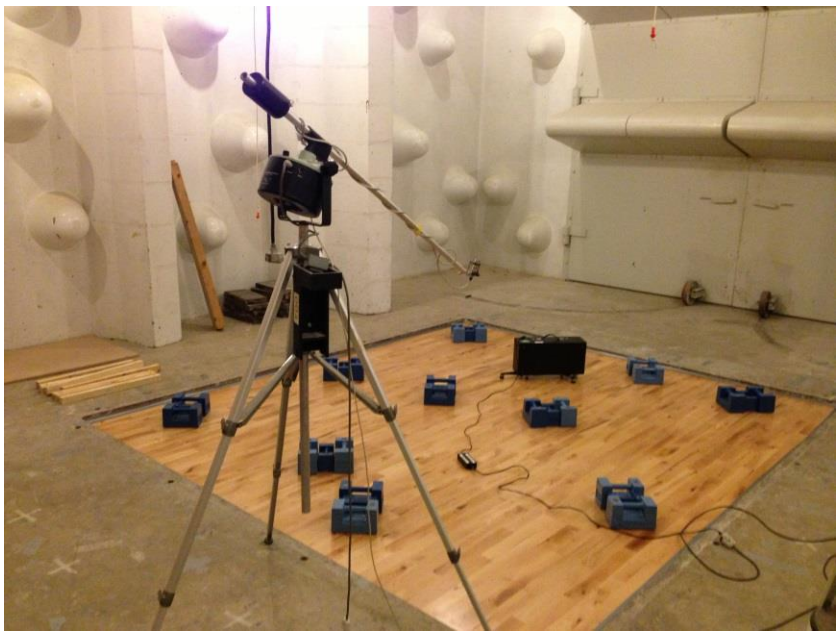
We help ideas meet the real world

Rapport

Laboratorietest af trinlyddæmpning for gulve – SBi-projekt 721-082 projektdel C

Udført for SBi, Statens Byggeforskningsinstitut

TC-100674-1
Sagsnr.: A581529
Side 1 af 70
20. marts 2015



DELTA
Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Danmark

Tlf. +45 72 19 40 00
Fax +45 72 19 40 01
www.delta.dk
CVR nr. 12275110

Titel
Laboratorietest af trinlyddæmpning for gulve
– SBi-projekt 721-082 projektdel C

Journal nr.	**Sagsnr.**	**Vores ref.**
TC-100674-1	A581529	DH/BiR/ilk

Rekvirent
SBi, Statens Byggeforskningsinstitut
Aalborg Universitet København
A.C. Meyers Vænge 15
2450 København SV

Rekvirentens ref.
Birgit Rasmussen

Resume

Som en del af SBi-projekt 721-082: Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri – Kortlægning og forbedringsmuligheder, Projektdel C: Lydisolation mellem etageboliger – Forbedringsmuligheder, er der udført laboratorietest af trinlyddæmpning for gulve. Laboratorietesten har omfattet 13 gulvopbygninger på betondæk, heraf 11 ideer til efterisoleringsløsninger til brug ved renovering af etageboligbyggeri med betondæk fra 50'erne og fremefter. Resultaterne viser, at det er muligt ved gulvudskiftninger i forbindelse med renovering af byggeri med beton- eller betonhuldæk med forholdsvis enkle efterisoleringsløsninger at løfte trinlydisolationen op til dagens kravniveau.

Bemærkning

Birgit Rasmussen, SBi, har medvirket ved planlægning, kontakter til leverandører og rapportering.

Målingerne er udført af Dan Hoffmeyer i samarbejde med Roi Hansen.

10 leverandører har leveret gulvmaterialer og evt. assistance ved gulvmontager. Leverandørerne har modtaget relevante måleresultater individuelt.

DELTA, 20. marts 2015

Dan Hoffmeyer
Akustik

Birgit Rasmussen
SBi, Statens Byggeforskningsinstitut
Aalborg Universitet København

Indholdsfortegnelse

1. Indledning 5

2. Baggrund og afgrænsning 5

3. Ideer til efterisoleringsløsninger 6
3.1 Trægulve på strøer 6
3.2 Fladelejrede trægulve 7
3.3 Kontakt til leverandører af materialer 8

4. Laboratoriemålinger 8
4.1 Målemetode 8
4.1.1 Trinlyddæmpning 9
4.1.2 Forbedring af luftlydisolation 9
4.2 Montage af testgulve 9
4.3 Opbygning af strøgulve 10
4.4 Opbygning af fladelejrede trægulve 12

5. Måleprogram 13
5.1 Trægulve på strøer 13
5.1.1 Gulv A 15
5.1.2 Gulv B 16
5.1.3 Gulv C 17
5.1.4 Gulv D 18
5.1.5 Gulv E 19
5.1.6 Gulv F 20
5.1.7 Gulv G 21
5.1.8 Gulv H 22
5.1.9 Gulv I 23
5.1.10 Gulv J 24
5.1.11 Gulv K 25
5.2 Fladelejrede trægulve 26
5.2.1 Gulv L 27
5.2.2 Gulv M 28

6. Måleresultater 29
6.1 Trægulve på strøer 30
6.2 Fladelejrede trægulve 31

7. Sammenstilling og vurdering af måleresultater 32

7.1 Strøgulve samlet 32
7.2 Strøgulve på kiler 35
7.3 Strøgulve på opklodsning med trinlyddæmpende underlag 36
7.4 Strøgulve med kiler eller opklodsning med trinlyddæmpende underlag 37
7.5 Svingningsdæmper af gummi 38
7.6 Strøsystem 39
7.7 Betydning af mineraluld 40
7.8 Fladelejrede gulve 41

8. Studieopgave DTU 44
8.1 Sammenligning af måleresultater for gulve i reduceret størrelse og i fuld skala 44

9. Sammenligning med feltundersøgelser 47

10. Konklusioner 49

11. Referencer 50

Bilag 1 51
Laboratoriemålinger – beskrivelse af målerum, målemetoder og måleusikkerhed 51
Beskrivelse af målerum 51
Målemetode trinlyddæmpning 52
Vurderingsmetode trinlyddæmpning 53
Måleusikkerhed trinlyddæmpning 53
Målemetode forbedring af reduktionstal / luftlydisolation 54
Vurderingsmetode forbedring af reduktionstal / luftlydisolation 55
Måleusikkerhed forbedring af reduktionstal / luftlydisolation 55

Bilag 2 56
Leverandørliste 56

Bilag 3 57
Måleresultater 57

1. Indledning

Denne rapport beskriver baggrund for og resultater af laboratoriemålinger af ideer til efterisoleringsløsninger udført under SBi-projekt 721-082: Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri - Kortlægning og forbedringsmuligheder, Projektdel C: Lydisolation mellem etageboliger - Forbedringsmuligheder [1].

Formålet med denne del af projektet har været at undersøge forbedringsmuligheder, der som minimum kan bringe lydisolationen i eksisterende byggeri på niveau med dagens lydbestemmelser.

2. Baggrund og afgrænsning

I SBi-projekt 721-082 [1] er der i projektdel A foretaget en kortlægning af de danske etageboliger med hensyn til bygningstyper og forventet lydisolation mellem lejligheder. Herudover er der i projektdel B gennemført feltundersøgelser af lydisolation i udvalgte, eksisterende etageboligbyggerier. På baggrund heraf er der i projektdel C undersøgt og afprøvet forbedringsmuligheder for lydisolation mellem etageboliger.

I det aktuelle projekt er det valgt at koncentrere indsatsen omkring forbedringer til de nyere bygningstyper, idet bygningstyper med træetageadskillelser (typisk fra før 1950) og muligheder for forbedring af lydisolationen for disse tidligere har været belyst med feltmålinger i en forsøgsejendom samt med laboratoriemålinger i GI-projekt Forbedring af lydisolering [2]. Der er dog et behov for at uddybe eller supplere undersøgelserne med træetageadskillelser.

De nyere bygningstyper omfatter muret byggeri med pladsstøbte massive betondæk (som opført i 50'erne og 60'erne) og elementbyggeri med betonhuldæk (som opført i 70'erne og fremefter).

I det meste af denne periode har der i bygningsreglementerne været det samme kravniveau med hensyn til lydisolation, og etageboligbyggeri af de ovennævnte nyere bygningstyper må forventes - uanset om de er opført i 50'erne eller senere - stort set at opfylde dette kravniveau.

Fra og med Bygningsreglement 2008 [3] er der gennemført en skærpelse af kravniveauet til lydisolation i etageboliger i forhold til de tidligere bygningsreglementer. For trinlydniveauet er der således tale om en skærpelse af kravniveauet på 5 dB til $L'_{n,w} \leq 53$ dB, mens der for luftlydisolationen er en skærpelse på 2-3 dB til $R'_w \geq 55$ dB.

