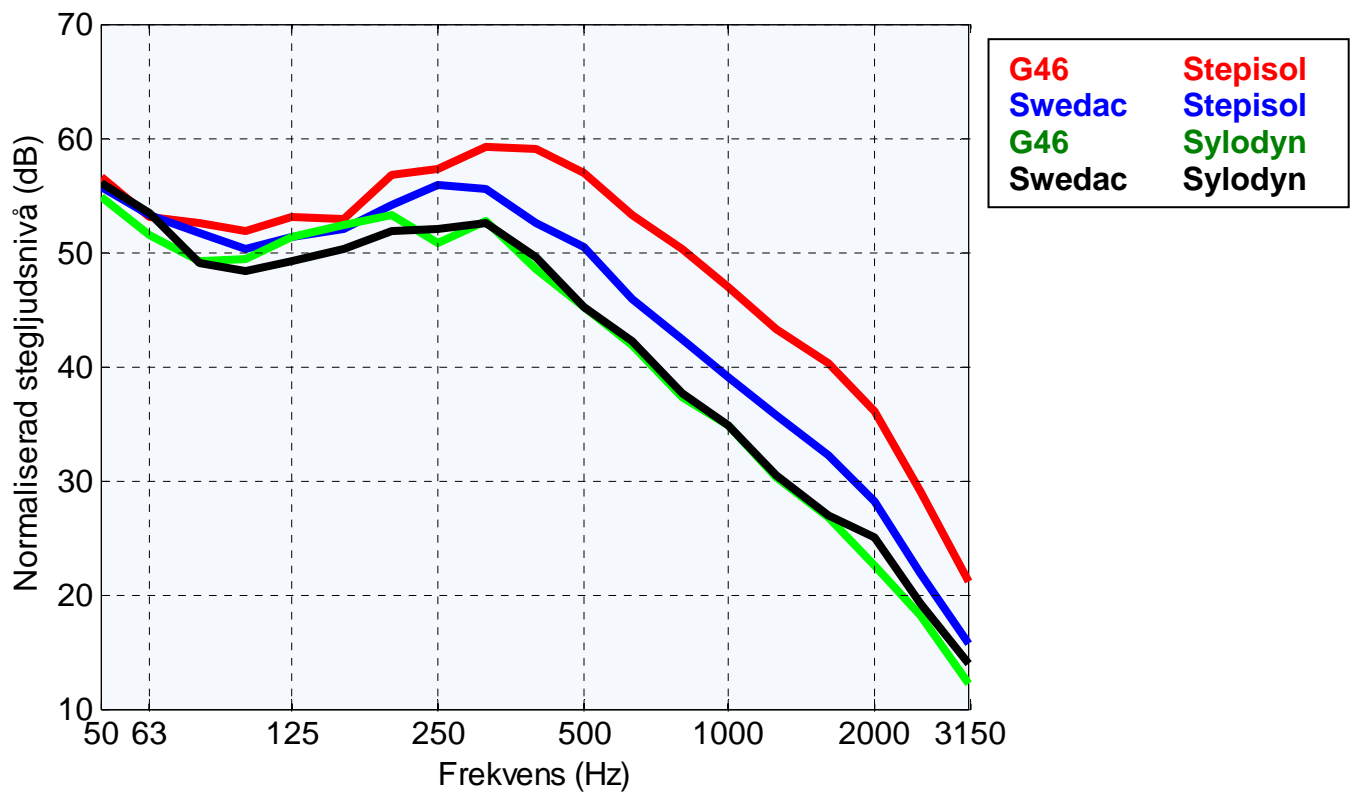
Resultaten i standardfallet (Stepisol och G46) i jämförelse med mätningar utförda på Lindbäck's projekt Porsön 7, sommaren 2008, uppvisar helt jämförbara värden beträffande stegljud. I luftljudsreduktion finns däremot en skillnad om 1-3 dB till Porsö-objektets fördel. Tänkbara orsaker kan vara att lägenheter i aktuellt projekt utgörs av *två* volymer vilket eventuellt medför sämre lufttätning jämfört med 1-volym-lägenheterna på Porsön. Lägg därtill tidigare nämnda avsaknad av färdig parkett-beläggning på halva ytan, inga invändiga täckbrädor vid volymskarv samt icke kompletta utvändiga installationsschakt. Även golvbeläggningen skiljer, Porsön har genomgående linoleummatta.

## **Slutsatser**

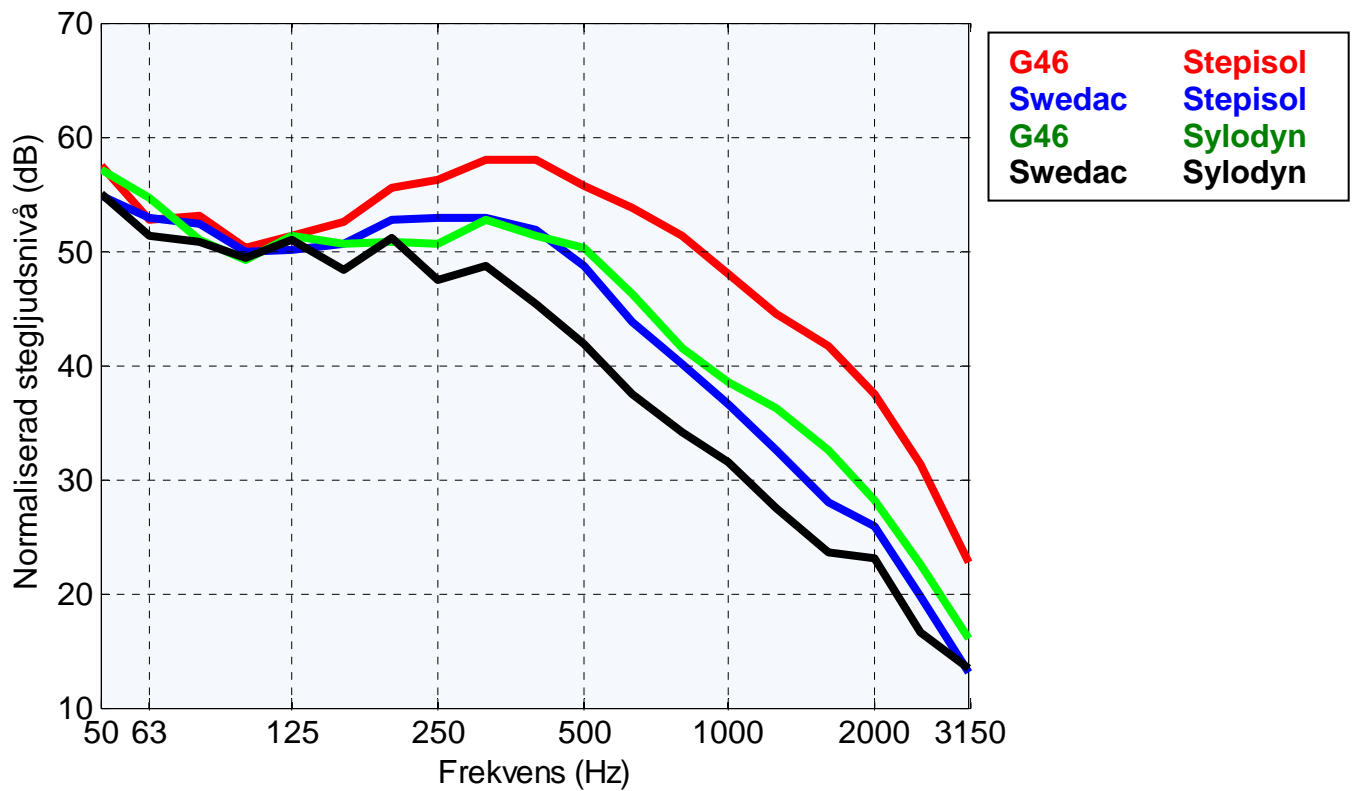
- Vibrationsisolering med Sylodyn ger 3 dB lägre stegljudsnivå samt 5 dB högre luftljudsreduktion, allt jämfört med Stepisol.
- Swedac's lim DG-A 2 ger ca 2 dB lägre stegljudsnivå jämfört med Gyproc G46.
- Kombinationen av Sylodyn tillsammans med Swedac ger 4-5 dB bättre ljudegenskaper än Stepisol med G46 vilket ganska precis motsvaras av ett steg bättre ljudklassning.

Slutsatserna är i mångt och mycket en bekräftelse av de inledande mätningarna från Arbetsrapport Nr 7. Underlaget är betydligt större i aktuell rapport varför slutsatserna i motsvarande grad är betydligt säkrare.

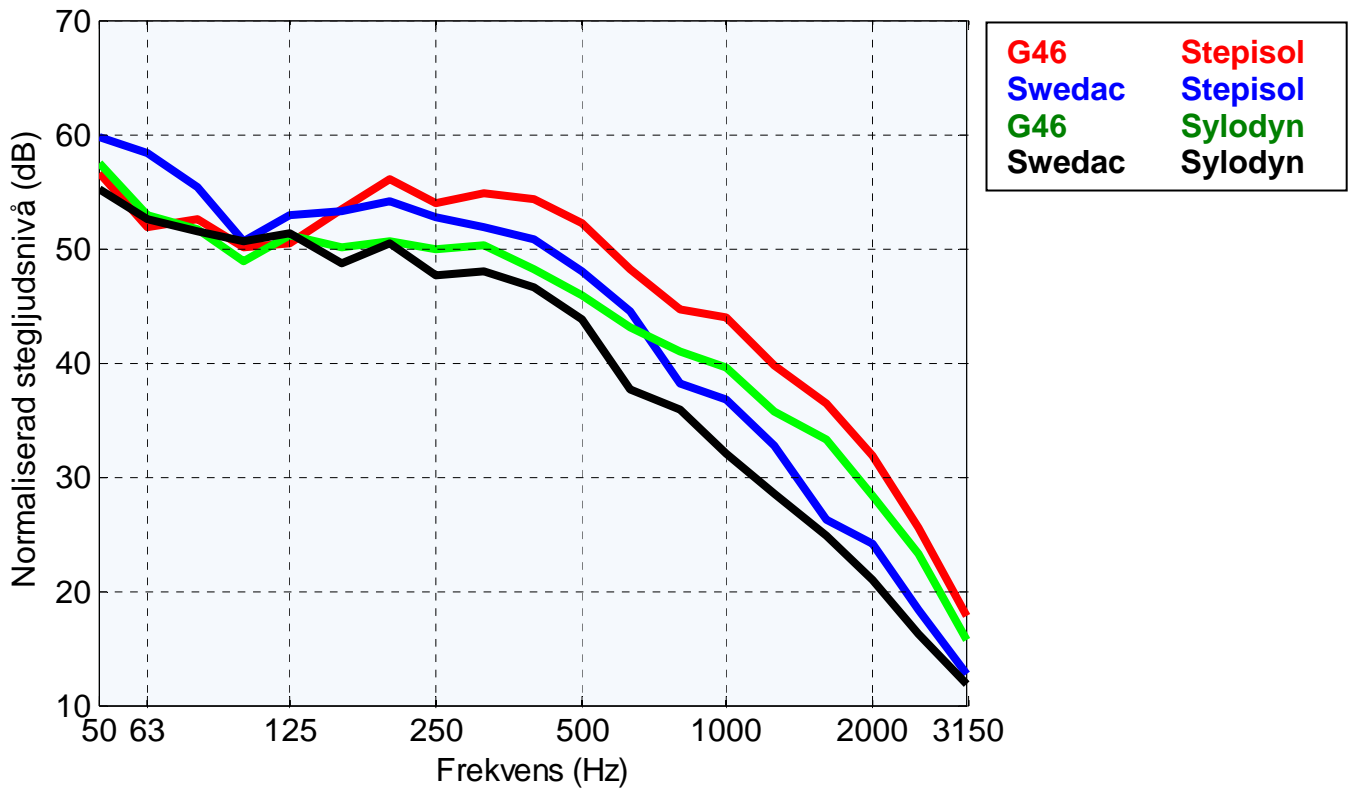
## Jämförande mätdiagram



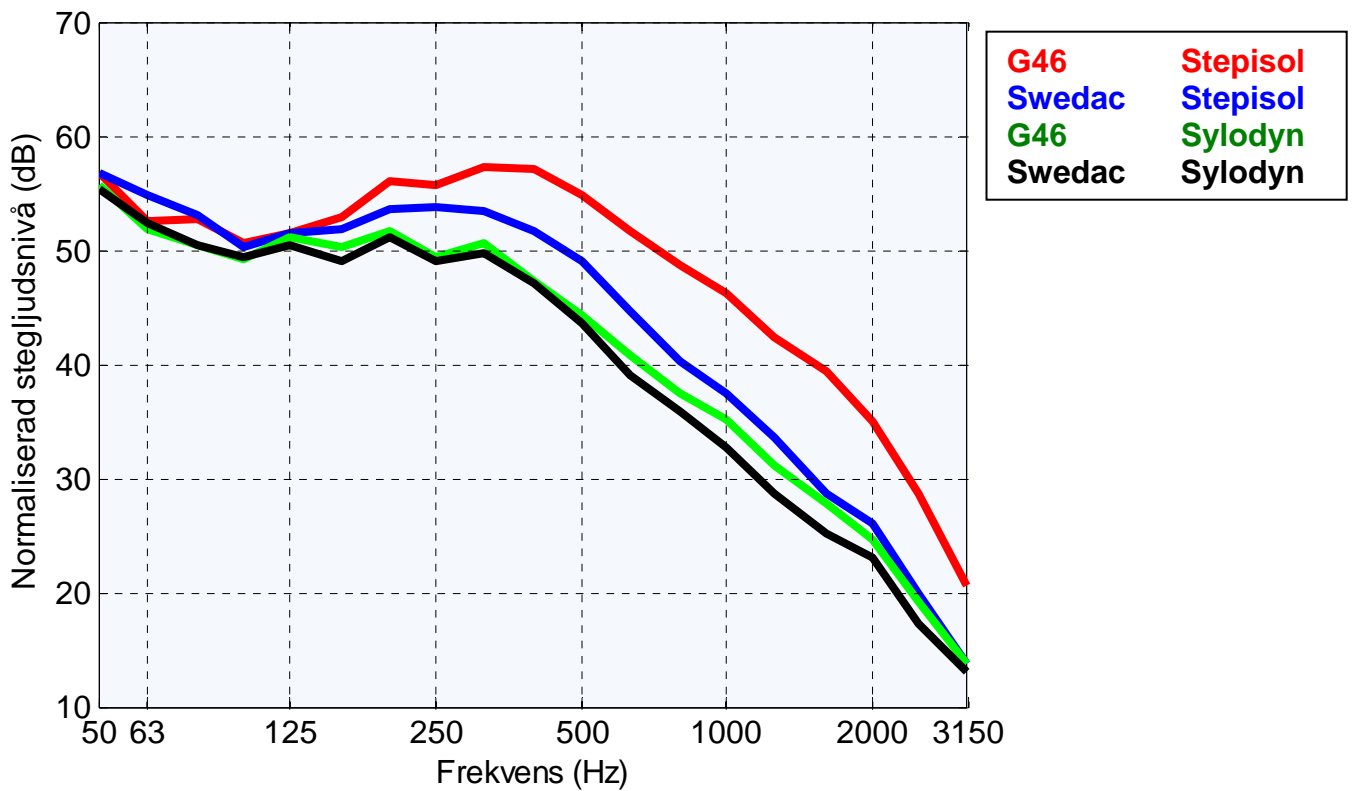
Figur 2. Jämförande stegljud plan1.



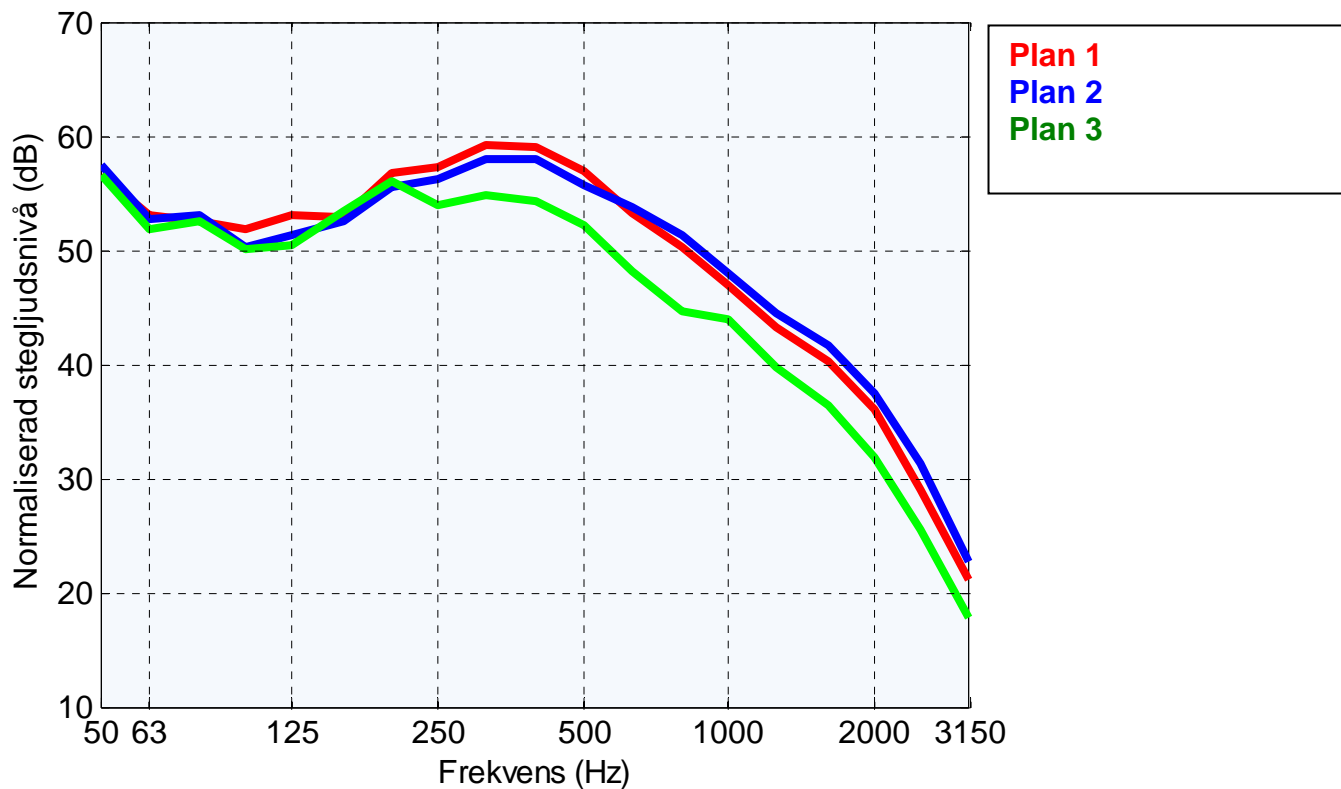
Figur 3. Jämförande stegljud plan2.