I forbindelse med projektets afgrænsning er det vurderet, at det største behov for forbedring af lydisolationen i etageboliger findes omkring trinlydniveauet lodret mellem lejligheder. Det er yderligere valgt primært at se på lydisolationen mellem opholdsrum. Der er således ikke foretaget undersøgelser omkring baderum, trapperum mv.

Projektets laboratoriemålinger er på denne baggrund afgrænset til at omfatte afprøvning af gulvopbygninger på betondæk.

3. Ideer til efterisoleringsløsninger

I forbindelse med udvælgelse af ideer til efterisoleringsløsninger er der foretaget en række valg og fravalg med hensyn til bygningsdele, bygningstyper og gulvopbygninger.

Det er jf. Afsnit 2 valgt at se på bygningsdelene, der indgår i bygningernes etageadskillelser, og ikke på ideer til forbedring af lejlighedsadskillende vægge eller andre bygningsdele, der har betydning for lydforholdene i etagebyggeri. Det er yderligere valgt, at løsningerne skal omfatte gulve, som de forefindes i opholdsrum og køkkener.

Ud fra de i projektets del A udvalgte bygningstyper og de på denne baggrund gennemførte feltundersøgelser i projektets del B har fokus ved laboratoriemålingerne været på bygninger (som opført i 50'erne og 60'erne) med pladsstøbte massive betondæk og elementbyggeri (som opført i 60'erne og fremefter) med betonhuldæk.

Hovedparten af etageboligbyggeriet fra disse perioder er forsynet med et trægulv på strøer på opklodsninger på betondækket. Gulvenes indbygningshøjde har - specielt i forhold til nyere byggeri - været begrænset, dvs. omkring 90 mm, typisk svarende til et trægulv på træstrøer med lav opklodsning af træstykker evt. med en blød brik eller af plastkiler.

Ideerne til efterisoleringsløsninger har derfor primært omfattet muligheder for at forbedre trinlyddæmpningen ved udskiftning til nye trægulve på strøer alternativt andre svømmende trægulve med en begrænset indbygningshøjde (under 110 mm) på et beton- eller betonhuldæk. Udgangspunktet har været, at laboratoriemålingerne kunne gennemføres på det bygningsakustiske laboratoriums 140 mm standardbetondæk.

I det følgende beskrives ideer til efterisoleringsløsninger til forbedring af trinlyddæmpningen - og i mindre omfang luftlydisolationen - i forhold til de eksisterende gulve i de udvalgte bygningstyper. Gulvene opdeles i 2 grupper: trægulve på strøer og fladelejrede trægulve.

3.1 Trægulve på strøer

Ideerne til forbedring af trægulve på strøer har taget udgangspunkt i de gængse opbygninger med trægulve i byggeriet fra 1950'erne til 1970'erne.

Der er her oftest benyttet trægulve på strøer på opklodsning med en blød træfiberbrik eller lignende, senere i perioden ofte med et sæt plastkiler som opklodsning. Den totale konstruktionshøjde har typisk været under 110 mm, oftest omkring 90 mm.

Ideerne til forbedring af trægulve på strøer har taget udgangspunkt i følgende forslag til efterisoleringsløsninger:

- Brug af nye trinlyddæmpende underlag under opklodsning eller kiler.
- Brug af egentlige svingningsdæmpere under strøer
- Brug af strøer med indbygget dæmpning
- Brug af systemer med stålstrøer
- Brug af dæmpningslag mellem en ekstra gulvplade og trægulvet
- Brug af lydabsorberende materiale i hulrum mellem strøer

Målsætningen er, at der med efterisoleringsløsningen kan opnås en forbedring af trinlydniveauet i bygningen på mindst ca. 5 dB, svarende til skærpelsen i Bygningsreglement 2008.

Til laboratorieforsøgene er der dog ikke udvalgt ideer svarende til alle de ovenfor nævnte forslag til efterisoleringsløsninger.

3.2 Fladelejrede trægulve

Nogle eksisterende strøgulvskonstruktioner har en så lille total konstruktionshøjde, dvs. under 90 mm, at det kan være nødvendigt at udføre efterisoleringsløsningen med et fladelejret gulv.

Der er også i en enkelt bebyggelse under projektets feltmålinger fundet fladelejrede gulve i form af trægulve på korkgranulat. Da indbygningshøjden af dette gulv er meget lille (under 40 mm), vil det her også være nødvendigt at se på ideer til nye svømmende trægulve med en god trinlyddæmpning.

Det vurderes, at der i almindelighed ikke med gængse tynde trinlyddæmpende underlag direkte under trægulve kan opnås en tilstrækkelig trinlyddæmpning til, at det ved efterisolering er muligt at opfylde det nye kravniveau for trinlydniveau $L'_{n,w} \leq 53$ dB gældende fra Bygningsreglement 2008.

Ideer til fladelejrede gulve omfatter derfor tørre og våde løsninger med et ekstra undergulv, der muliggør brug af et mere elastisk underlag, end det er muligt direkte under et trægulv. Tørre løsninger vil typisk bestå af et trinlyddæmpende underlag med trykfordelende pladelag og øverst et trægulv på et tyndt underlag. Våde løsninger omfatter et trinlyddæmpende underlag, hvorpå der udstøbes et cement- eller mørtelbaseret flydegulv med trægulvet udlagt på et tyndt underlag.

Ideer til forbedring af fladelejrede, svømmende gulve omfatter:

- Trægulv på tyndt underlag på pladelag på trinlyddæmpende underlag
- Trægulv på tyndt underlag på pladelag med trinlyddæmpende underlag udlagt på granulat
- Trægulv på tyndt underlag på støbt gulv på trinlyddæmpende underlag

Målsætningen er, at der med efterisoleringsløsningen kan opnås en forbedring af trinlydniveauet i bygningen på mindst ca. 5 dB.

Til laboratorietesten er der kun udvalgt ideer med tørre løsninger.

3.3 Kontakt til leverandører af materialer

Projektet har kontaktet 16 leverandører af materialer til opbygning af gulvkonstruktioner. I alt 13 leverandører har givet tilsagn om fx levering af testmaterialer, levering af informations- og dokumentationsmateriale og/eller hjælp til opbygning i laboratoriet.

Udvalgt efter materialetyper og bredde i testprogrammet er 10 af de leverandører, der har meldt positivt tilbage, herefter blevet anmodet om at levere testmaterialer. Der henvises til leverandørlisten i Bilag 2.

Med baggrund i forsøgenes premisser og projektets oplæg til konstruktioner er leverandørerne i stort omfang blevet anmodet om at levere deres bedste bud på det mest egnede trinlyddæmpende underlagsmateriale eller gulvopbygning.

Det endelige valg af gulvopbygninger til laboratorietesten er foretaget af DELTA og SBi.

4. Laboratoriemålinger

Laboratoriemålingerne har omfattet måling af trinlyddæmpning samt måling af forbedring af luftlydisolation for gulvopbygninger på laboratoriets standarddæk - 140 mm armeret, massivt betondæk, se DS/EN ISO 10140-serien [4].

Målingerne er udført i rum 004 og 904 i de bygningsakustiske laboratorier i Bygning 355 på Danmarks Tekniske Universitet (DTU Elektro – Akustisk teknologi). Målerummene er yderligere beskrevet i Bilag 1.

4.1 Målemetode

Målingerne er gennemført i henhold til DS/EN ISO 10140-serien [4]. Resultaterne af trinlyddæmpning er vægtet i henhold til DS/EN ISO 717-2 [5], for forbedring af luftlydisolation er vægtningen foretaget i henhold til DS/EN ISO 10140-serien.

Udover det normale bygningsakustiske frekvensområde i 1/3-oktavbåndene fra 100 Hz til 5000 Hz er der supplerende målt i et udvidet frekvensområde i 1/3-oktavbåndene fra 50 Hz til 80 Hz. Disse målinger er udført uden brug af de supplerende retningslinjer for målinger i frekvensområdet under 100 Hz og har således karakter af orienterende målinger.

For at udbygge mulighederne for at sammenligne vægtede enkelttalsværdier for de forskellige gulvkonstruktioner er de standardiserede enkelttalsværdier, der skal angives som heltal, jf. DS/EN ISO 10140-serien og DS/EN ISO 717-2, suppleret med orienterende enkelttalsværdier med én decimal (i parentes).

Målemetoder og vægtningsmetoder er nærmere beskrevet i Bilag 1 sammen med en vurdering af måleubestemtheden.

4.1.1 Trinlyddæmpning

Trinlydforbedringen udtrykkes ved trinlyddæmpningen ΔL og den vægtede trinlyddæmpning ΔL_w.