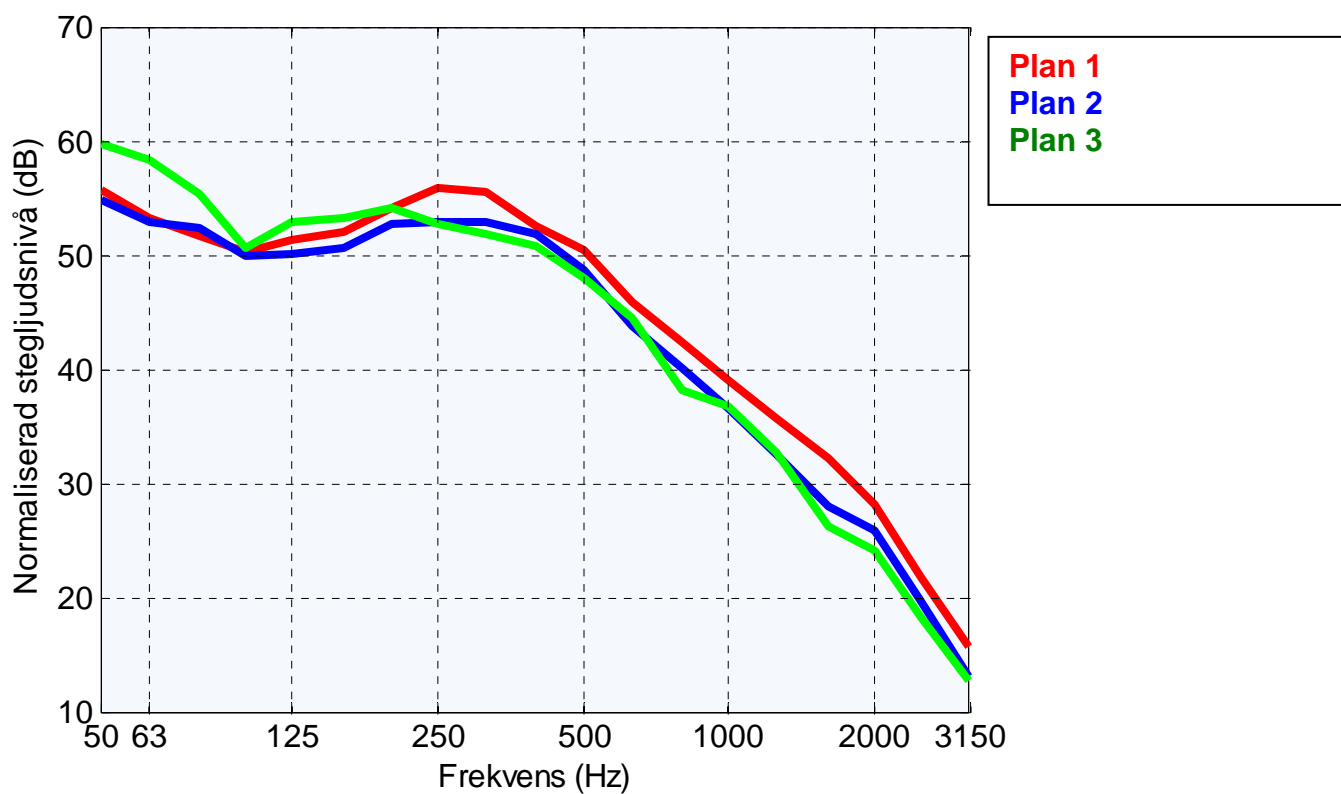
Figur 4. Jämförande stegljud plan3.



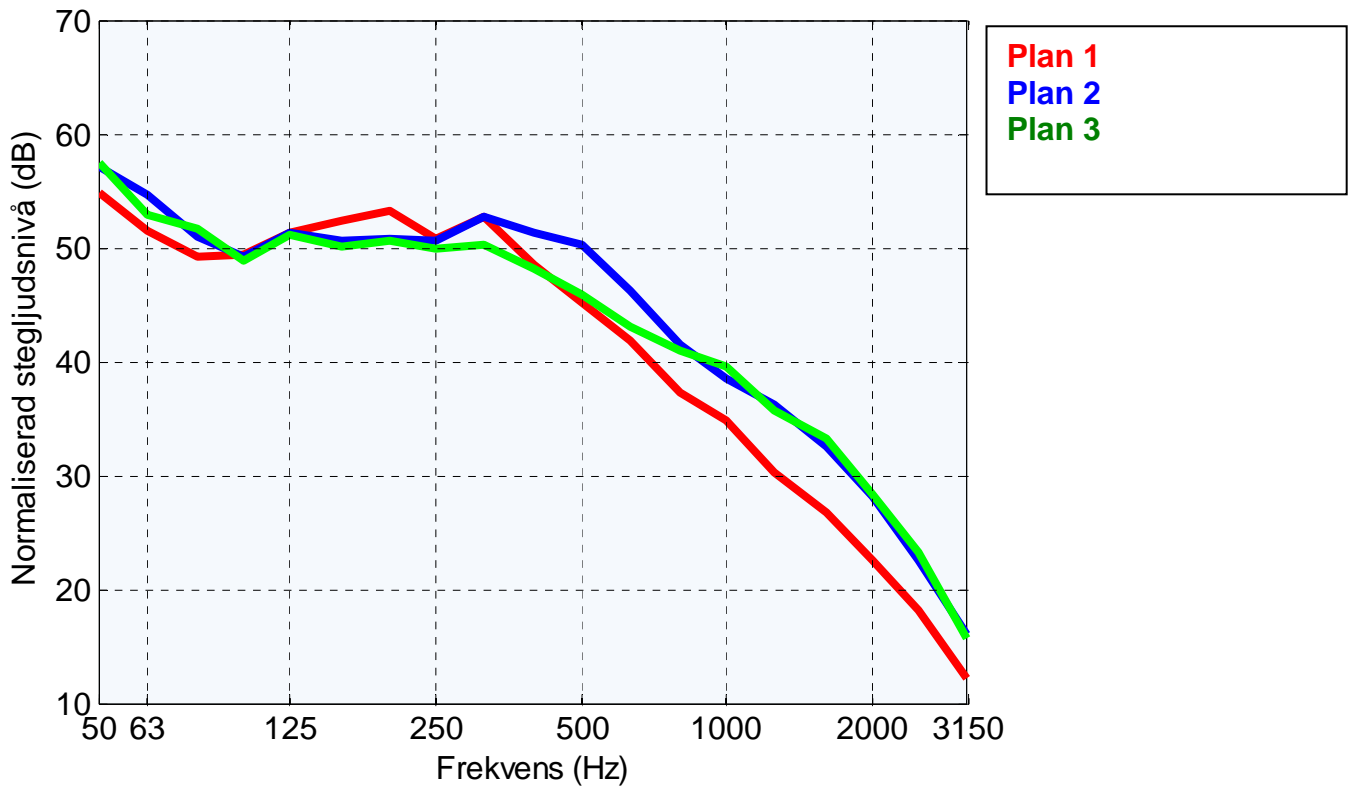
Figur 5. Jämförande stegljud, medelvärden.



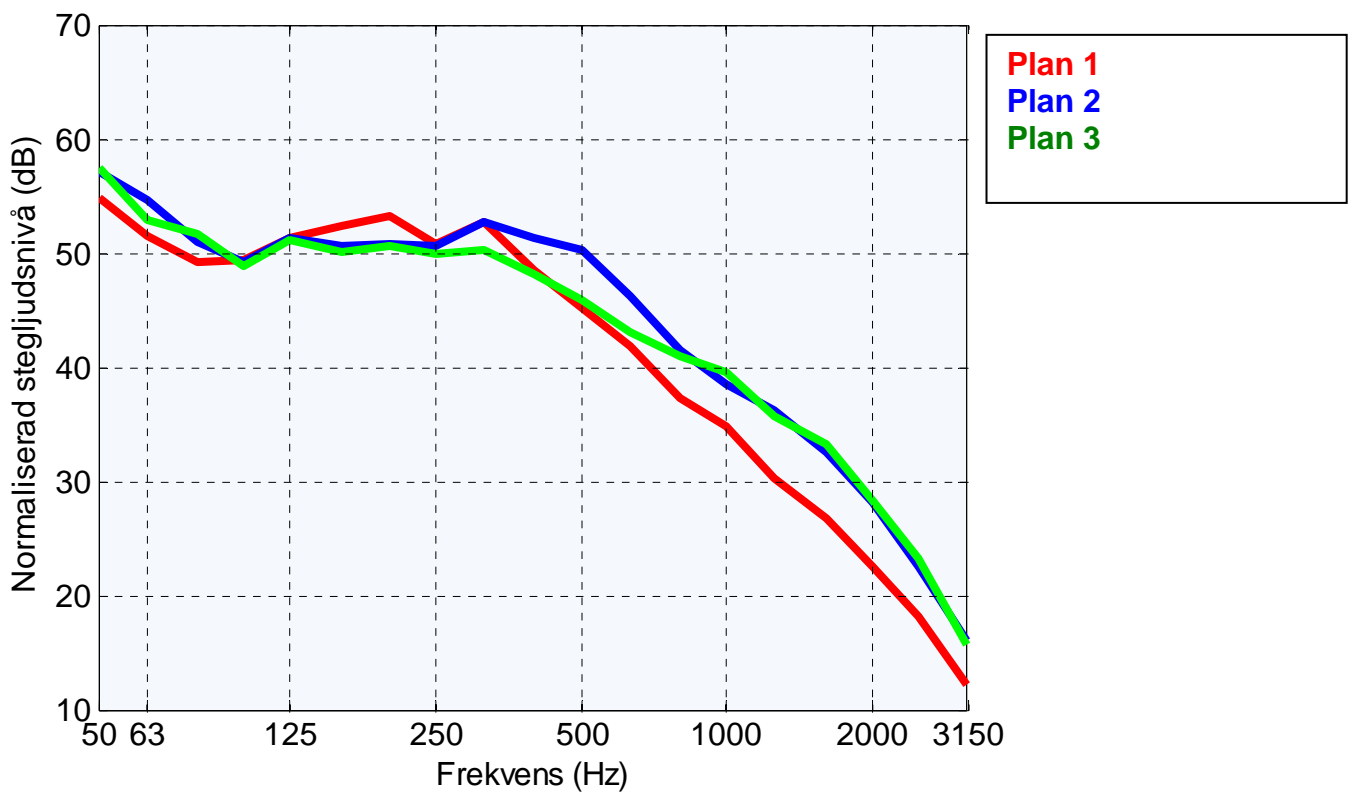
Figur 6. Jämförande stegljud, std.lim + Stepisol, alla våningar.



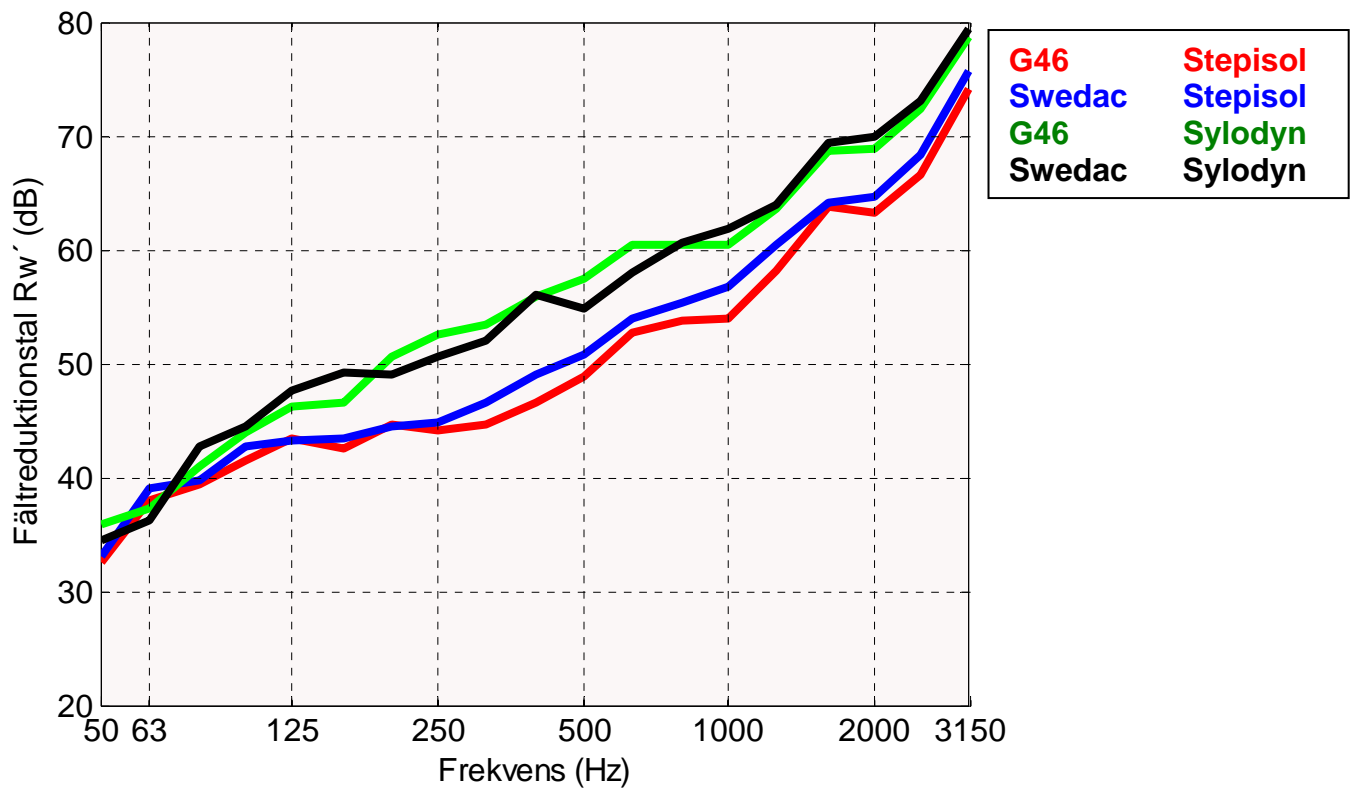
Figur 7. Jämförande stegljud, Swedac lim + Stepisol, alla våningar.



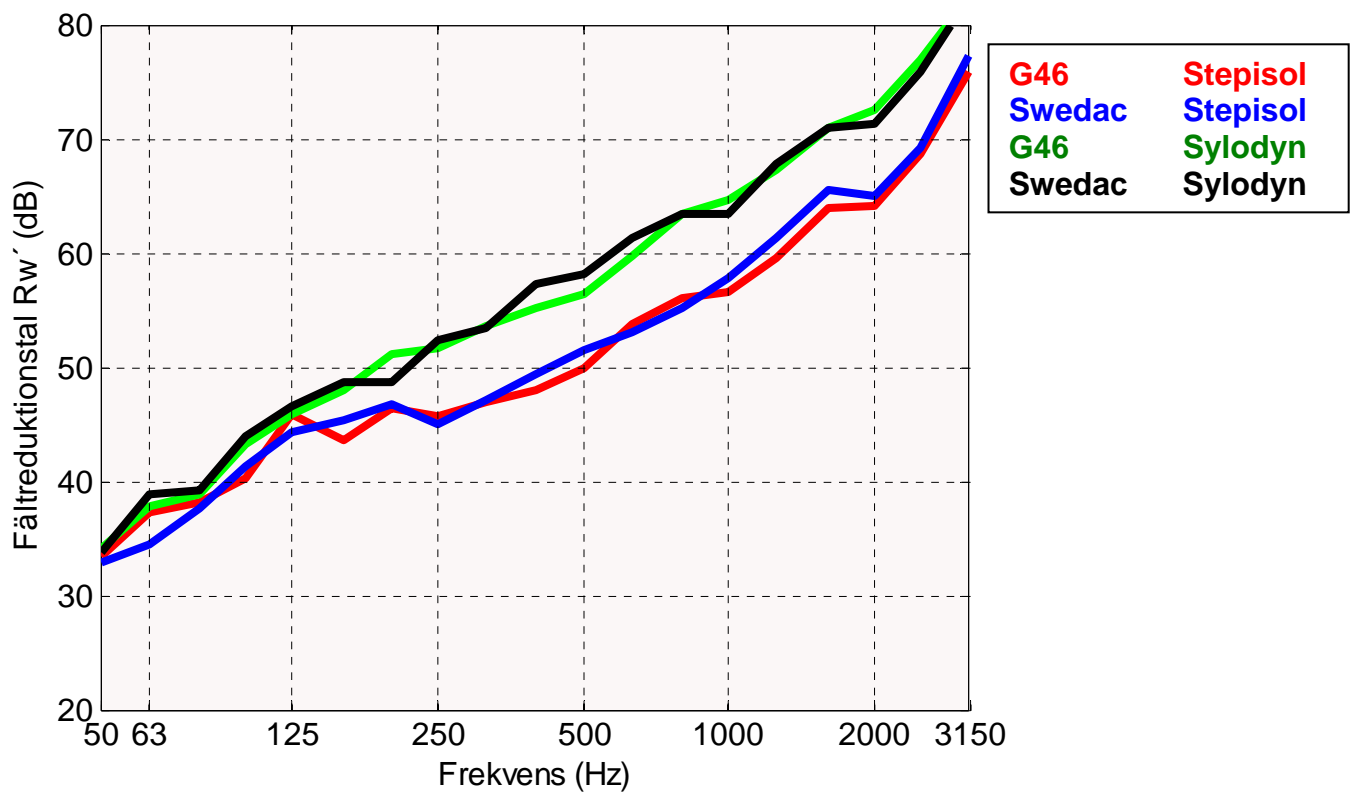
Figur 8. Jämförande stegljud, std.lim + Sylodyn, alla våningar.