Trinlyddæmpningen for et gulv eller en gulvbelægning målt på standarddæk i laboratorium defineres i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010 som differencen mellem trinlydniveauet for standarddækket uden gulv og trinlydniveauet for standarddækket med gulv.

Trinlydniveauet måles i rummet under standarddækket, mens dæk eller gulv exciteres af en standardiseret bankemaskine.

4.1.2 Forbedring af luftlydisolation

Gulvkonstruktioners bidrag til luftlydisolationen udtrykkes ved forbedringen af luftlydisolationen ΔR og den vægtede forbedring af luftlydisolationen ΔR_w.

Forbedringen af luftlydisolationen for et gulv målt på standarddæk i laboratorium defineres i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010 som differencen mellem reduktionstallet for standarddækket med gulv og reduktionstallet for standarddækket uden gulv.

Reduktionstallet måles mellem de to rum adskilt af standarddækket, mens rummet under dækket exciteres af en rundstrålende højttaler.

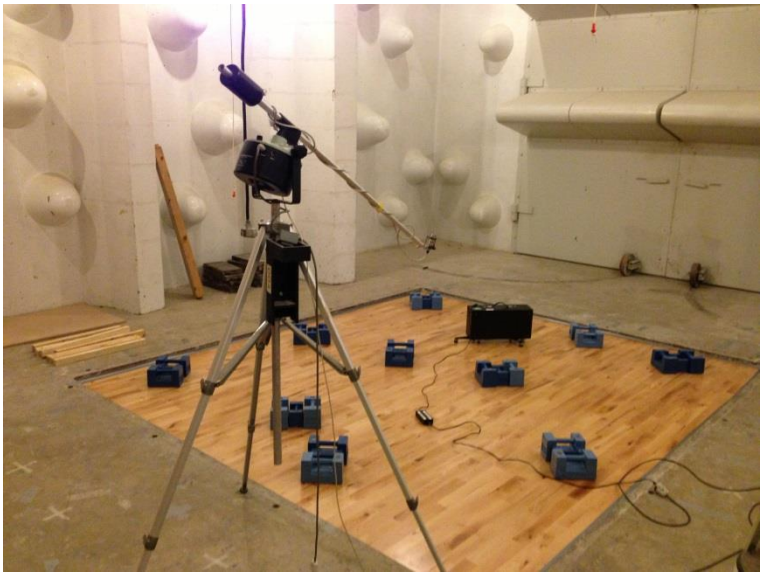
Laboratoriets opbygning, hvor standarddækket kun udgør omkring en fjerdedel af den samlede adskillelse mellem de to målerum, og indbygningen af standarddækket med indstøbning af dækket i en stålramme i betongulvet i det øverste rum betyder, at der er laboratoriemæssige begrænsninger i, hvor høj en forbedring af luftlydisolationen der kan måles under de aktuelle forhold, se Bilag 1. Der vil være tale om flanketransmission, der i dele af frekvensområdet vil have indflydelse på resultaterne i form af forbedringen af luftlydisolationen, der således skal betragtes som orienterende minimumsværdier. Af samme årsag er der kun i begrænset omfang foretaget en rapportering og analyse af de opnåede resultater af målingerne af forbedringen af luftlydisolationen.

4.2 Montage af testgulve

Alle testgulve var opbygget på laboratoriets standarddæk, et 140 mm massivt betondæk, som er indstøbt i en 2,99 m × 3,37 m prøveåbning mellem to lydhårde målerum.

Standarddækket ligger forsænket på en jernramme i åbningen mellem de to målerum, se Bilag 1. Med de aktuelle gulvkonstruktioner med en indbygningshøjde under 110 mm har testgulvene ligget lavere end det omgivende betongulv i målerummet. Gulvkonstruktionen har været friholdt 10-15 mm fra prøveåbningens sider. Mellemrummet har været afdækket med tape.

Gulvkonstruktionen var belastet med 10 grupper af vægte à samlet 25 kg, svarende til ca. 25 kg/m², i et døgn inden målingen blev udført.



Figur 1
Billede af trægulv monteret i de bygningsakustiske laboratorier på DTU.

4.3 Opbygning af strøgulve

I samarbejde med trægulvleverandøren blev der med henvisning til Træ 64 [6] fastlagt et fælles grundlag for levering af opklodsninger fra forskellige leverandører, der på denne baggrund har bidraget med optimering af valg af materiale, tykkelse og egenskaber. Det fælles grundlag for opbygning og belastning af strøgulvene er gengivet i Figur 2.

Der er ikke foretaget en egentlig kontrol/vurdering af gulvets nedbøjning, stivhed og komfort i forbindelse med projektets laboratoriemålinger.

Alle strøgulve var opbygget af 22 mm massive parketbrædder af bøg med 39 x 40 mm laminerede træstrøer på opklodsninger/kiler. Opklodsninger/kiler var for alle strøgulve fastholdt med en skrue ned gennem strøen (et enkelt gulv har strøer af stål med opklodsninger, der er klemt fast i stålprofilet).

Trægulvet var synligt skruet på strøerne, hvert bræt var skruet til alle strøer.

Afstanden mellem strøerne var c-c 600 mm, afstanden mellem opklodsningerne var c-c 550 mm.

Da laboratoriets betondæk er plant, har det været muligt at teste strøgulve med opklodsninger, der ikke har kunnet reguleres i højden. Ved anvendelse eller videreudvikling af disse ideer til gulvopbygninger må det forventes at være nødvendigt med en form for højderegulering i gulvopklodsningen.

Opbygning af strøgulve til laboratorieforsøg – SBi-projekt 721-082 Lydisolation mellem boliger.
04-09-2013 Dan Hoffmeyer

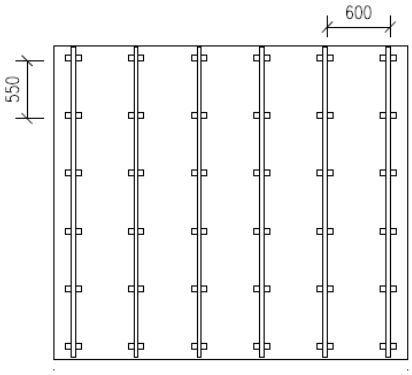
Opbygning og belastning af trægulv på strøer til laboratoriemålinger af trinlyddæmpning og forbedring af luftlydisolation i SBi projekt om lydisolation mellem boliger.

Opbygning af strøgulv på laboratoriets referencedæk (140 mm jernbeton).

Gulvet opbygges med parketbrædder på laminerede strøer på forskellige former for opklodsning (kiler, brikker mv.). Den ønskede totalhøjde svarende til gulve i eksisterende boliger fra 50 – 70'erne er 90 – 120 mm.

Gulvbrædder	22 mm parketbrædder af bøg
Længde af brædder	3410 mm
Samlet bredde af brædder	3030 mm
Strøer	39 x 40 mm lamineret. E_0 14000 Mpa
Længde af strøer	2980 mm
Afstand melllem strøer	600 mm
Afstand mellem opklodsninger	550 mm
Højde af opklodsninger	Fra ca. 30 mm
Antal opklodsninger	36 stk

Principskitse for placering af strøer og opklodsninger:



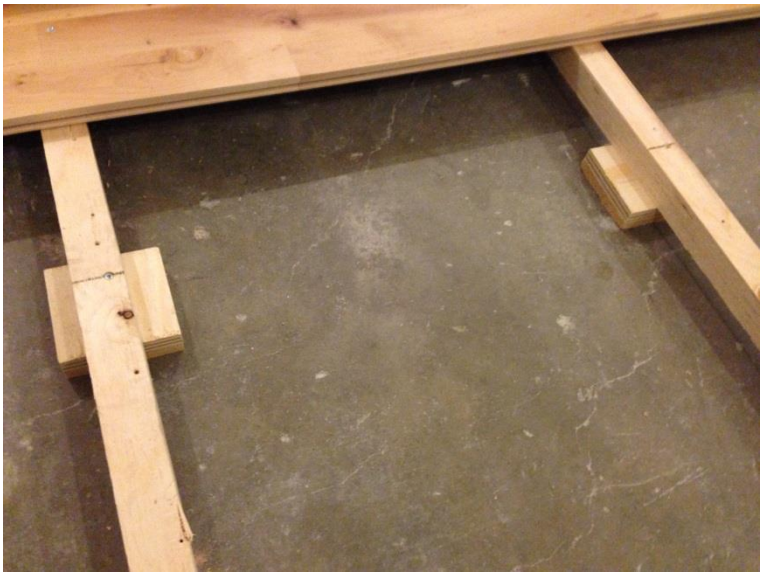
Belastning af opklodsninger under måling af trinlyddæmpning:

Gulvet belastes ifølge målestandarden DS/EN ISO 10140 med lodder svarende til 25 kg/m^2. Egenvægten af gulvbrædder og strøer er ca. 16 kg/m^2. Samlet belastning af opklodsning under måling er således ca. 41 kg/m^2. Det samlede gulvareal er ca. 10 m^2.