Figur 9. Jämförande stegljud, Swedac lim + Sylodyn, alla våningar.

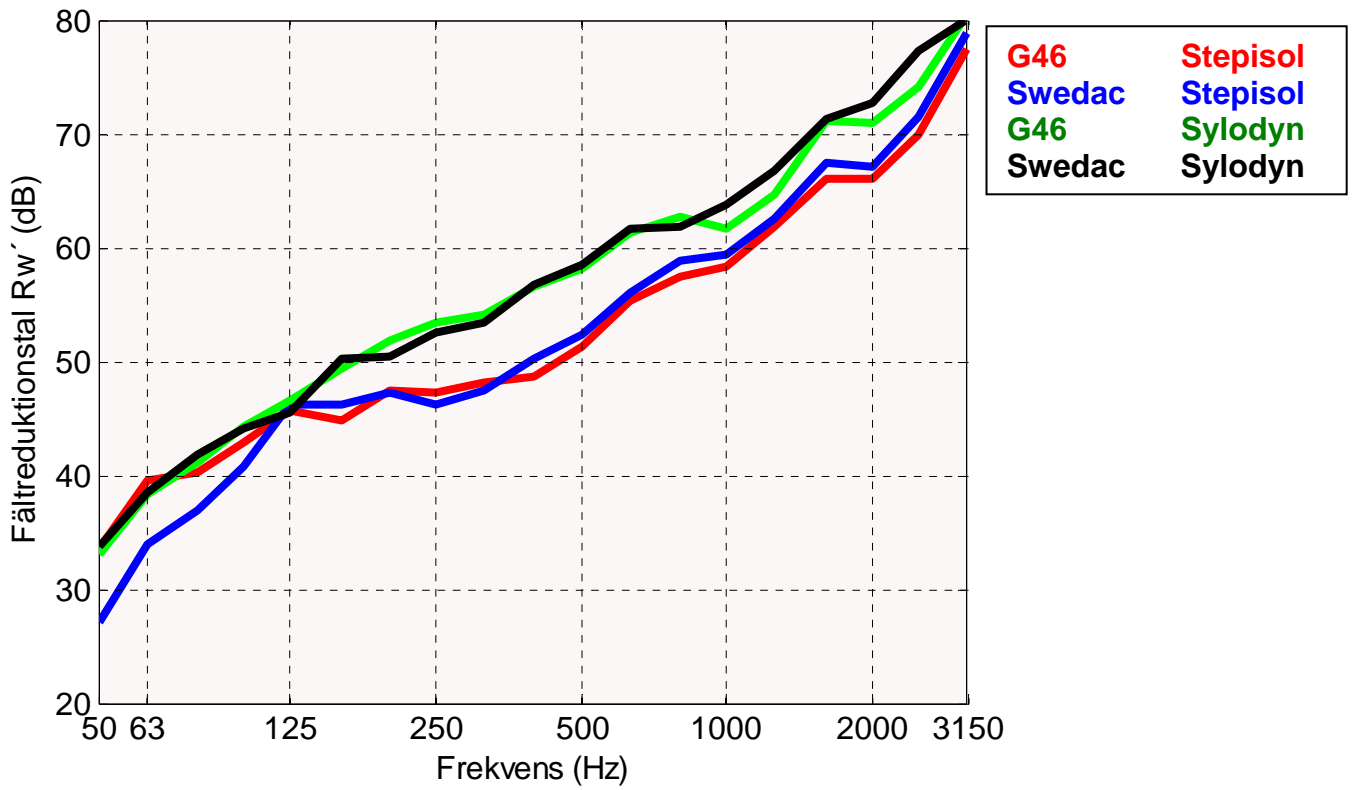


Figur 10. Jämförande luftljud, plan 1.

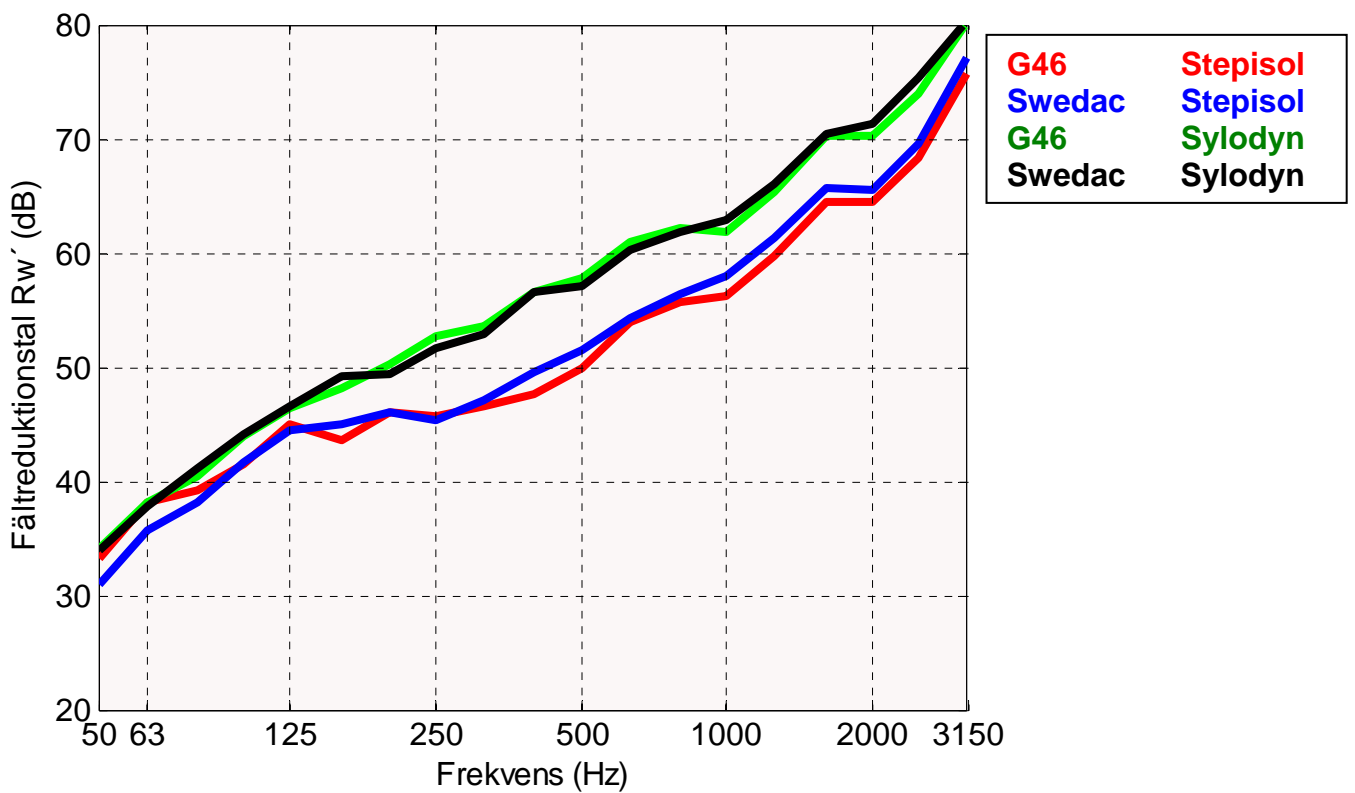


Figur 11. Jämförande luftljud, plan 2.

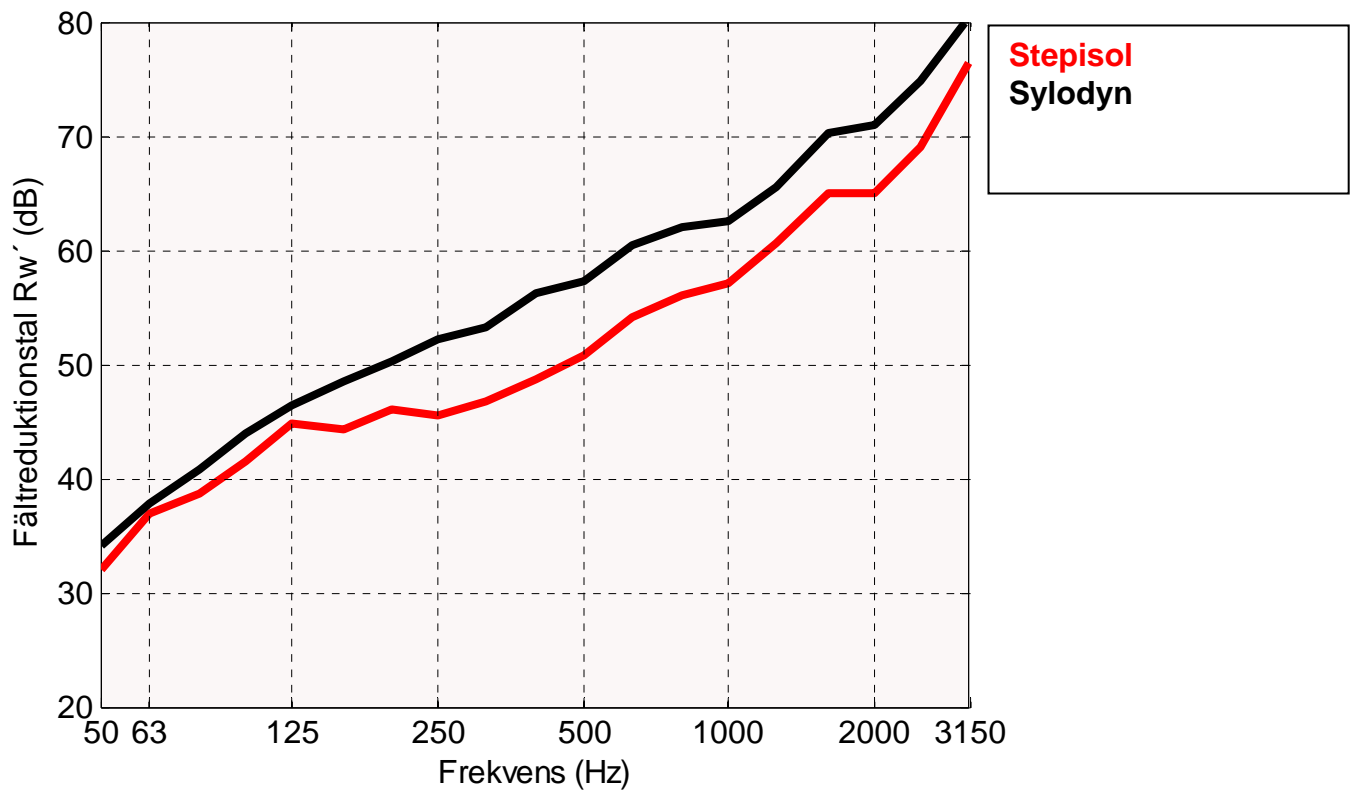




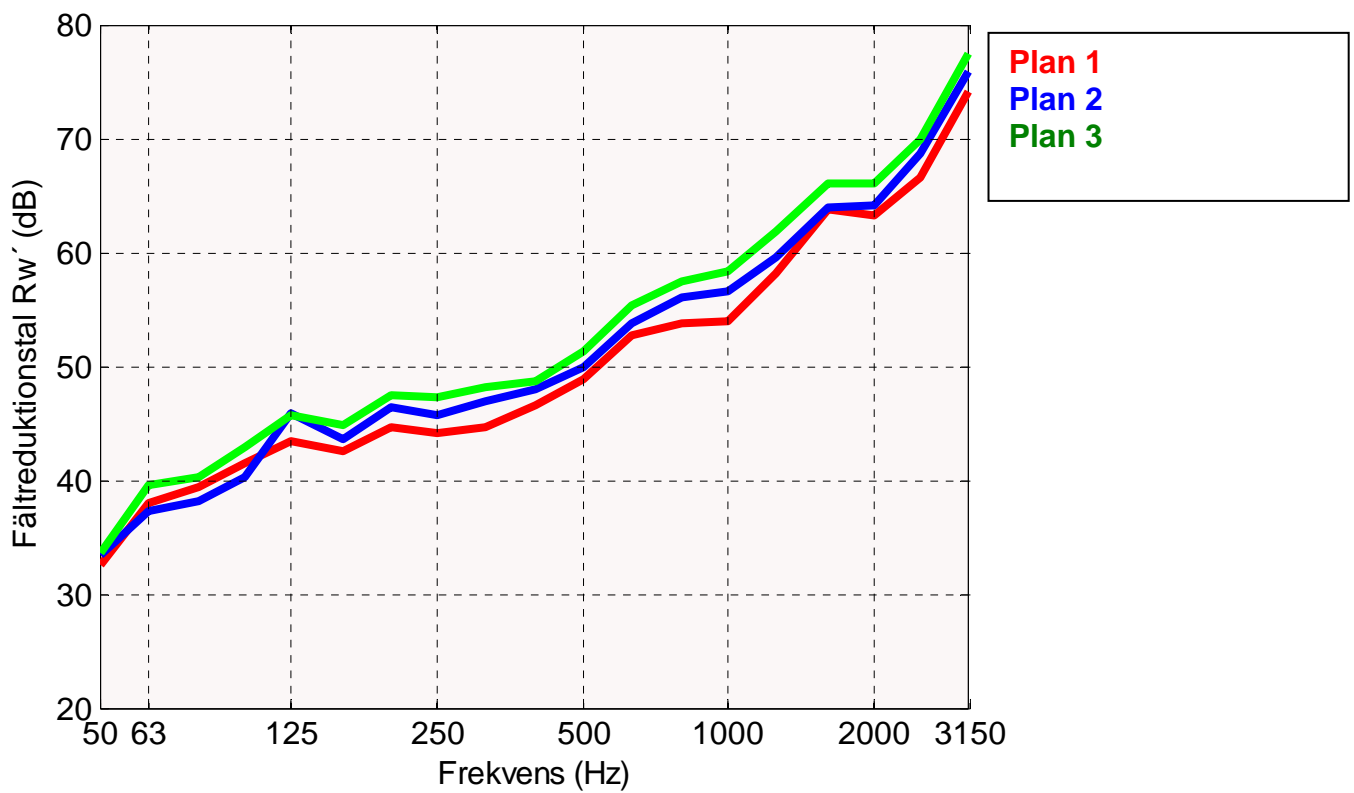
Figur 12. Jämförande luftljud, plan3.



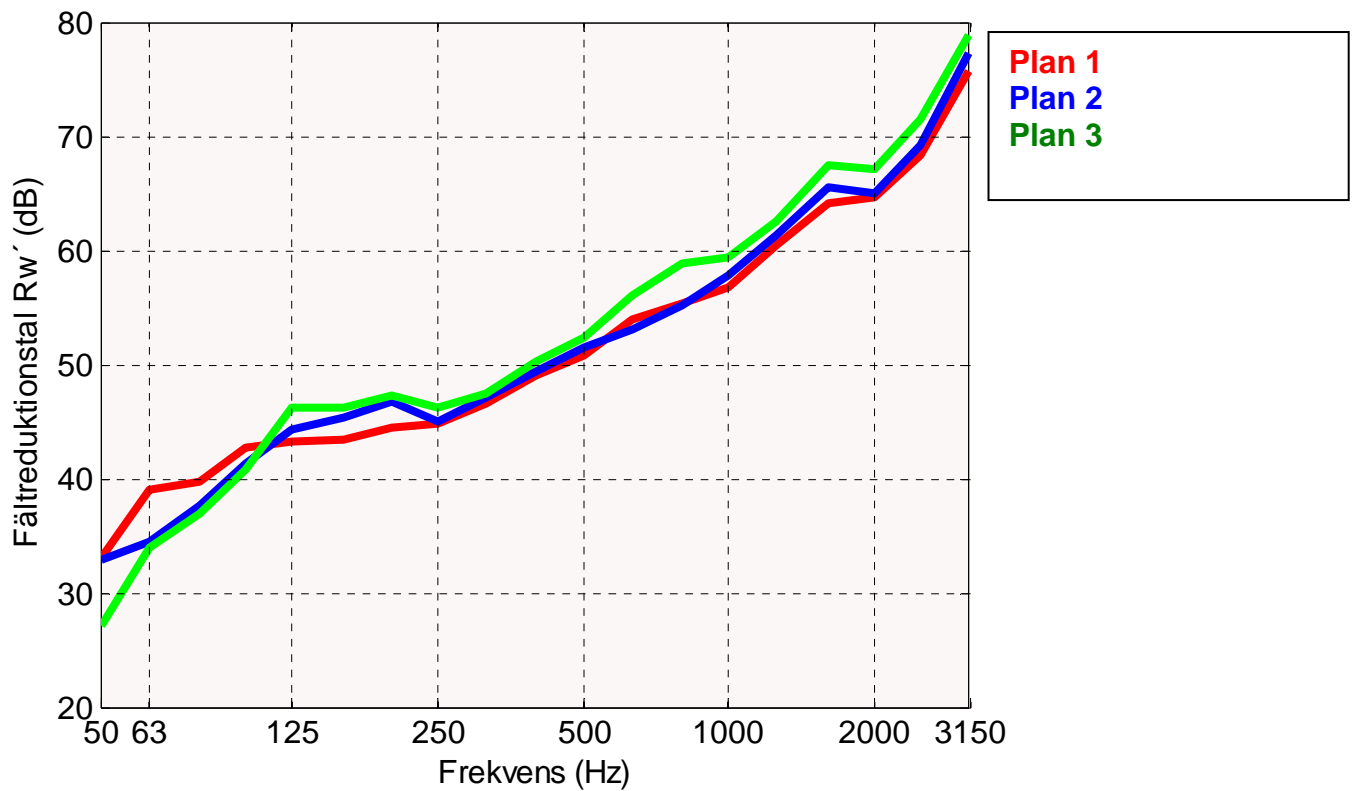
Figur 13. Jämförande luftljud, medelvärden.



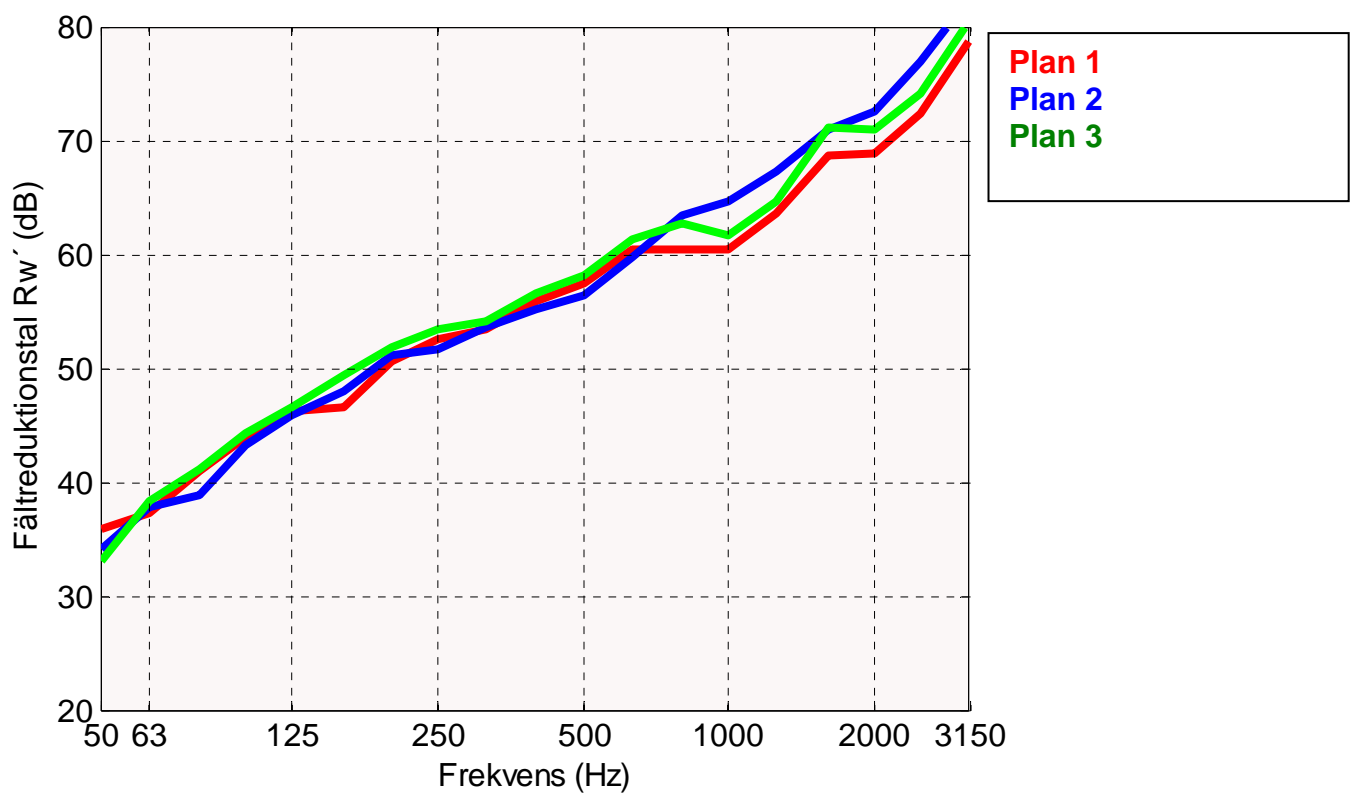
Figur 14. Jämförande luftljud, medelvärden (vardera 6 st).



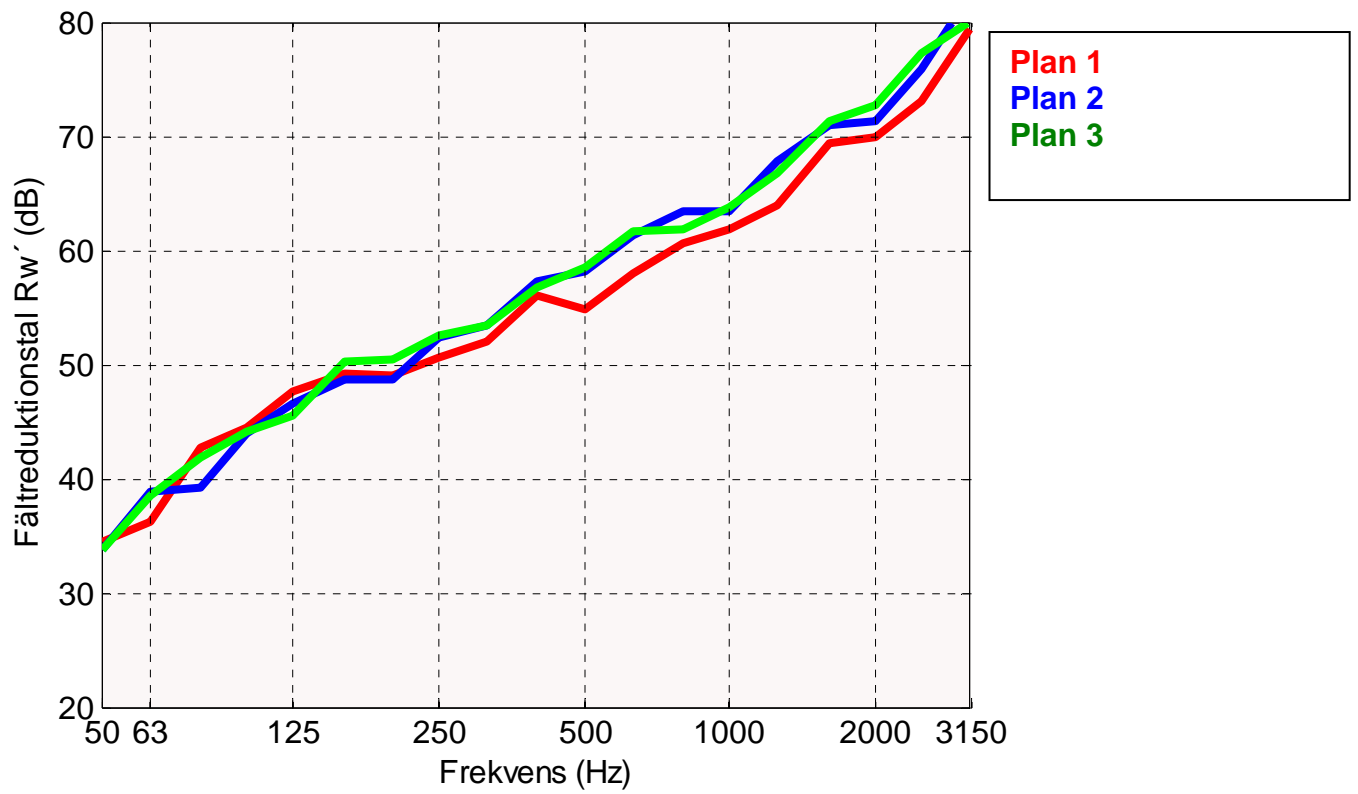
Figur 15. Jämförande luftljud, std.lim + Stepisol, alla våningar.



Figur 16. Jämförande luftljud, Swedac lim + Stepisol, alla våningar.



Figur 17. Jämförande luftljud, std. lim + Sylodyn, alla våningar.



Figur 18. Jämförande luftljud, Swedac lim + Sylodyn, alla våningar.

## Bilagor

Protokoll av ljudmätningar.

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

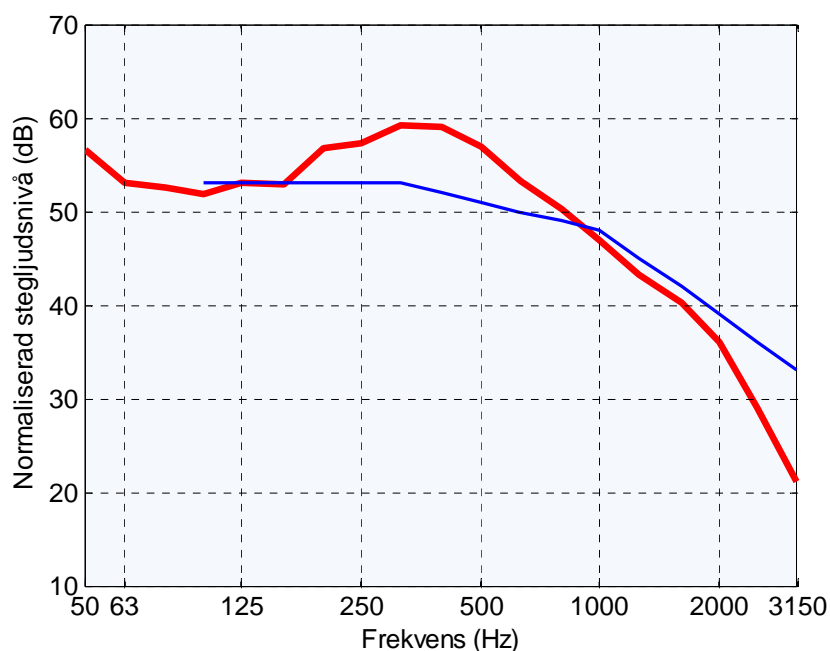
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-09  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 110

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	56,5
63	53,1
80	52,6
100	51,9
125	53,0
160	52,9
200	56,7
250	57,2
315	59,2
400	59,0
500	57,0
630	53,3
800	50,3
1000	46,9
1250	43,2
1600	40,2
2000	36,0
2500	29,0
3150	21,1



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 51 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 1$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 52 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

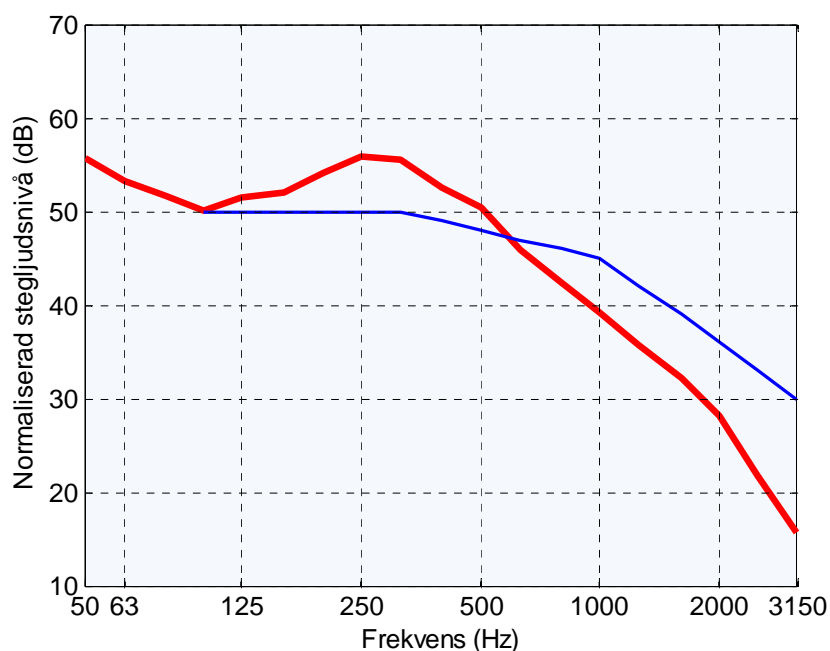
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-09  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 111

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	55,7
63	53,2
80	51,7
100	50,2
125	51,4
160	52,0
200	54,1
250	55,8
315	55,5
400	52,6
500	50,4
630	45,9
800	42,4
1000	39,2
1250	35,7
1600	32,2
2000	28,1
2500	21,9
3150	15,7



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 48 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 1$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 49 \text{ dB}$$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

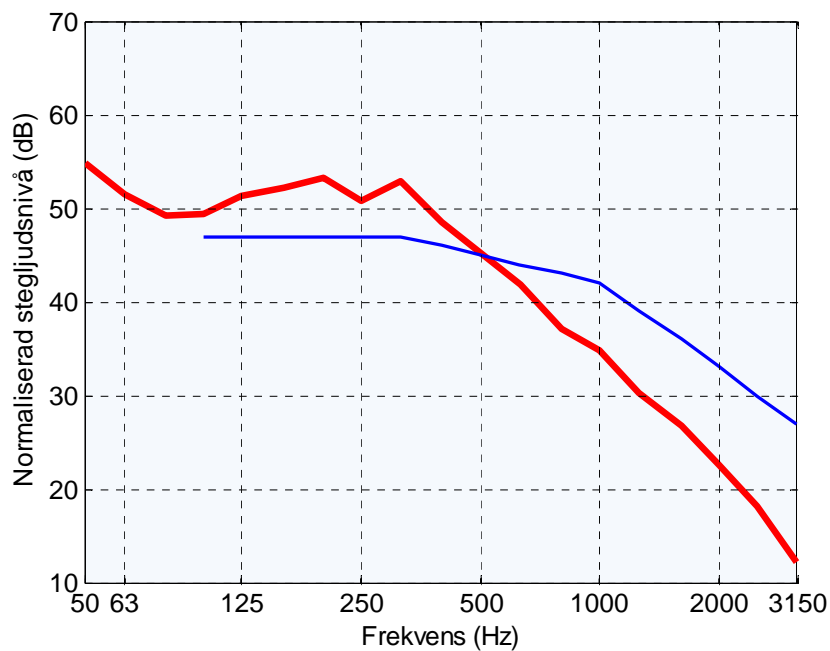
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Mätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-09  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 112

F (Hz)	L'n (dB)
50	54,9
63	51,5
80	49,2
100	49,3
125	51,3
160	52,3
200	53,3
250	50,8
315	52,8
400	48,5
500	45,1
630	41,9
800	37,2
1000	34,8
1250	30,3
1600	26,7
2000	22,6
2500	18,1
3150	12,2



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L_{n,w}(C_i) = 45 \text{ dB}$        $C_{i,50-2500} = 2$

$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 47 \text{ dB}$

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

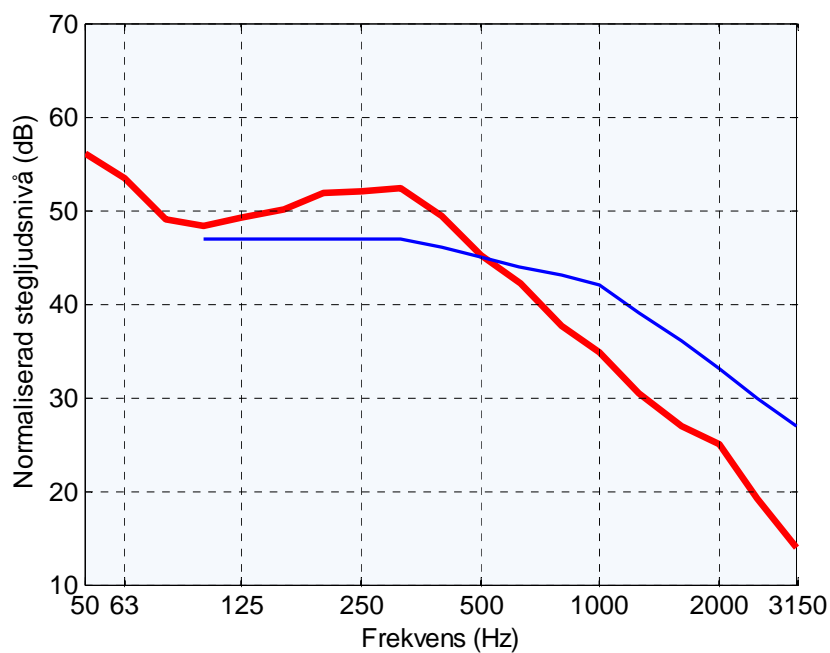
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-09  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 113

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	56,1
63	53,4
80	49,0
100	48,3
125	49,2
160	50,2
200	51,9
250	52,1
315	52,5
400	49,5
500	45,2
630	42,2
800	37,7
1000	34,9
1250	30,5
1600	27,0
2000	25,0
2500	19,2
3150	14,0



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L_{n,w}(C_i) = 45 \text{ dB}$        $C_{i,50-2500} = 2$

$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 47 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:



# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

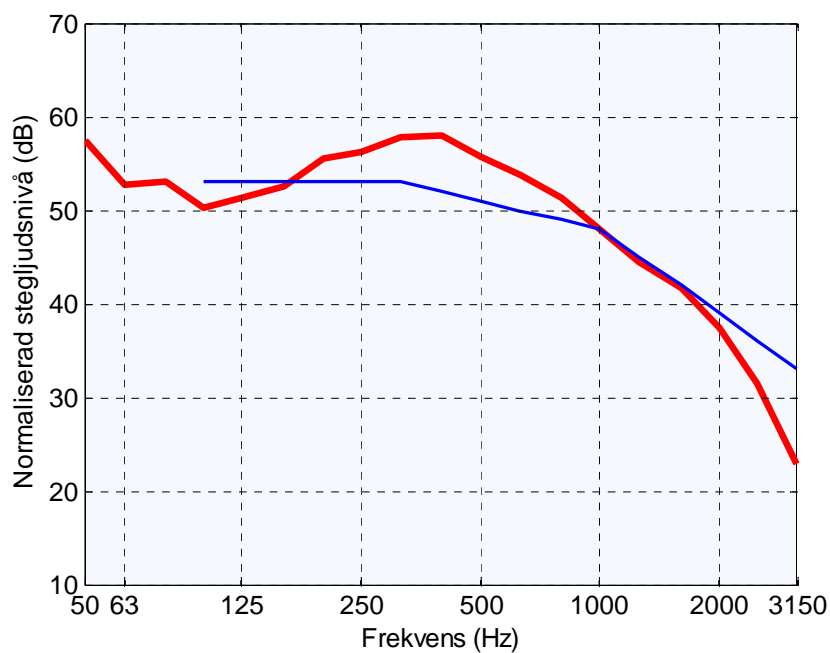
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-09  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 210

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	57,5
63	52,7
80	53,1
100	50,2
125	51,3
160	52,6
200	55,5
250	56,2
315	57,9
400	58,0
500	55,7
630	53,7
800	51,4
1000	47,9
1250	44,4
1600	41,7
2000	37,4
2500	31,4
3150	22,8



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L_{n,w}(C_i) = 51 \text{ dB}$                        $C_{i,50-2500} = 0$

$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 51 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