Belastning af opklodsninger under hensyn til nedbøjning, stivhed, komfort mv. i boligen:

Dimensionerende karakteristisk punktlast Q_k på boliggulv er 2 kN, se fx Træ 64 fra træinformation. Skønnet tilladelig nedbøjning er erfaringsmæssigt omkring 2 – 2,5 mm. Større nedbøjning for punktlast kan eventuelt accepteres efter nøjere vurdering.

Figur 2
Fastlagt fælles grundlag for levering af opklodsninger til trægulv på strøer.



Figur 3
Eksempel på strøgulv (Gulv B).

4.4 Opbygning af fladelejrede trægulve

De fladelejrede trægulve er opbygget med 14 mm lamelparketbrædder af bøg samlet med klikfunktion og lagt svømmende på et 2 mm skumunderlag udlagt på det underliggende pladegulv.

Figur 4
Eksempel på fladelejret trægulv (Gulv L).

5. Måleprogram

Nedenfor i Tabel 1 (afsnit 5.1) og Tabel 2 (afsnit 5.1) findes en kort, overordnet beskrivelse af de valgte ideer til afprøvning i laboratoriet.

Hovedvægten har ligget på trægulve på strøer, men der er også afprøvet to typer af fladelejrede gulve.

En mere detaljeret beskrivelse og en tegning af principopbygningen af gulvkonstruktionen findes i underafsnittene for de enkelte testgulve nummereret som Gulv A til K (strøgulve) og Gulv L til M fladelejrede gulve. Ved betegnelsen kiler i forbindelse med strøgulve forstås generelt plastkiler.

Der er ikke i forbindelse med projektets laboratoriemålinger af gulvopbygninger til efterisolering foretaget en endelig vurdering af materialernes egnethed til indbygning i gulvkonstruktioner i bygninger eller af betydningen af gulvets dynamiske og statiske nedbøjning med hensyn til komfort ved færdsel i lejligheden og med hensyn til møbleringsforhold. For nogle af løsningerne er disse forhold måske allerede afklaret af leverandørerne, for andre forventes de afklaret ved den fortsatte produktudvikling/produktmodning af efterisoleringsløsningerne efter projektets afslutning.

5.1 Trægulve på strøer

Måleprogrammets trægulve på strøer, se Tabel 1, repræsenterer:

- To eksempler på ofte forekommende gulve i eksisterende bebyggelser fra de valgte bygningstyper og perioder dels på kiler, dels på opklodsning med blød træfiber (Gulve A og B)
- To eksempler på brug af trinlyddæmpende underlag under kiler (Gulve C og D)
- Tre eksempler på brug af trinlyddæmpende underlag under opklodsning (Gulve E, F og G)
- Et eksempel på brug af stålstrøer med trinlyddæmpende opklodsning (Gulv H)
- Et eksempel på brug af egentlige svingningsdæmpere som opklodsning (Gulv I)
- To eksempler på brug af lydabsorberende materiale i hulrum mellem strøer (Gulve J og K)

Den totale konstruktionshøjde for gulvopbygningerne ligger på 64-107 mm med en overvægt omkring 90-96 mm svarende til de gængse opbygninger med trægulve i byggeriet fra 1950'erne til 1970'erne.

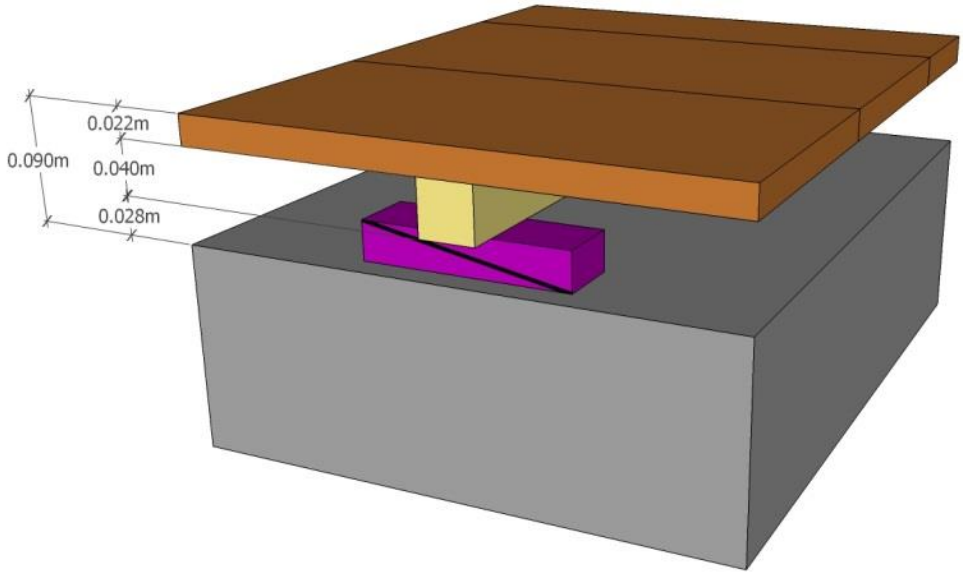
Tabel 1
Måleprogram - strøgulve.

Gulv nr.	Gulvopbygning	Total konstruktionshøjde
A	Trægulv på strøer på almindelige kiler – eksempel på oprindelig konstruktion	90 mm
B	Trægulv på strøer på opklodsning med blød træfiberplade – eksempel på oprindelig konstruktion	94 mm
C	Trægulv på strøer på kiler med underlag af gummigranulat	96 mm
D	Trægulv på strøer på kiler med underlag af gummi	92 mm
E	Trægulv på strøer på opklodsning med underlag af polyurethanskum	92 mm
F	Trægulv på strøer på opklodsning med underlag af polyurethanskum	94 mm
G	Trægulv på strøer på opklodsning med underlag af gummigranulat	96 mm
H	Trægulv på metalstrøer på opklodsning af gummigranulat	64 mm
I	Trægulv på strøer på opklodsning af gummicylindre	107 mm
J	Som Gulv G med 70 mm mineraluld mellem strøer (klemt mellem strøer)	96 mm
K	Som Gulv G med 45 mm mineraluld mellem strøer (friholdt fra strøer)	96 mm

5.1.1 Gulv A

Gulv A er et trægulv på strøer på almindelige kiler.
Konstruktionen er opbygget af 22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på kiler. Kilerne har arealet 46 mm x 151 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 90 mm. Afstanden mellem strøerne var c-c 600 mm, afstanden mellem opklodsningerne var c-c 550 mm.

Gulvet er medtaget som referencegulv svarende til ofte forekommende gulve i eksisterende bebyggelser fra de valgte bygningstyper og perioder.

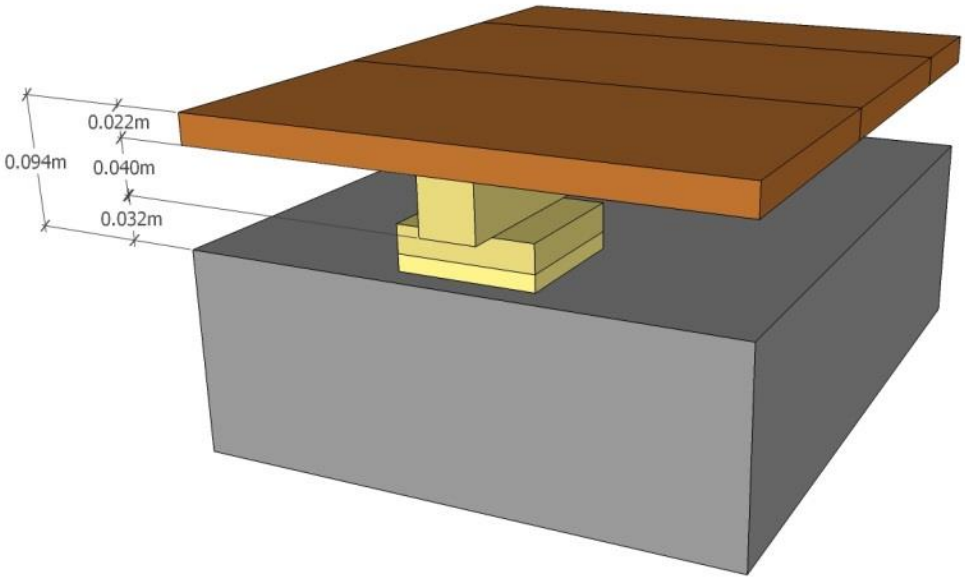


Figur 5
Principopbygning Gulv A.