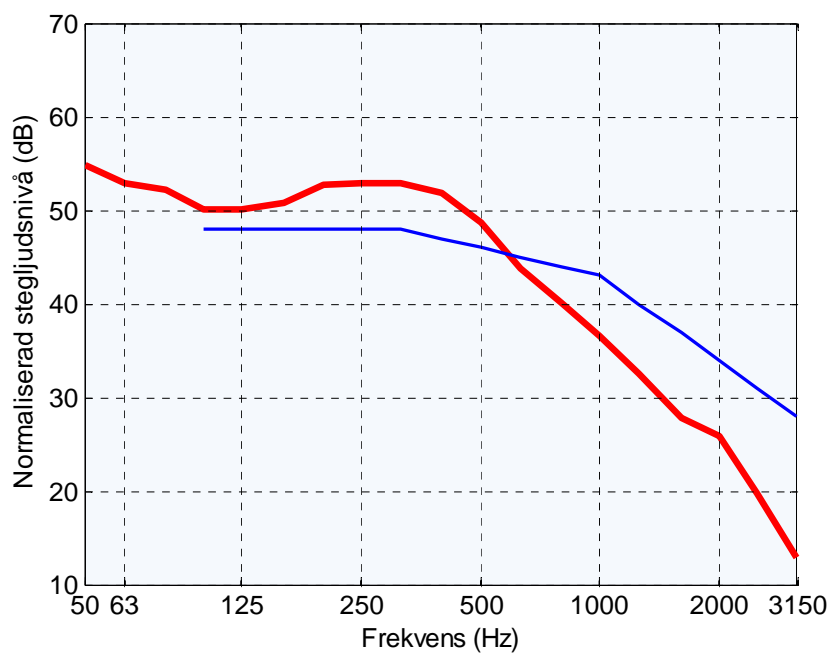
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Mätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-09  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 211

F (Hz)	L'n (dB)
50	54,9
63	52,9
80	52,3
100	50,0
125	50,1
160	50,7
200	52,7
250	52,9
315	52,9
400	51,8
500	48,7
630	43,7
800	40,1
1000	36,6
1250	32,6
1600	27,9
2000	25,9
2500	19,8
3150	13,0



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 46 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 48 \text{ dB}$$

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

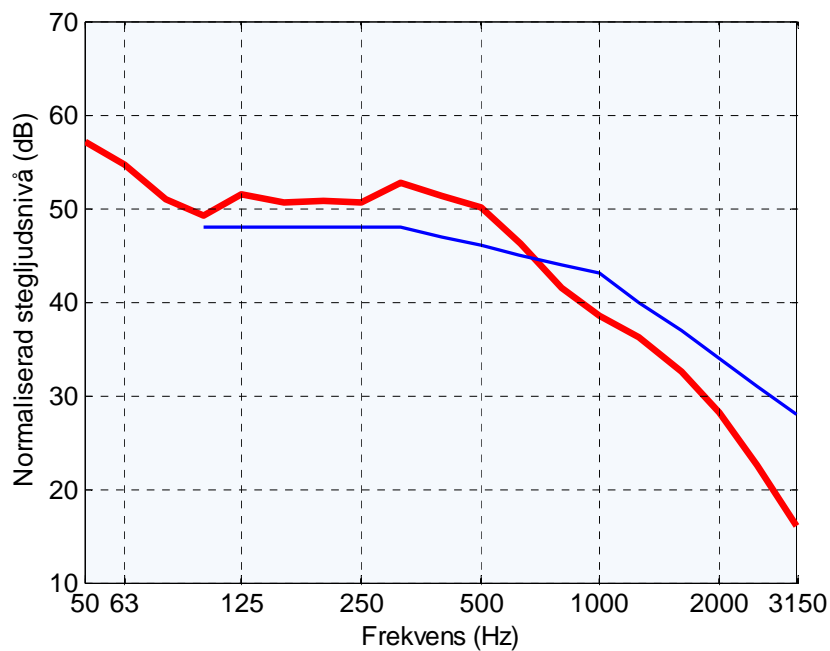
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Mätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 212

F (Hz)	L'n (dB)
50	57,1
63	54,6
80	51,0
100	49,2
125	51,4
160	50,6
200	50,8
250	50,6
315	52,7
400	51,3
500	50,2
630	46,3
800	41,5
1000	38,5
1250	36,2
1600	32,6
2000	28,1
2500	22,6
3150	16,0



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 46 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 2$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 48 \text{ dB}$$

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

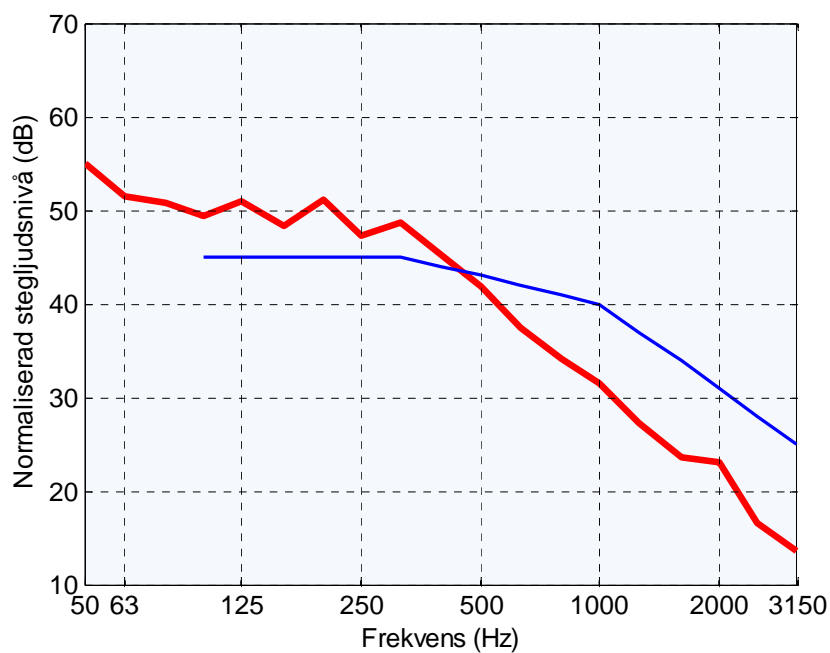
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 213

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	55,0
63	51,4
80	50,8
100	49,4
125	50,9
160	48,3
200	51,1
250	47,4
315	48,6
400	45,3
500	41,9
630	37,5
800	34,1
1000	31,5
1250	27,4
1600	23,6
2000	23,1
2500	16,5
3150	13,5



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L_{n,w}(C_i) = 43 \text{ dB}$                        $C_{i,50-2500} = 3$

$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 46 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

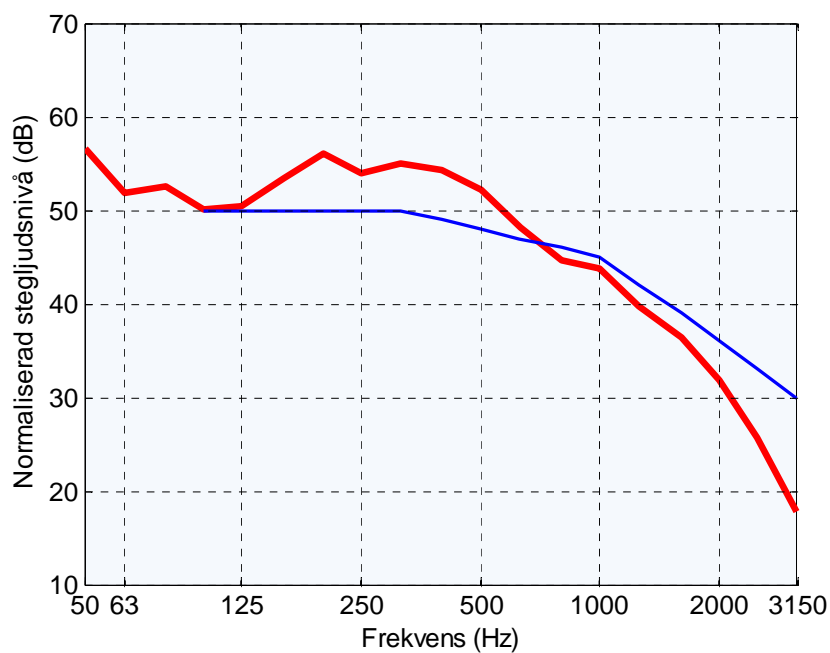
## Mätning av stegljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 310

---

F (Hz)	L'n (dB)
50	56,6
63	51,9
80	52,5
100	50,1
125	50,5
160	53,4
200	56,0
250	53,9
315	54,9
400	54,3
500	52,2
630	48,2
800	44,7
1000	43,9
1250	39,8
1600	36,4
2000	31,9
2500	25,6
3150	17,8



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L_{n,w}(C_i) = 48 \text{ dB}$        $C_{i,50-2500} = 1$

$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 49 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

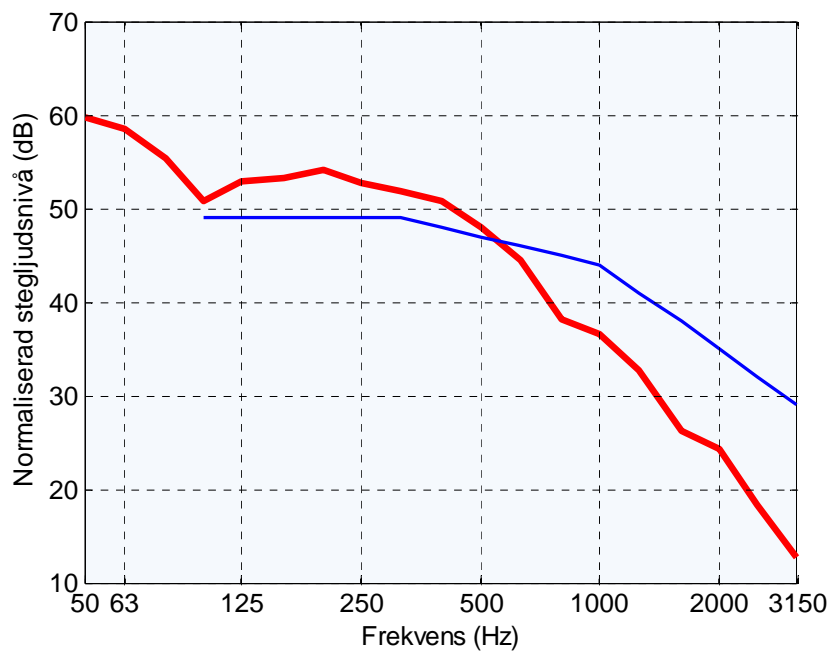
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Mätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 311

F (Hz)	L'n (dB)
50	59,8
63	58,4
80	55,3
100	50,7
125	52,9
160	53,2
200	54,1
250	52,8
315	51,8
400	50,8
500	48,0
630	44,4
800	38,2
1000	36,7
1250	32,8
1600	26,2
2000	24,2
2500	18,3
3150	12,7



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L_{n,w}(C_i) = 47 \text{ dB}$   $C_{i,50-2500} = 3$

$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 50 \text{ dB}$

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

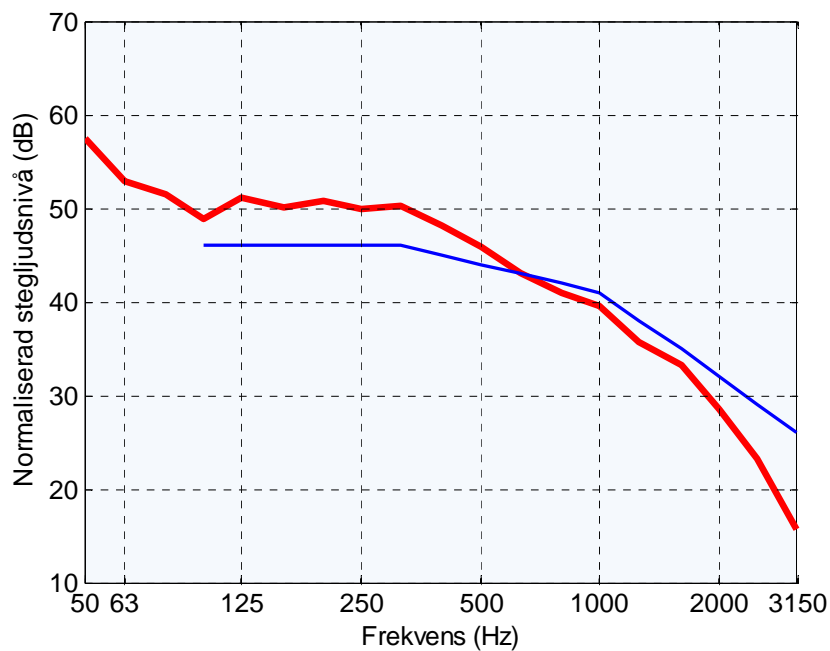
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Mätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 312

F (Hz)	L'n (dB)
50	57,4
63	52,9
80	51,6
100	48,9
125	51,2
160	50,1
200	50,7
250	49,9
315	50,3
400	48,1
500	45,9
630	43,1
800	41,0
1000	39,5
1250	35,7
1600	33,2
2000	28,4
2500	23,3
3150	15,7



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 44 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 3$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 47 \text{ dB}$$

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

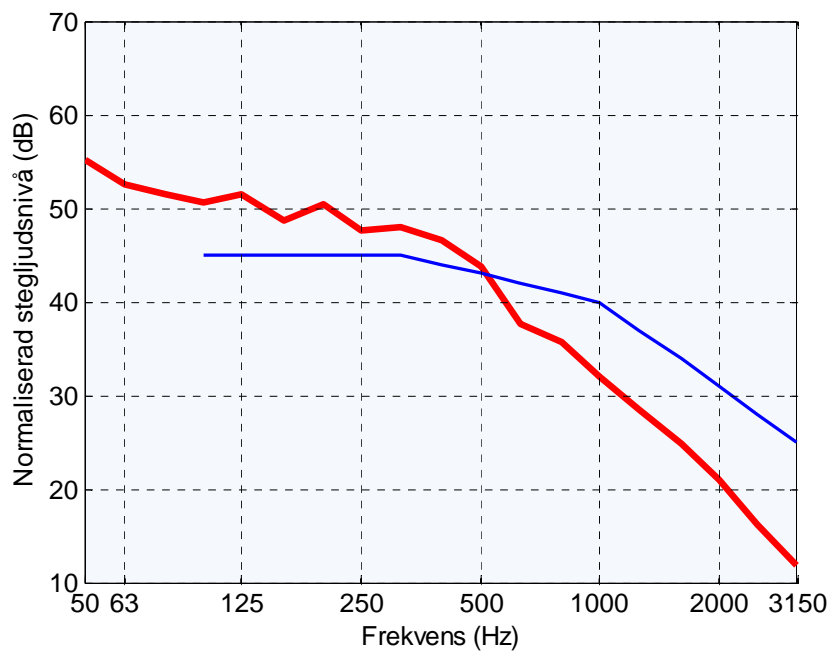
Sign:

# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Mätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 313

F (Hz)	L'n (dB)
50	55,2
63	52,6
80	51,5
100	50,6
125	51,4
160	48,7
200	50,5
250	47,6
315	47,9
400	46,5
500	43,7
630	37,7
800	35,8
1000	32,0
1250	28,5
1600	24,8
2000	21,0
2500	16,3
3150	11,9



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$L_{n,w}(C_i) = 43 \text{ dB}$   $C_{i,50-2500} = 3$

$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 46 \text{ dB}$

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

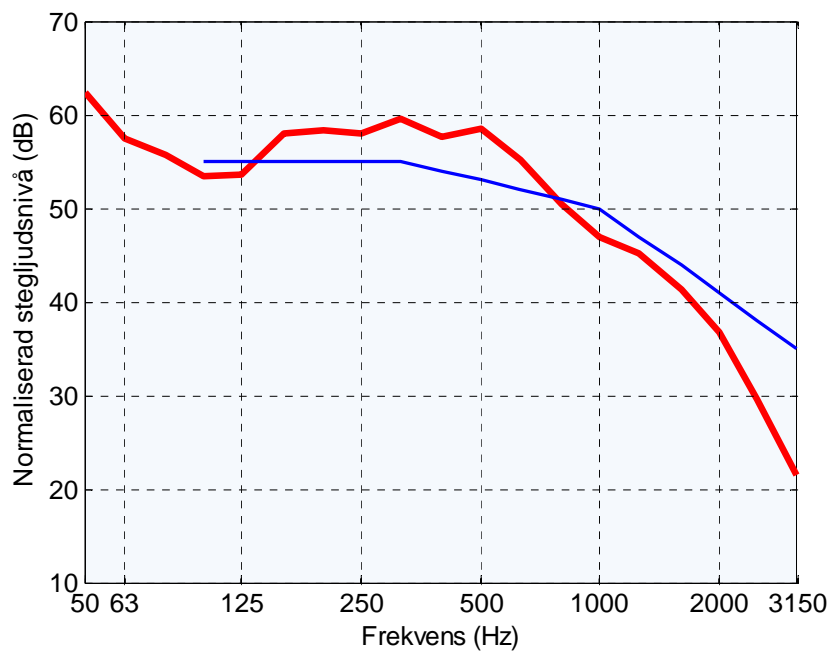


# Normaliserad stegljudsnivå enligt ISO 140-7

## Mätning av stegljudsisolering

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-11  
Volym, mottagarrum: 31 m<sup>3</sup> (67 m<sup>3</sup>)  
Anm: Lgh 302

F (Hz)	L'n (dB)
50	62,4
63	57,5
80	55,7
100	53,4
125	53,6
160	58,0
200	58,3
250	58,0
315	59,5
400	57,6
500	58,5
630	55,1
800	50,5
1000	47,0
1250	45,1
1600	41,3
2000	36,7
2500	29,5
3150	21,5



Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-2

$$L_{n,w}(C_i) = 53 \text{ dB} \quad C_{i,50-2500} = 1$$

$$L_{n,w} + C_{i,50-2500} = 54 \text{ dB}$$

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

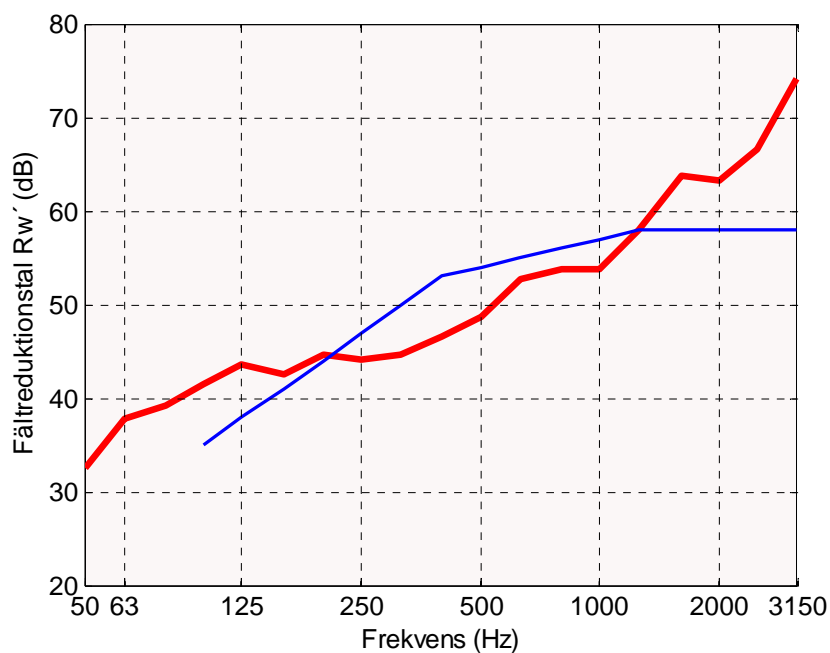
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-09  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 110

---

F (Hz)	R' (dB)
50	32,6
63	37,9
80	39,3
100	41,5
125	43,5
160	42,6
200	44,7
250	44,2
315	44,7
400	46,6
500	48,8
630	52,8
800	53,8
1000	53,9
1250	58,1
1600	63,7
2000	63,2
2500	66,6
3150	74,1



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 54 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -1$   
 $R'_w + C_{50-3150} = 53 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

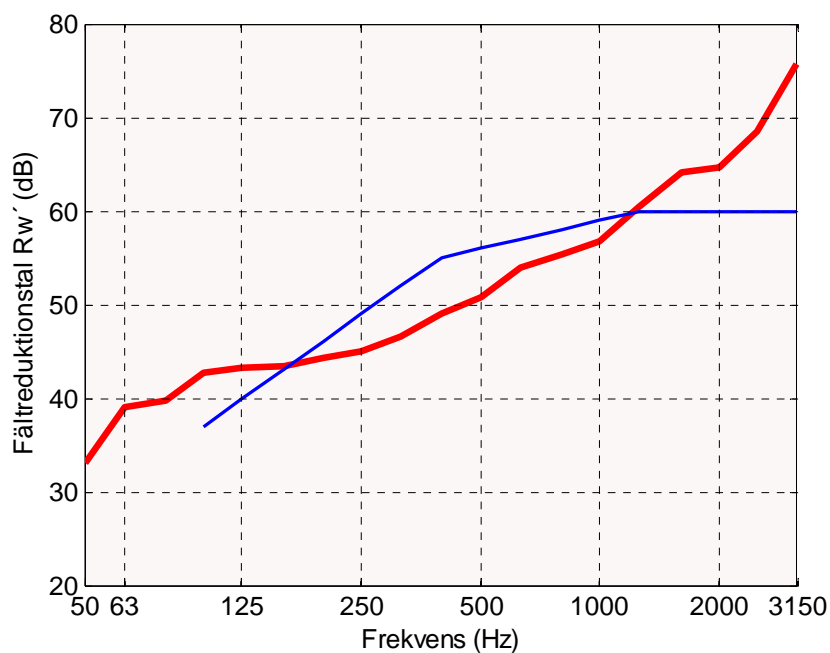
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-09  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 111

---

F (Hz)	R' (dB)
50	33,1
63	39,0
80	39,7
100	42,8
125	43,2
160	43,4
200	44,4
250	44,9
315	49,6
400	49,1
500	50,8
630	54,0
800	55,4
1000	56,7
1250	60,5
1600	64,2
2000	64,7
2500	68,4
3150	75,7



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 56$  dB

$C_{50-3150} = -1$

$R'_w + C_{50-3150} = 55$  dB

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

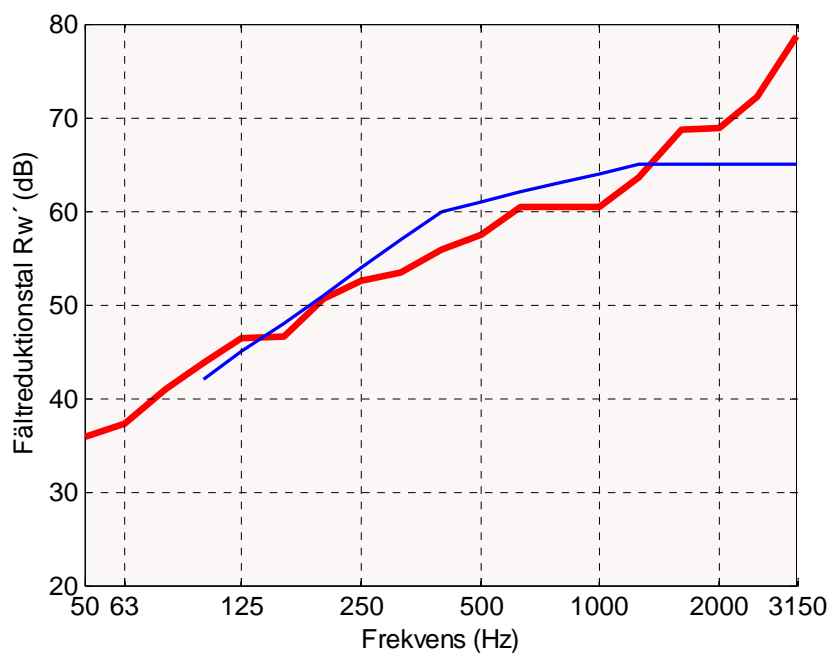
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 112

---

F (Hz)	R' (dB)
50	35,8
63	37,2
80	41,0
100	43,9
125	46,3
160	46,6
200	50,6
250	52,6
315	53,4
400	55,8
500	57,4
630	60,5
800	60,5
1000	60,5
1250	63,6
1600	68,7
2000	68,9
2500	72,3
3150	78,7



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 61 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -1$   
 $R'_w + C_{50-3150} = 60 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

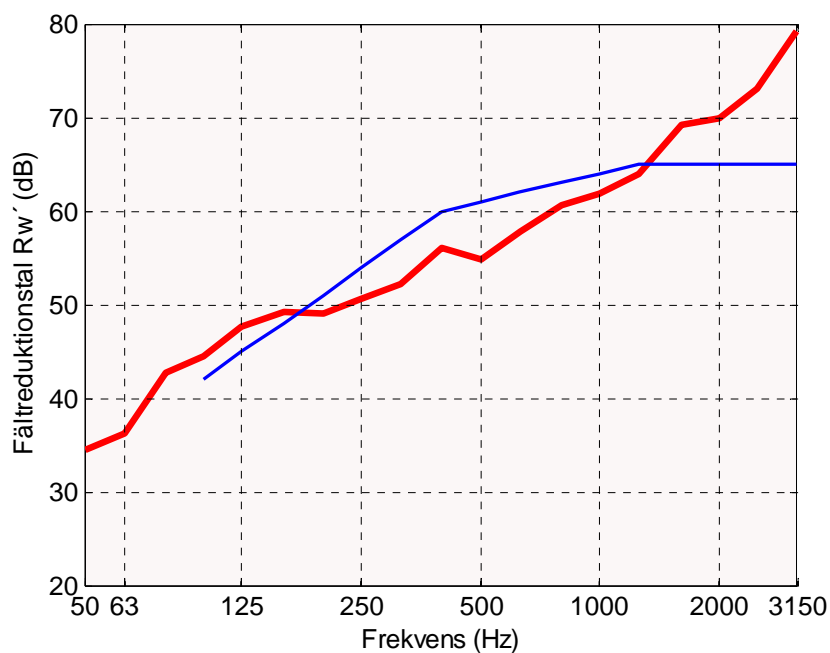
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 113

---

F (Hz)	R' (dB)
50	34,4
63	36,2
80	42,7
100	44,4
125	47,7
160	49,2
200	49,1
250	50,6
315	52,1
400	56,0
500	54,9
630	57,9
800	60,7
1000	61,8
1250	64,0
1600	69,3
2000	69,9
2500	73,1
3150	79,3



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 61 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -2$   
 $R'_w + C_{50-3150} = 59 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

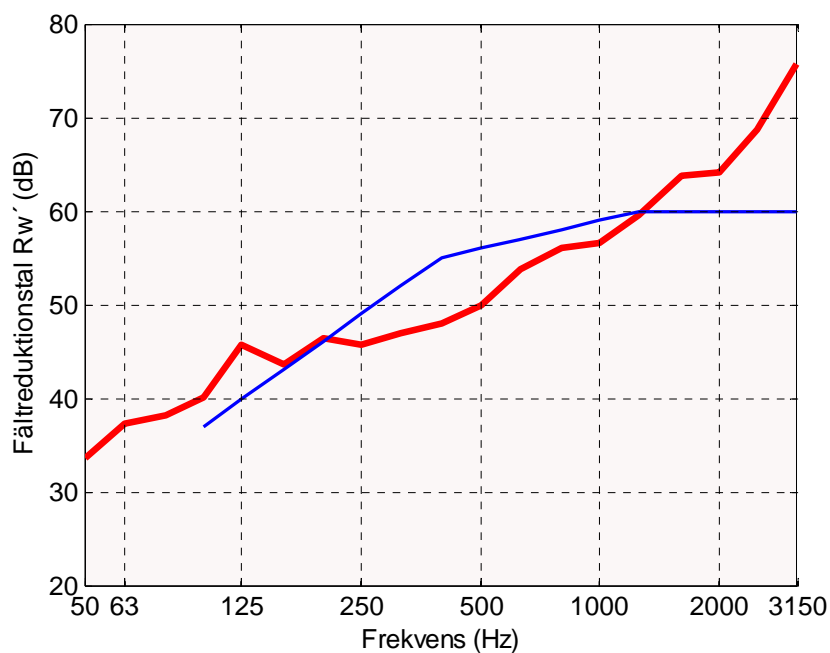
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 210

---

F (Hz)	R' (dB)
50	33,5
63	37,2
80	38,1
100	40,2
125	45,8
160	43,6
200	46,4
250	45,7
315	46,9
400	48,0
500	49,9
630	53,8
800	56,1
1000	56,6
1250	59,6
1600	63,9
2000	64,2
2500	68,7
3150	75,8



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 56 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -1$   
 $R'_w + C_{50-3150} = 55 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

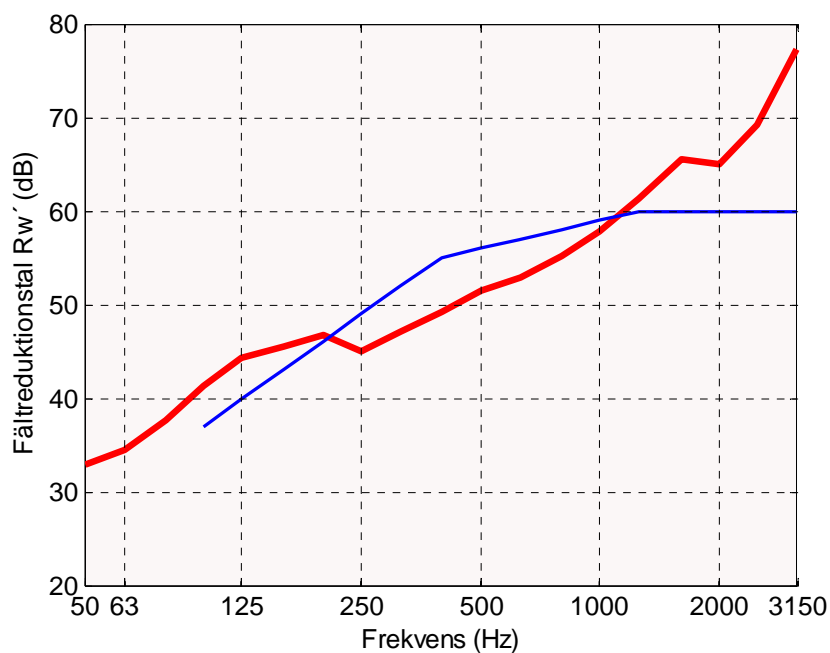
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 211

---

F (Hz)	R' (dB)
50	32,9
63	34,5
80	37,7
100	41,3
125	44,3
160	45,4
200	46,8
250	45,0
315	47,1
400	49,3
500	51,5
630	53,0
800	55,2
1000	57,8
1250	61,3
1600	65,6
2000	65,0
2500	69,2
3150	77,2



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 56 \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -1$

$R'_w + C_{50-3150} = 55 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

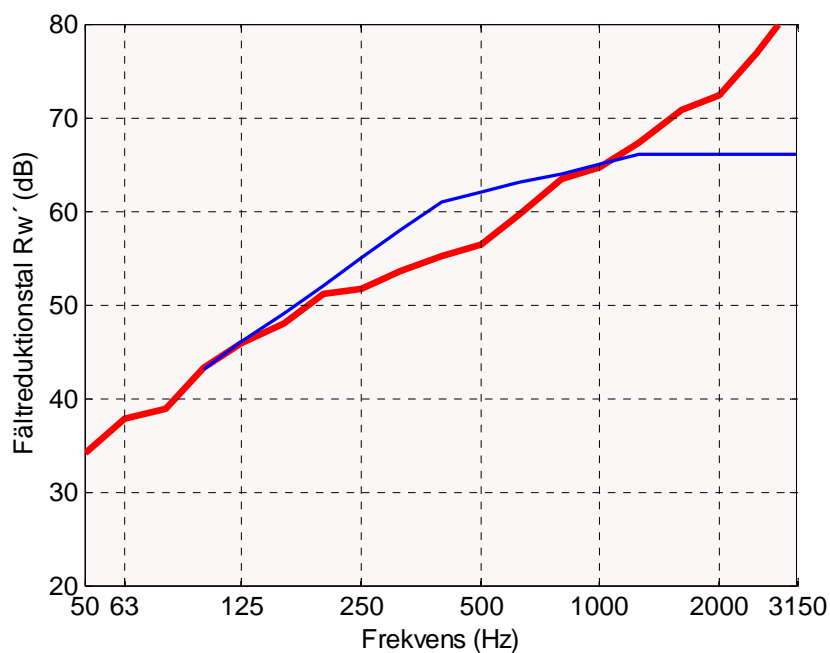
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 212

---

F (Hz)	R' (dB)
50	34,1
63	37,8
80	38,8
100	43,2
125	45,9
160	47,9
200	51,1
250	51,7
315	53,6
400	55,1
500	56,4
630	59,7
800	63,4
1000	64,6
1250	67,3
1600	70,9
2000	72,5
2500	77,0
3150	82,8



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 62 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -2$

$R'_w + C_{50-3150} = 60 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:



# Reduktionstal enligt ISO 140-4

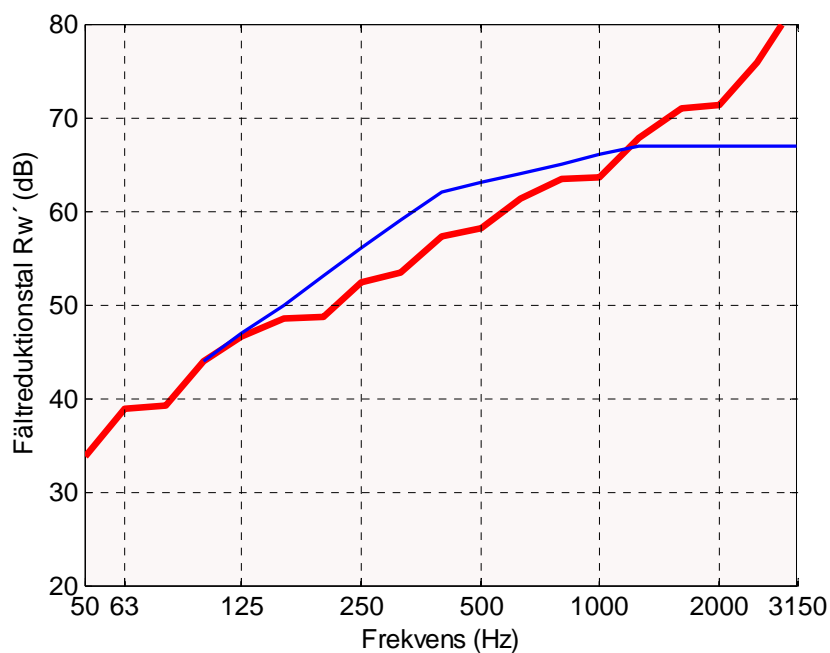
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 213

---

F (Hz)	R' (dB)
50	33,8
63	38,9
80	39,2
100	44,0
125	46,6
160	48,6
200	48,7
250	52,3
315	53,5
400	57,3
500	58,2
630	61,4
800	63,4
1000	63,5
1250	67,8
1600	71,0
2000	71,3
2500	75,9
3150	82,5



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 63 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -3$   
 $R'_w + C_{50-3150} = 60 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

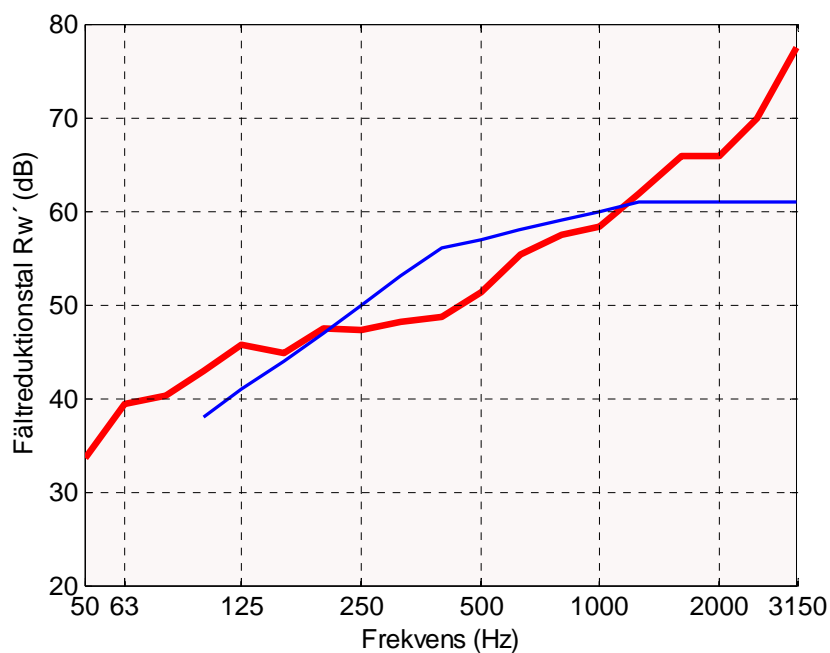
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-10  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 310