5.1.2 Gulv B

Gulv B er et trægulv på strøer på opklodsning med blød træfiberplade.
Konstruktionen består af et 22 mm trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 20 mm krydsfiner og 12 mm blød træfiberplade. Træfiberpladen er klæbet sammen med krydsfineren. Begge har arealet 98 mm x 99 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 94 mm. Afstanden mellem strøerne var c-c 600 mm, afstanden mellem opklodsningerne var c-c 550 mm.

Gulvet er medtaget som referencegulv svarende til ofte forekommende gulve i eksisterende bebyggelser fra de valgte bygningstyper og perioder.

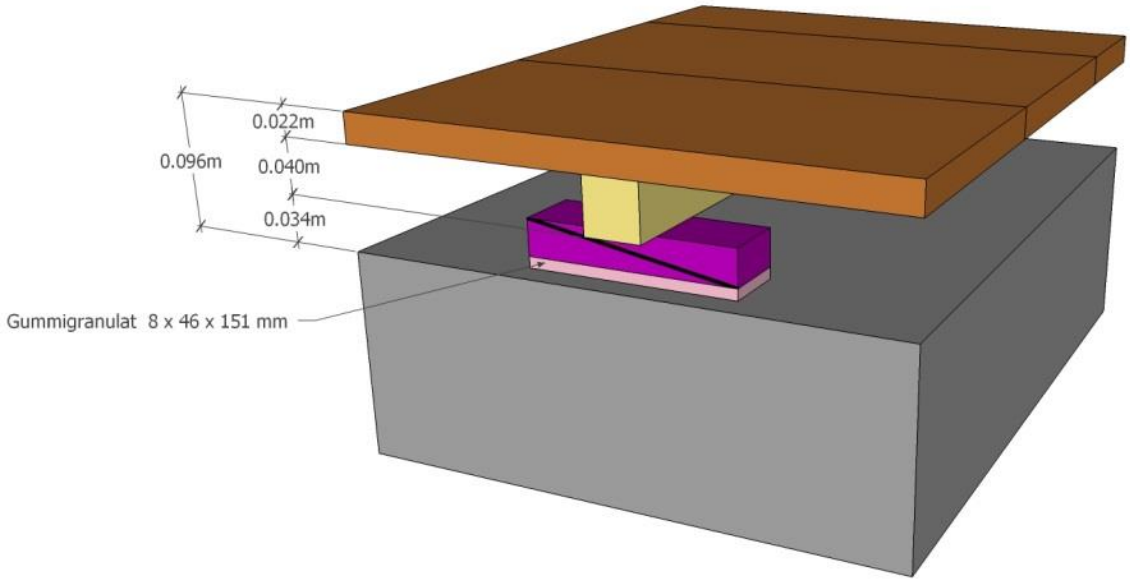


Figur 6
Principopbygning Gulv B.

5.1.3 Gulv C

Gulv C er et trægulv på strøer på kiler med underlag af gummigranulatplade. Konstruktionen er et 22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på kiler med underlag af 8-10 mm bølget gummigranulatplade. Underlaget er klæbet til kilen. Kilerne og pladen har arealet 46 mm x 151 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 96 mm. Afstanden mellem strøerne var c-c 600 mm, afstanden mellem opklodsningerne var c-c 550 mm.

Gulv C er fabrikantens bud på brug af et trinlyddæmpende underlag direkte i forbindelse med kiler ved gulve med forholdsvis lav højde.

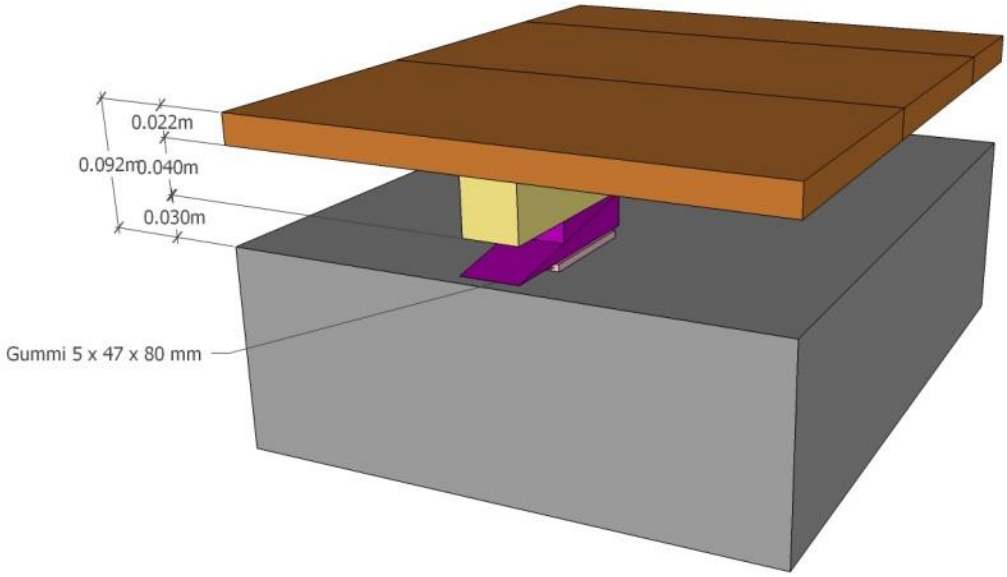


Figur 7
Principopbygning Gulv C.

5.1.4 Gulv D

Gulv D er et trægulv på strøer på kiler med underlag af gummiplade.
Konstruktionen består at et 22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på kiler med 5 mm gummiunderlag. Kilerne har henholdsvis arealet 43 mm x 137 mm og 43 mm x 88 mm, gummiunderlaget 46 mm x 80 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 92 mm. Afstanden mellem strøerne var c-c 600 mm, afstanden mellem opklodsningerne var c-c 550 mm.

Gulv D er fabrikantens bud på brug af et trinlyddæmpende underlag i forbindelse med kiler ved gulve med lav højde.

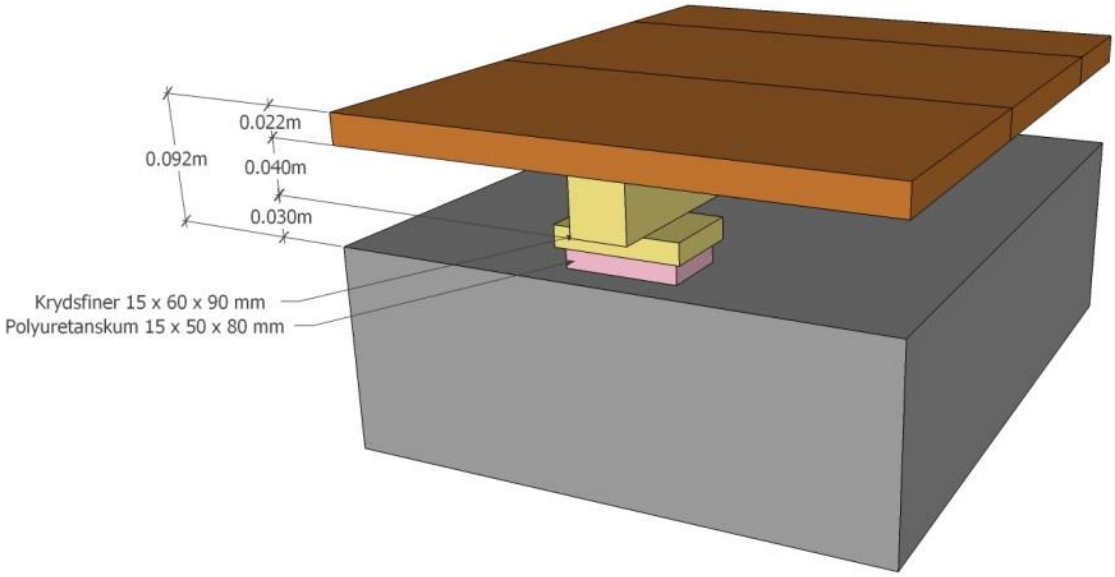


Figur 8
Principopbygning Gulv D.

5.1.5 Gulv E

Gulv E er et trægulv på strøer på opklodsning med underlag af polyurethanskum. Konstruktionen er et 22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 15 mm krydsfiner og 15 mm polyurethanskum. Skumpladen med arealet 50 mm x 80 mm er klæbet til krydsfineren, areal 60 mm x 90 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 92 mm. Afstanden mellem strøerne var c-c 600 mm, afstanden mellem opklodsningerne var c-c 550 mm.

Gulv E, Gulv F og Gulv G er eksempler på tre fabrikanters forslag til optimering af et trinlyddæmpende underlag til en opklodsning under et strøgulv.