---

F (Hz)	R' (dB)
50	33,6
63	39,5
80	40,3
100	42,9
125	45,7
160	44,8
200	47,4
250	47,3
315	48,2
400	48,7
500	51,3
630	55,4
800	57,4
1000	58,3
1250	61,9
1600	66,0
2000	66,0
2500	69,9
3150	77,5



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 57 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -1$

$R'_w + C_{50-3150} = 56 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

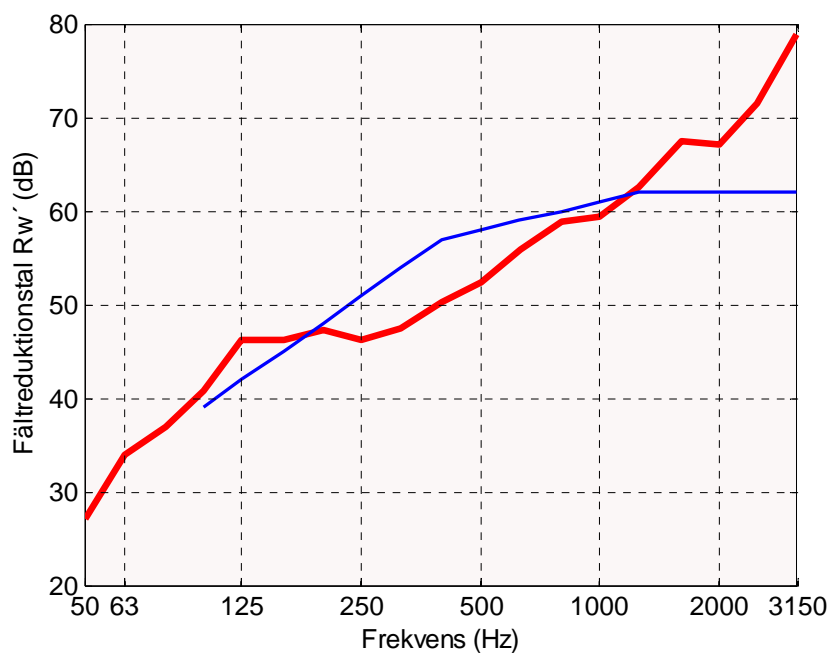
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-11  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 311

---

F (Hz)	R' (dB)
50	27,1
63	33,9
80	37,0
100	40,8
125	46,2
160	46,2
200	47,3
250	46,2
315	47,5
400	50,2
500	52,4
630	56,0
800	58,9
1000	59,4
1250	62,5
1600	67,4
2000	67,1
2500	71,5
3150	78,9



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 58 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -2$

$R'_w + C_{50-3150} = 56 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

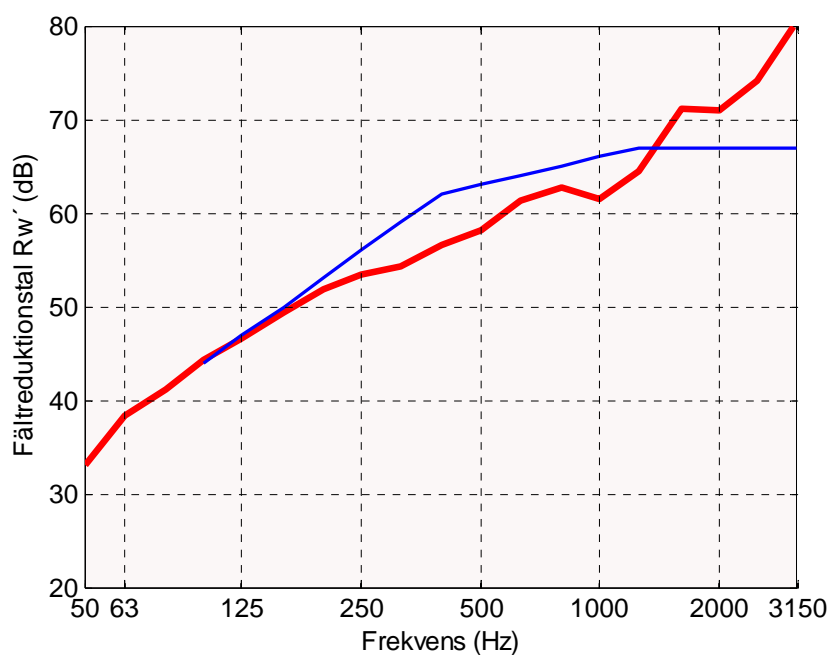
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-11  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 312

---

F (Hz)	R' (dB)
50	33,0
63	38,3
80	41,1
100	44,3
125	46,5
160	49,3
200	51,9
250	53,4
315	54,2
400	56,6
500	58,2
630	61,3
800	62,7
1000	61,6
1250	64,6
1600	71,2
2000	70,9
2500	74,1
3150	80,6



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 63 \text{ dB}$                        $C_{50-3150} = -2$

$R'_w + C_{50-3150} = 61 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

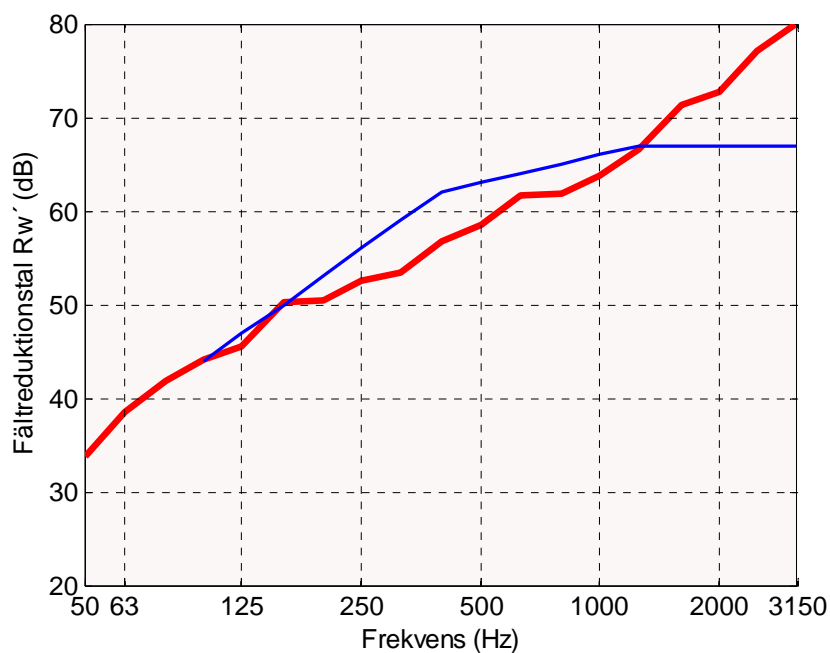
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-11  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 313

---

F (Hz)	R' (dB)
50	33,8
63	38,5
80	41,8
100	44,1
125	45,6
160	50,2
200	50,4
250	52,5
315	53,4
400	56,8
500	58,5
630	61,7
800	61,8
1000	63,8
1250	66,7
1600	71,4
2000	72,7
2500	77,2
3150	80,2



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w =$  63 dB  $C_{50-3150} = -2$

$R'_w + C_{50-3150} =$  61 dB

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:

# Reduktionstal enligt ISO 140-4

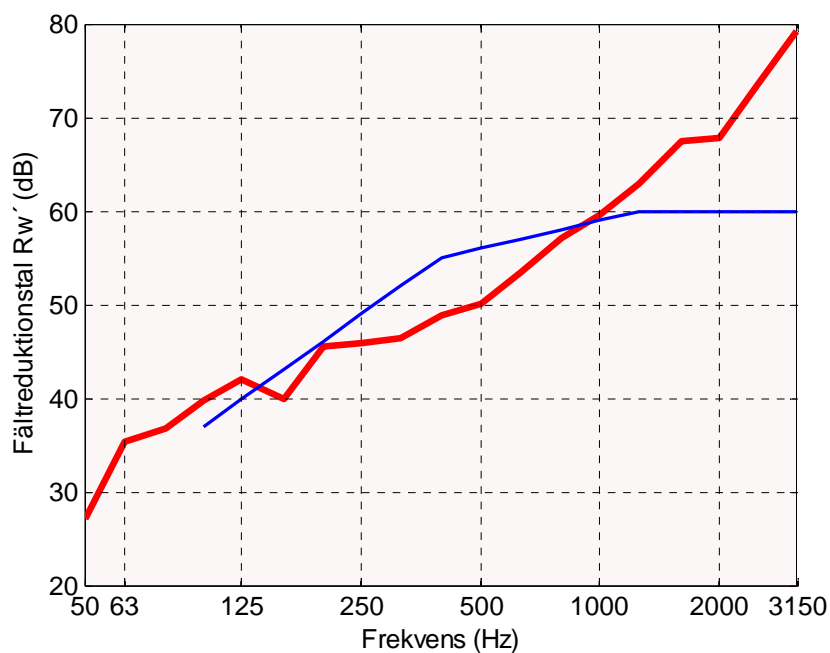
## Mätning av luftljudsisolering

---

Mätobjekt: Brf. Läktaren, Lindbäcks Bygg  
Mätoperatör: Fredrik Ljunggren  
Datum för mätning: 2009-04-11  
Volym, mottagarum: 67 m<sup>3</sup>  
Skiljearea: 27 m<sup>2</sup>  
Anm: Lgh 302

---

F (Hz)	R' (dB)
50	27,2
63	35,4
80	36,8
100	39,8
125	42,0
160	39,9
200	45,5
250	46,0
315	46,5
400	48,9
500	50,2
630	53,5
800	57,1
1000	59,5
1250	62,9
1600	67,5
2000	67,9
2500	73,5
3150	79,2



---

Utvärdering enligt SS-EN ISO 717-1

$R'_w = 56 \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -2$

$R'_w + C_{50-3150} = 54 \text{ dB}$

---

Testrapport:

Datum: 2009-04-16

Sign:



## **ARBETSRAPPORT Nr 9**

### **Limtester**

Ingår i TräCetrum Norr:s projekt:  
*Förbättrad ljudisolering i  
modulbyggda konstruktioner*

2009-06-24  
Fredrik Ljunggren  
Avd. för ljud och vibrationer  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
Tel: 0920-491286, 073-0286531  
Fax: 0920-491030  
E-post: fredrik.ljunggren@ltu.se

## **Sammanfattning**

Rapporten omfattar vibrationsmätningar utförda i laboratorium på Luleå tekniska universitet. Sex olika limmers dämpande egenskaper har testats genom att limma ihop provbitar, 50x60 cm bestående av ett lager 13mmgolvgips och ett lager 22mm spånskiva.

Mätningarna, som genomfördes tre dygn efter sammanfogning, visar att det finns stora skillnader i de olika limmens dämpförmåga. För de lägre moderna uppmättes dämpkvoter om 2-10%.

Det är dock inte möjligt att fastslå om, och i så i vilken grad, egenskaperna kommer att förändras över tid. Sådana mätningar kommer att genomföras och redovisas i kommande rapport.



## Förutsättningar

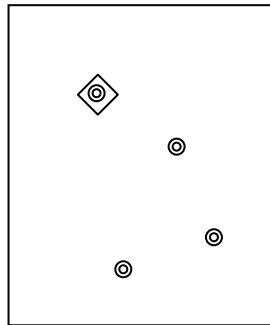
Rapporten behandlar tester av olika skivlimmer att använda för montering av golvgipsskiva på spånskiva. Limmets egenskaper är en viktig parameter för isolering mot stegljud.

## Syfte

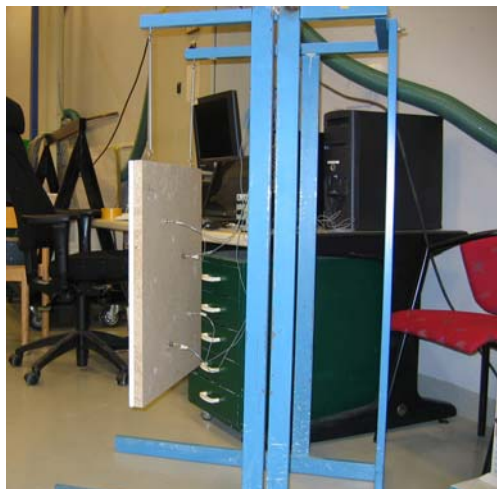
Mätningarnas syfte är att undersöka hur dämpningen varierar mellan olika limmer samt hur dämpningen påverkas över tid. Det senare momentet täcks dock inte av aktuell rapport.

## Genomförande

En skiva golvgips (13mm) och en spånskiva (22mm), bägge i storlek 50x60 cm, limmades ihop. En tandad spackel (2mm) användes för att fördela limmet på ytan. Ett antal skruvar användes för fixering av skivorna under det att limmet härdades, de togs bort efter 1 dygn. Vid mätning hängdes provexemplaret upp i ett stativ med två fjädrar. En krafthammare (Brüel & Kjær 8202) tillsammans med fyra accelerometrar (Brüel & Kjær 4508) användes för att generera frekvensresponssfunktioner (FRF, Frequency Response Function). Kraften anslogs mot gipsytan medan accelerationen mättes på spånskivan. Mätpositioner enligt Figur 1 och bild på försöksuppställning i Figur 2. Mätningar utfördes efter 3 dygn.



Figur 1. Mätpositioner;  $\diamond$  Hammare,  $\odot$  Accelerometer. Plattans storlek: 50x60 cm.



Figur 2. Försöksuppställning. Fjäderupphängd limmad gips-/spånskiveplatta med adapterade accelerometrar.

## Testvarianter

Totalt sex olika limmer, enligt Tabell 1, har testats. Samtliga, förutom Gyproc G46, saluförs som att vara elastiska med hög dämpning.

Tabell 1. Testade limmer.

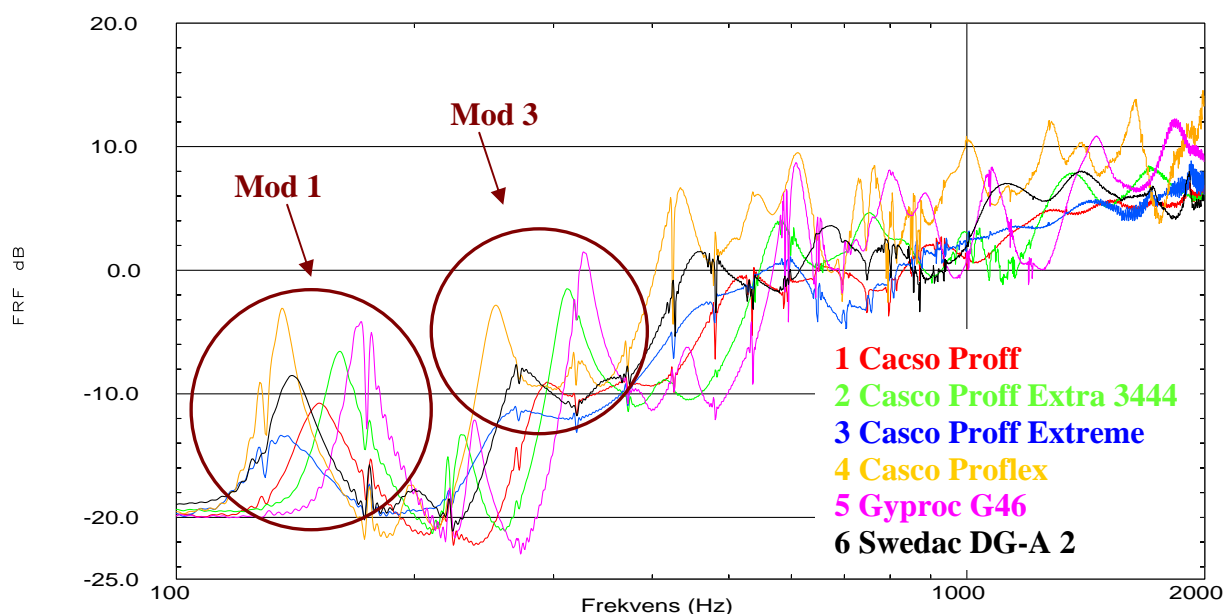
Nr	Beskrivning
1	Casco Proff
2	Casco Proff Extra 3444
3	Casco Proff Extreme
4	Casco Proflex
5	Gyproc G46
6	Swedac DG-A 2

## Resultat och analys

Uppmätt egenfrekvens med tillhörande dämpkvot visas i Tab. 2 för två stycken moder. Mod 1 representerar lägsta egenfrekvensen medan mod 3 är den näst lägsta moden som kunde detekteras för samtliga testade plattor. För några av de testade fallen fanns en FRF-topp av lägre amplitud mellan mod 1 och mod 3, se Fig. 2 för frekvensresponsfunktioner.

Tabell 2. Beskrivning av moder i termer av frekvens (Hz) och dämpkvot (%).

Nr	Beskrivning	Mod 1		Mod 3	
		Hz	%	Hz	%
1	Casco Proff	152	6.8	295	5.9
2	Casco Proff Extra 3444	161	3.9	312	3.6
3	Casco Proff Extreme	138	10.9	269	8.8
4	Casco Proflex	136	2.5	254	3.6
5	Gyproc G46	172	2.0	327	2.4
6	Swedac DG-A 2	140	5.4	269	3.3



Figur 2. Frekvensresponsfunktioner, medelvärden av fyra mätpunkter.