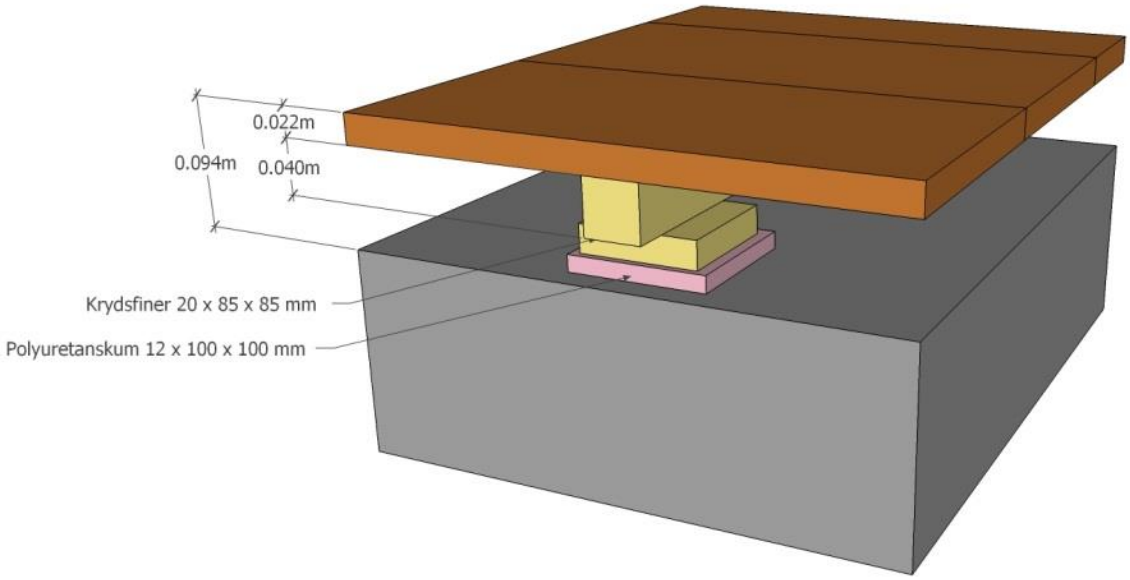


Figur 9
Principopbygning Gulv E.

5.1.6 Gulv F

Gulv F er et trægulv på strøer på opklodsning med underlag af polyurethanskum. Konstruktionen er opbygget af et 22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 20 mm krydsfiner og 12 mm polyurethanskum. Skumpladen med arealet 100 mm x 100 mm er klæbet til krydsfineren, areal 85 mm x 85 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 94 mm. Afstanden mellem strøerne var c-c 600 mm, afstanden mellem opklodsningerne var c-c 550 mm.

Gulv E, Gulv F og Gulv G er eksempler på tre fabrikanters forslag til optimering af et trinlyddæmpende underlag til en opklodsning under et strøgulv.

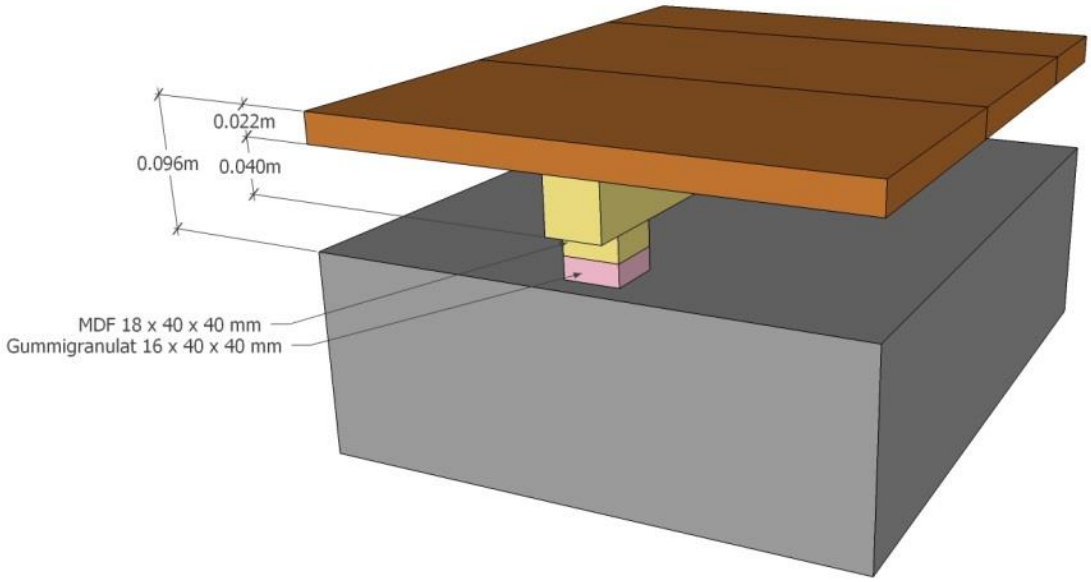


Figur 10
Principopbygning Gulv F.

5.1.7 Gulv G

Gulv G er et trægulv på strøer på opklodsning med underlag af gummigranulat. Konstruktionen består af et 22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 18 mm mdf-plade og 16 mm gummigranulat. Gummigranulatet er klæbet til mdf-pladen. Begge har arealet 40 mm x 40 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 96 mm. Afstanden mellem strøerne var c-c 600 mm, afstanden mellem opklodsningerne var c-c 550 mm.

Gulv E, Gulv F og Gulv G er eksempler på tre fabrikanters forslag til optimering af et trin-lyddæmpende underlag til en opklodsning under et strøgulv.

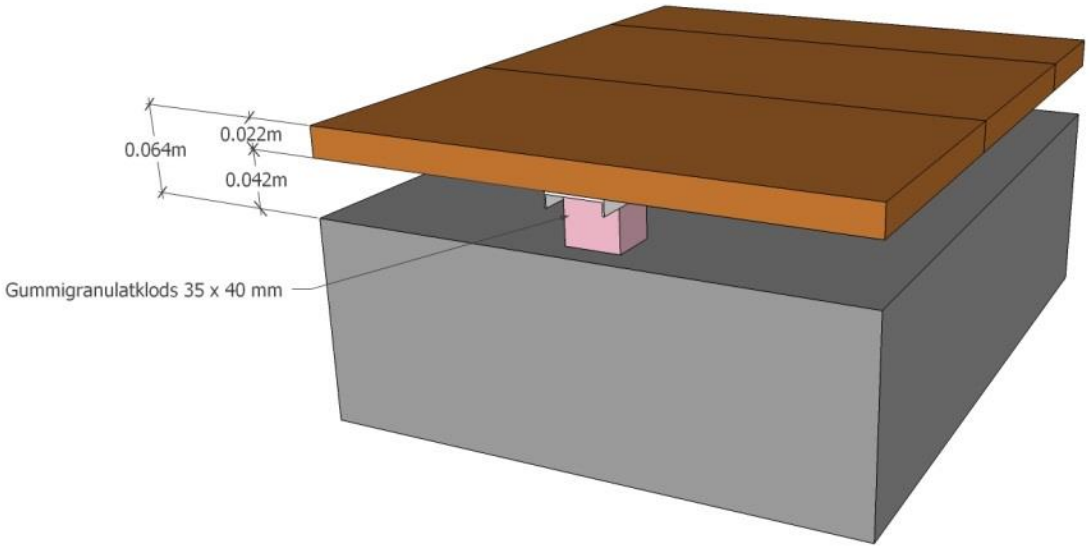


Figur 11
Principopbygning Gulv G.

5.1.8 Gulv H

Gulv H er et trægulv på metalstrøer på opklodsning af gummigranulat.
Konstruktionen er opbygget af et 22 mm massivt trægulv på metalstrøer på opklodsning af 40 mm gummigranulat. De galvaniserede strøer af 0,7 mm stål er udformet som C profiler 40 mm x 18 mm, hvor gummigranulatklodserne med arealet 35 mm x 40 mm klemmes fast. Strøer og gummiklodser er et systemgulv. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 64 mm. Afstanden mellem strøerne var c-c 600 mm, afstanden mellem opklodsningerne var c-c 550 mm.

Gulvet skiller sig med hensyn til strøernes materiale og den totale konstruktionshøjde på ca. 64 mm markant ud fra de øvrige testede strøgulve, der er mellem 90 og 107 mm høje.

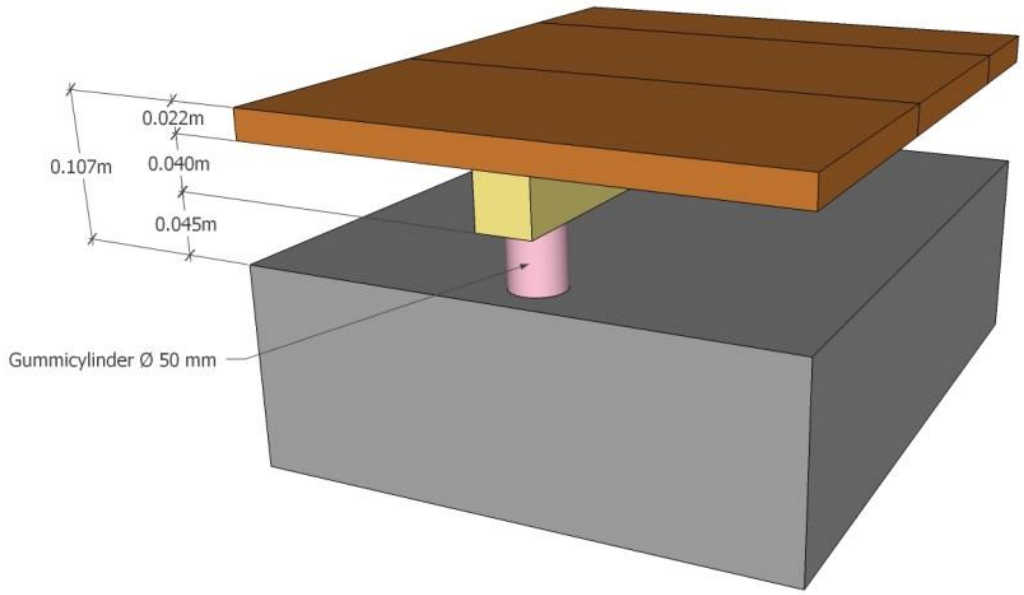


Figur 12
Principopbygning Gulv H.

5.1.9 Gulv I

Gulv I er et trægulv på strøer på opklodsning af gummicylindre.
Konstruktionen er et 22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af en 45 mm høj gummicylinder (svingningsdæmper) med ø50 mm. Svingningsdæmpere er skruet understrøer forsynet med gevind inserts. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 107 mm. Afstanden mellem strøerne var c-c 600 mm, afstanden mellem opklodsningerne var c-c 550 mm.

Gulv I er leverandørens eksempel på udnyttelse af effektive svingningsdæmpere fra maskinopstilling til opklodsning af strøgulve.



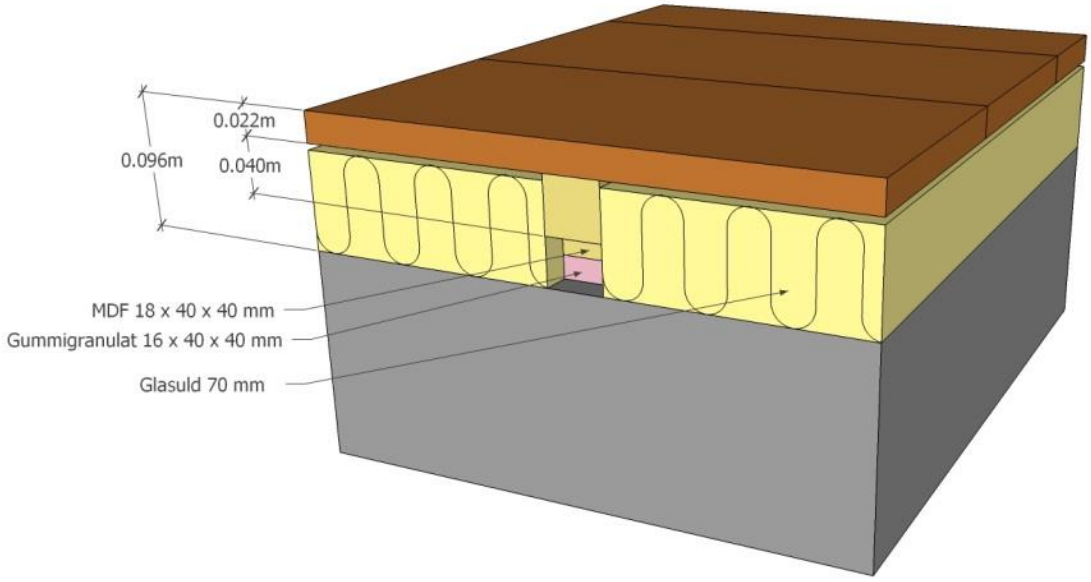
Figur 13
Principopbygning Gulv I.

5.1.10 Gulv J

Gulv J er som Gulv G et trægulv på strøer på opklodsning med underlag af gummigranulat, men her med 70 mm mineraluld mellem strøer (klemt mellem strøer). Konstruktionen består af et 22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 18 mm mdf-plade og 16 mm gummigranulat. Gummigranulatet er klæbet til mdf-pladen. Begge har arealet 40 mm x 40 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 96 mm. Afstanden mellem strøerne var c-c 600 mm, afstanden mellem opklodsningerne var c-c 550 mm.

Mellem strøerne er der udlagt 70 mm mineraluld. Isoleringen er tætskåret mellem strøerne og udfylder næsten højden af hulrummet under brædderne.

Gulv J skal illustrere effekten af en udfyldning af hulrummet under et strøgulv med mineraluld.



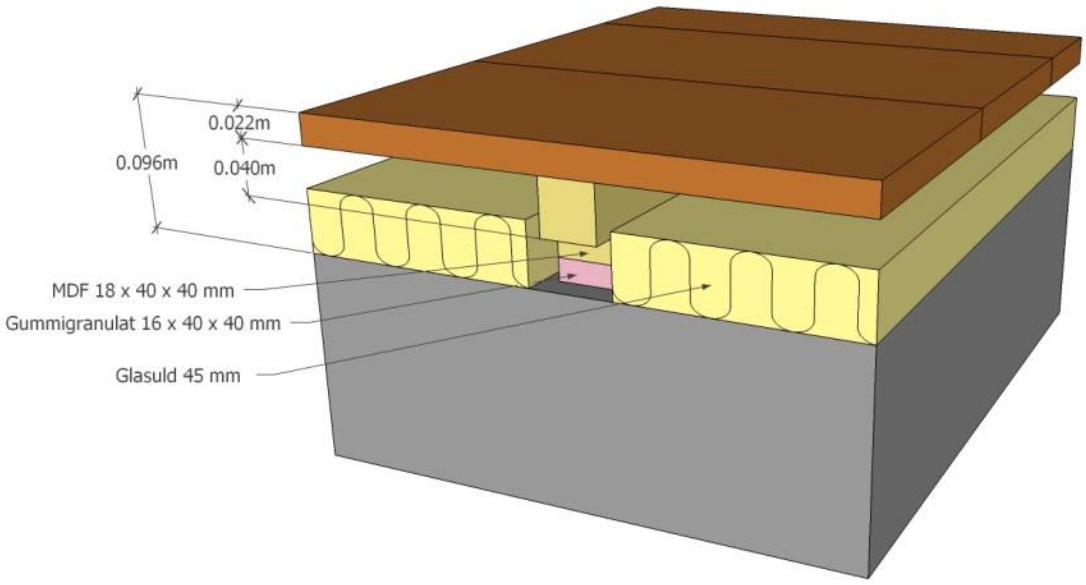
Figur 14
Principopbygning Gulv J.

5.1.11 Gulv K

Gulv K er som Gulv G et trægulv på strøer på opklodsning med underlag af gummigranulat, men her med 45 mm mineraluld mellem strøer (friholdt fra strøer).
Konstruktionen består af et 22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 18 mm mdf-plade og 16 mm gummigranulat. Gummigranulatet er klæbet til mdf-pladen. Begge har arealet 40 mm x 40 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 96 mm. Afstanden mellem strøerne var c-c 600 mm, afstanden mellem opklodsningerne var c-c 550 mm.

Mellem strøerne er der udlagt 45 mm mineraluld. Isoleringen er skåret, så der er 10-15 mm afstand til strøerne.

Gulv K svarer til en gængs udlægning af mineraluld under et strøgulv.



Figur 15
Principopbygning Gulv K.

5.2 Fladelejrede trægulve

Måleprogrammets fladelejrede trægulve, se Tabel 2, repræsenterer:

- Et eksempel med et underliggende pladegulv på et trinlyddæmpende underlag udlagt på granulat
- Et eksempel med et underliggende pladegulv på et trinlyddæmpende underlag

Den totale konstruktionshøjde for gulvopbygningerne ligger på 89 mm og 53 mm, det første svarende til de gængse opbygninger med trægulve på strøer i byggeriet fra 1950'erne til 1970'erne, det andet som en mulighed de steder, hvor det eksisterende gulv har været særligt lavt, se afsnit 3.2.