## **Slutsatser**

Det kan konstateras att de testade limmerna uppvisar variation både gällande styvhet och den dämpande förmågan. Skillnaden i dämpning för de lägsta moderna är stor, bäst dämpade limmet har en dämpkvot om ca 10% medan det minst dämpade limmet har ca 2%.

Då samtliga resultat baseras på mätningar utförda endast tre dygn efter applicering är det för tidigt att dra några egentliga slutsatser hur de olika limmerna kan tänkas prestera på sikt. Långtidsegenskaperna kommer att följas upp under längre tid och redovisas i kommande rapporter.



## **ARBETSRAPPORT Nr 10**

### Vibrationsutbredning i golv

Ingår i TräCetrum Norr:s projekt:  
*Förbättrad ljudisolering i  
modulbyggda konstruktioner*

2009-08-12  
Fredrik Ljunggren  
Avd. för ljud och vibrationer  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
Tel: 0920-491286, 073-0286531  
Fax: 0920-491030  
E-post: fredrik.ljunggren@ltu.se

## Sammanfattning

Rapporten omfattar mätningar i laboratorium på Luleå tekniska universitet. Ytvibrationer med en stegljudsapparat som källa har mätts upp för ett förenklat bjälklag bestående av golvgips och spånskiva monterade på trästomme. I fokus har varit att studera skillnaden av golvgipsens infästning till spånskivan – skruv eller elastiskt lim.

Limning av golvgips mot spånskiva uppvisade från ca 60 Hz en signifikant reduktion av golvytans medelvibrationsnivå i jämförelse med infästning med skruv. I frekvensområdet 100-3150 Hz uppgick skillnaden till ca 10-20 dB.

Vibrationer utbreddes sig klart effektivare i de bärande balkarnas riktning än vinkelrät dessa, de lägsta frekvenserna, under ca 80 Hz, undantagna. Det är därför troligt att flanktransmissionen i verklig byggnad är större via väggar placerade vinkelrät bärriktningen än längs densamma.

## Förutsättningar

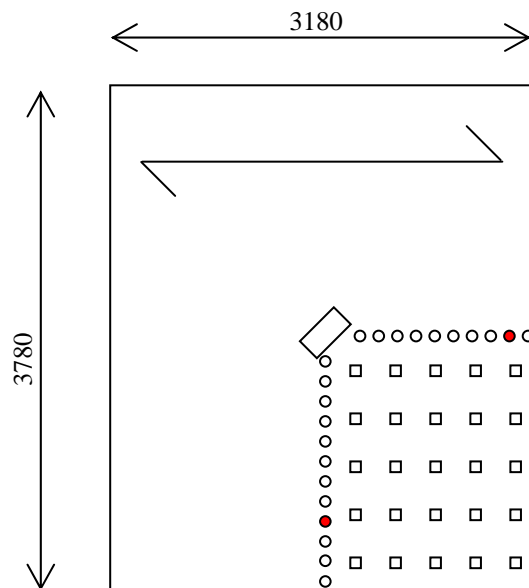
Rapporten behandlar vibrationsmätningar utförda på en förenklad bjälklagskonstruktion med trästomme. Proven har genomförts i laboratorium vid Luleå tekniska universitet.

## Syfte

Syfte är att undersöka hur vibrationer från en given källa utbreder sig över en golvyta samt hur utbredningen påverkas då elastiskt lim används mellan skivskikt i stället för skruvning.

## Genomförande

En förenklad golvkonstruktion,  $3.2 \times 3.8 \text{ m}^2$ , enbart bestående av 22mm spånskiva och 13mm golvgips monterade på en regelstomme av limträ,  $42 \times 220 \text{ mm}$  – cc 600mm, användes vid testet. Som källa användes en standardiserad stegljudsapparat placerad i golvets centrum. Responsen uppmättes med accelerometrar i ett antal punkter. Dels utmed två linjer, parallellt (10 punkter) respektive vinkelrät (12 punkter) mot bärande balkar, dels yttäckande över en fjärdedel av golvets area (25 punkter), se Figur 1. För samtliga punkter mättes accelerationen på golvets gipsbeklädnad medan de 25 yttäckande punkterna även mättes upp för bjälklagets undersida. I det senare fallet monterades 20 accelerometrar mot spånskivan medan 5 accelerometrar monterades i bärande balkars undersida.



Figur 1. Mätpositioner;  $\diamond$  stegljudsapparat,  $\circ$  accelerometrar för linjemätning cc150,  $\square$  accelerometrar för ytmätning,  $\bullet$  accelerometrar "nr 9".

## Testvarianter

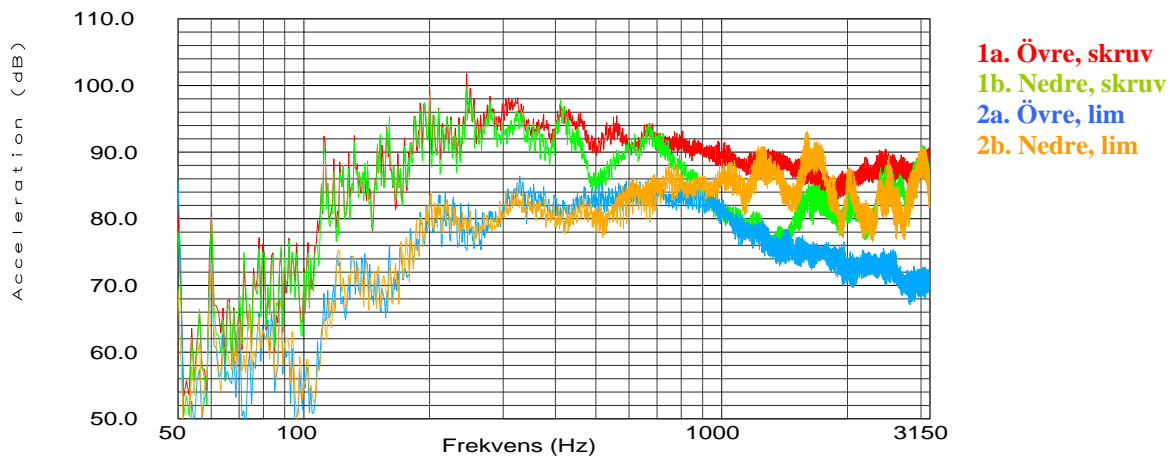
Mätningar gjordes för två fall med golvgipsets infästning mot spånskivan i fokus. Som skivlim användes Swedac DG-A 2.

- 1a) Infästning med skruv, övre golvyta
- 1b) Infästning med skruv, nedre yta
- 2a) Skivlim, övre golvyta
- 2b) Skivlim, nedre yta

## Resultat

### Ytmätning

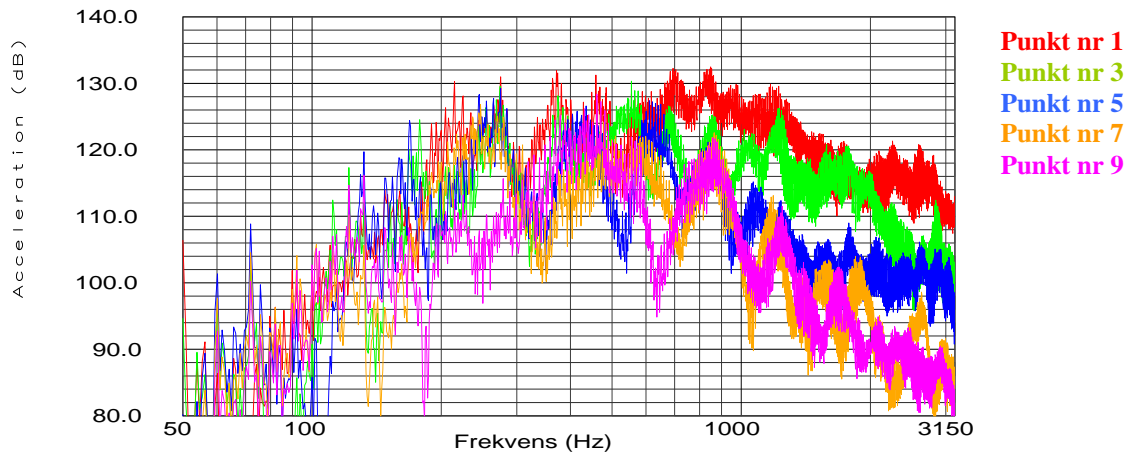
Resultaten från ytmätningarna framgår av Figur 2 där varje testfall redovisas i form av medelvibrationsnivån över de 25 mätpunkterna. Inbördes vibrationsnivån på golvet ovan- resp. undersida är likvärdig oavsett om skruv eller lim används (bortsett från en högre nivå på undersidan i limfallet för höga frekvenser). Med lim som förband i stället för skruv erhålls en tydlig reducering av vibrationsnivåerna för frekvenser över ca 60 Hz. Skillnaden på golvgypsytan uppgår till ca 10-20 dB, ref  $10^{-12}$ , över ett brett frekvensområde, 100-3150 Hz.



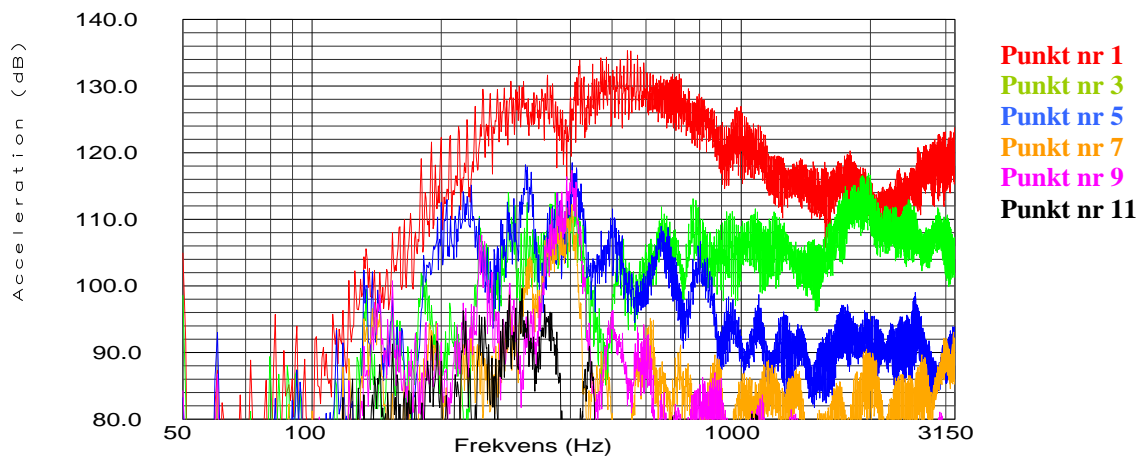
Figur 2. Ytmedelvärden (acceleration, autospectrum, dB, ref  $10^{-12}$ ).

### Linjemätning

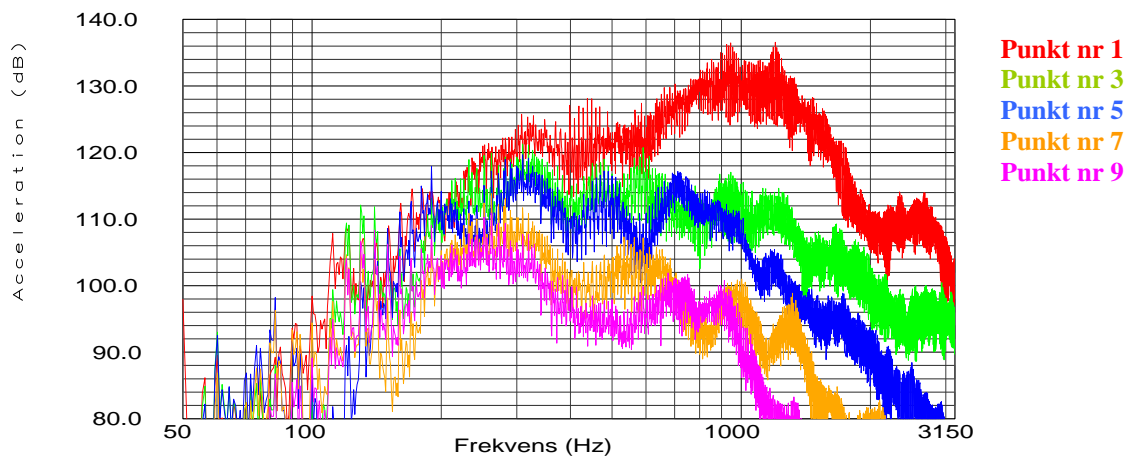
Resultaten från linjemätningarna redovisas i Figur 3-6. Punkternas numrering utgår från mätpositionen närmast stegljudsapparaten, nr 1. Samtliga testfall visar på en trend mot avtagande vibrationsnivåer med ökat avstånd från källan men betydande skillnader finns. Vibrationerna utbreder sig olika beroende på riktning. Utbredningen sker med märkbart mindre förluster i riktning parallellt bärande balkar jämfört med vinkelrät desamma. För skruvfallet, parallell riktning, syns en tydlig reducering med ökat avstånd först vid höga frekvenser medan en dämpning kan ses redan från ett par hundra Hz då lim används. I vinkelrät riktning märks generellt en klart ökad dämpning av vibrationsutbredningen. Även här är dock dämpningen klart större då lim används.



Figur 3. Linjemätning i parallell riktning, skruv. Acceleration, autospektrum.

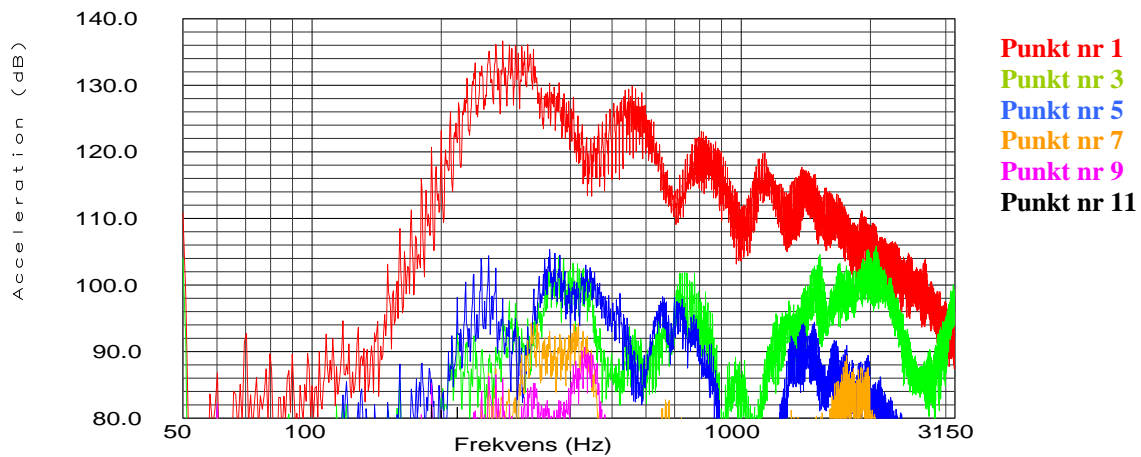


Figur 4. Linjemätning i vinkelrät riktning, skruv. Acceleration, autospektrum.



Figur 5. Linjemätning i parallell riktning, lim. Acceleration, autospektrum.



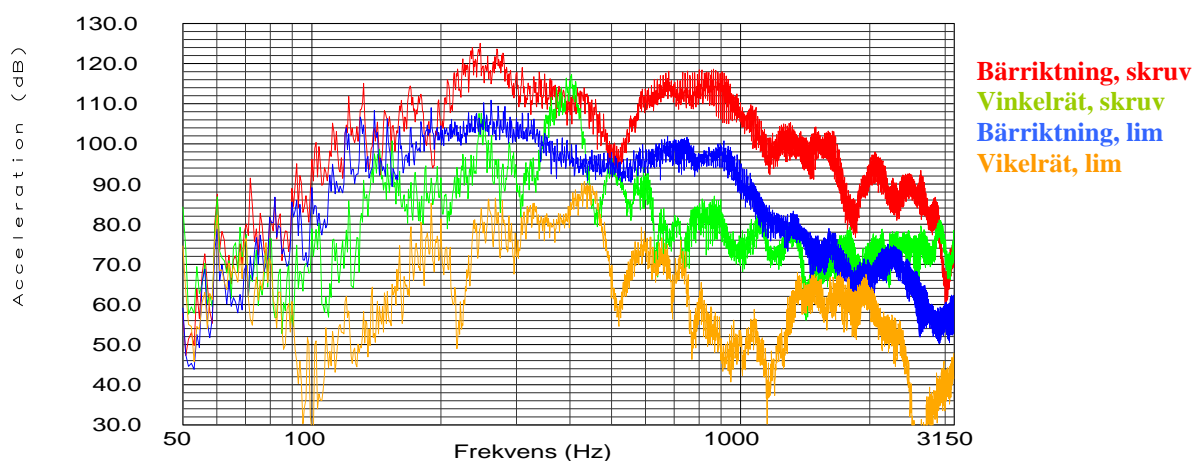


Figur 6. Linjemätning i vinkelrät riktning, lim. Acceleration, autospektrum.

## Diskussion och Slutsatser

Med en stegljudsapparat som källa ger limning av golvgips mot spånskiva en signifikant reduktion av golvytans medelvibrationsnivå i jämförelse med infästning med skruv.

I den använda förenklade bjälklagsstrukturen sker vibrationsutbredningen klart effektivare i de bärande balkarnas riktning än vinkelrät dessa. Därmed är det troligt att flanktransmissionen i verklig byggnad, med principiellt samma bjälklagsuppbyggnad, domineras av överföring via väggar placerade vinkelrät bärriktningen. Slutsatsen håller emellertid inte för de lägsta frekvenserna vilket framgår av Figur 7 där vibrationsnivåerna för accelerometrarna nr 9 i bägge riktningarna visas. Mätpunkterna ligger nära ränderna med samma avstånd till källan, se Figur 1. I både skruv- och limfallet är vibrationsnivåerna snarlika upp till ca 80 Hz oberoende av riktning. Flanktransmissionen för ett kvadratisk bjälklag kan alltså förväntas vara densamma genom alla fyra omslutande väggar för de lägsta frekvenserna.



Figur 7. Acceleration(autospektrum) i punkterna nr 9 nära ränderna.