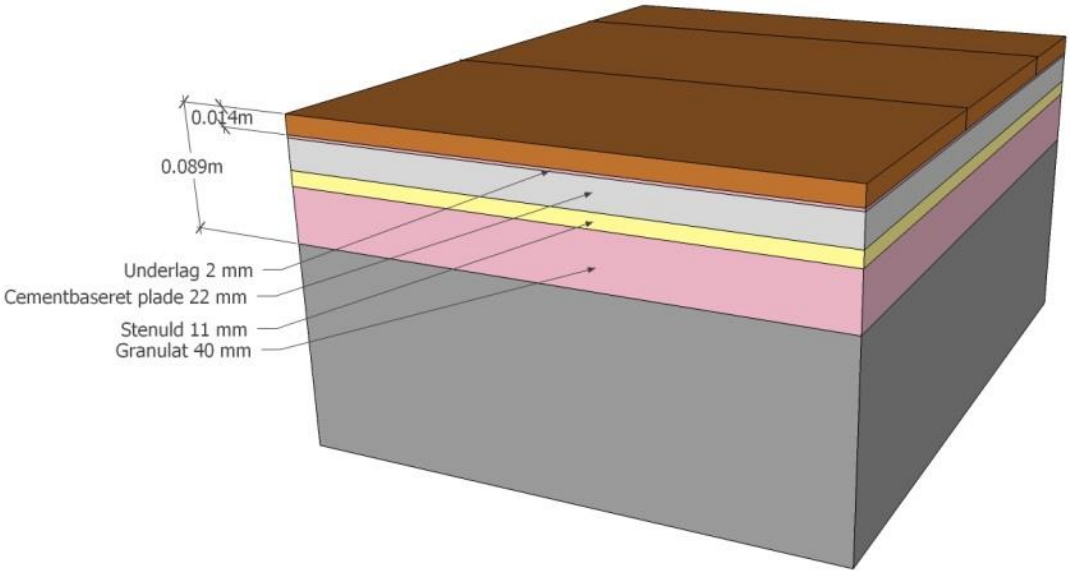
Tabel 2
Måleprogram - fladelejrede gulve.

Gulv nr.	Gulvopbygning	Total konstruktionshøjde
L	Trægulv på tyndt underlag på cementbaseret plade med stenuld på granulat	89 mm
M	Trægulv på tyndt underlag på fibergipsplader på trinlyddæmpende underlag	53 mm

5.2.1 Gulv L

Gulv L er et trægulv på tyndt underlag på en cementbaseret plade med stenuld på granulat. Konstruktionen er opbygget af et 14 mm lamel trægulv på 2 mm foam på 22 mm cementbaseret plade med 11 mm stenuld på 40 mm tørgranulat. Pladen har en fladevægt på ca. 39 kg/m^2. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 89 mm.

Gulv L svarer højdemæssigt til de testede strøgulve. Opbygningen skal demonstrere virkningen af et pladelag med en høj fladevægt i kombination med et trinlyddæmpende underlag samt granulat.

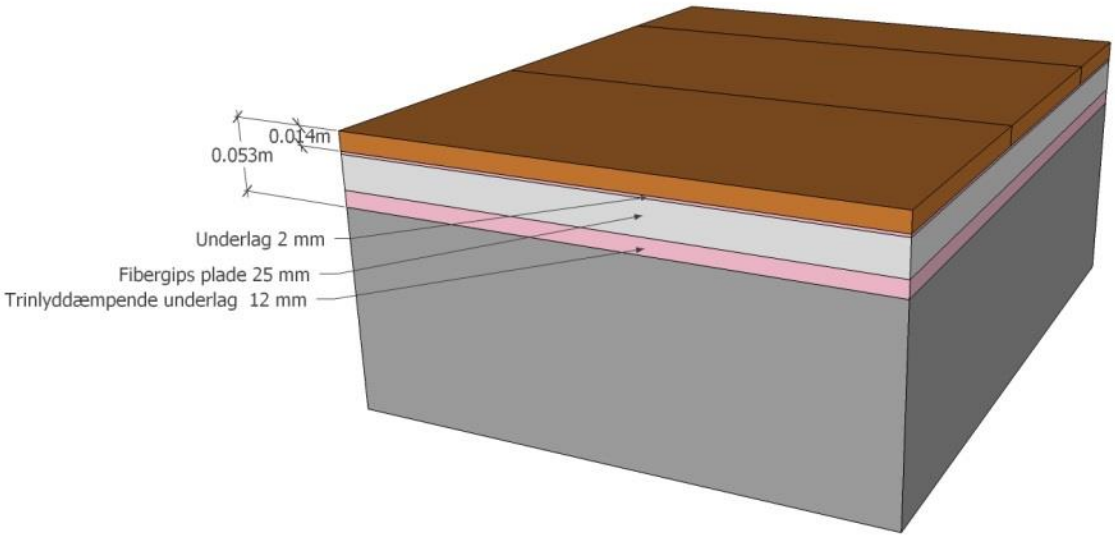


Figur 16
Principopbygning Gulv L.

5.2.2 Gulv M

Gulv M er et trægulv på tyndt underlag på fibergipsplader på trinlyddæmpende underlag. Konstruktionen består af et 14 mm lamel trægulv på 2 mm foam på 25 mm fibergipsplader på 12 mm akustikmåtte.
Pladerne er opbygget af to lag fibergipsplader og har en samlet fladevægt på ca. 30 kg/m^2. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 53 mm.

Gulv M er et lavt gulv i forhold til de øvrige måleobjekter. Opbygningen skal demonstrere virkningen af en akustikmåtte beregnet til brug under støbte gulve, når der i stedet for udstøbning udlægges et pladelag med en middel fladevægt som trykfordelende underlag for et trægulv.



Figur 17
Principopbygning Gulv M.

6. Måleresultater

Måleresultaterne er gengivet som enkelttalsværdier i Tabel 3 og Tabel 4, hvor der for hver af de testede gulvopbygninger er anført den vægtede trinlyddæmpning ΔL_w sammen med den spektrale korrektion $C_{I,\Delta}$, se Bilag 1. I parentes er der orienterende gengivet trinlyddæmpningen med én decimal.

Forbedring af luftlydisolationen er angivet som en minimumsværdi for enkelttalsværdien ΔR_w, jf. bemærkninger i afsnit 4.1.2 om de måletekniske begrænsninger. Også her findes i parentes en værdi med én decimal.

Tabellerne indeholder en kort beskrivelse af gulvkonstruktionens opbygning og dens totale konstruktionshøjde. Der henvises herudover til de detaljerede beskrivelser af gulvkonstruktionerne i afsnit 5.

Måleresultaterne i form af trinlyddæmpningen pr. 1/3-oktav i frekvensområdet 50 Hz-5000 Hz er gengivet i kurveform på kurvebladene i Bilag 3. Her gengives desuden trinlyddæmpningen pr. 1/3-oktav i frekvensområdet 100 Hz-5000 Hz i tabelform samt enkelttalsværdien ΔL_w sammen med den spektrale korrektion $C_{I,\Delta}$, se Bilag 1.

6.1 Trægulve på strøer

I Tabel 3 gengives hovedresultaterne for de testede trægulve på strøer.

Tabel 3
Måleresultater for de testede gulvopbygninger med trægulve på strøer.

Gulv nr.	Gulvopbygning	Total konstruktionshøjde	Trinlyddæmpning ΔL_w [dB]	Spektral korrektion $C_{I,\Delta}$ [dB]	Forbedring af luftlydisolation ΔR_w [dB]
A	22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på kiler	90 mm	17 (17,1)	-12	2 (2,8)
B	22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 20 mm krydsfiner og 12 mm blød træfiberplade	94 mm	18 (18,6)	-11	3 (3,1)
C	22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på kiler med underlag af 8-10 mm gummigranulat	96 mm	23 (23,7)	-12	4 (4,2)
D	22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på kiler med 5 mm gummiunderlag	92 mm	22 (22,0)	-12	3 (3,6)
E	22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 15 mm krydsfiner og 15 mm polyurethanskum	92 mm	22 (22,8)	-12	3 (3,3)
F	22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 20 mm krydsfiner og 12 mm polyurethanskum	94 mm	22 (22,0)	-12	3 (3,1)
G	22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 18 mm mdf-plade og 16 mm gummigranulat	96 mm	23 (23,4)	-12	3 (3,5)
H	22 mm massivt trægulv på metalstrøer på opklodsning af 40 mm gummigranulat	64 mm	20 (20,7)	-11	2 (2,6)
I	22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 45 mm gummicylinder (svingningsdæmper) med ø50 mm	107 mm	25 (25,6)	-11	3 (3,5)
J	Som Gulv G med 70 mm mineraluld, tætskåret mellem strøer	96 mm	28 (28,0)	-13	4 (4,4)
K	Som Gulv G med 45 mm mineraluld, friholdt fra strøer	96 mm	26 (26,5)	-12	4 (4,3)

6.2 Fladelejrede trægulve

I Tabel 4 gengives hovedresultaterne for de testede fladelejrede trægulve.

Tabel 4
Måleresultater for de testede gulvopbygninger med fladelejrede trægulve.

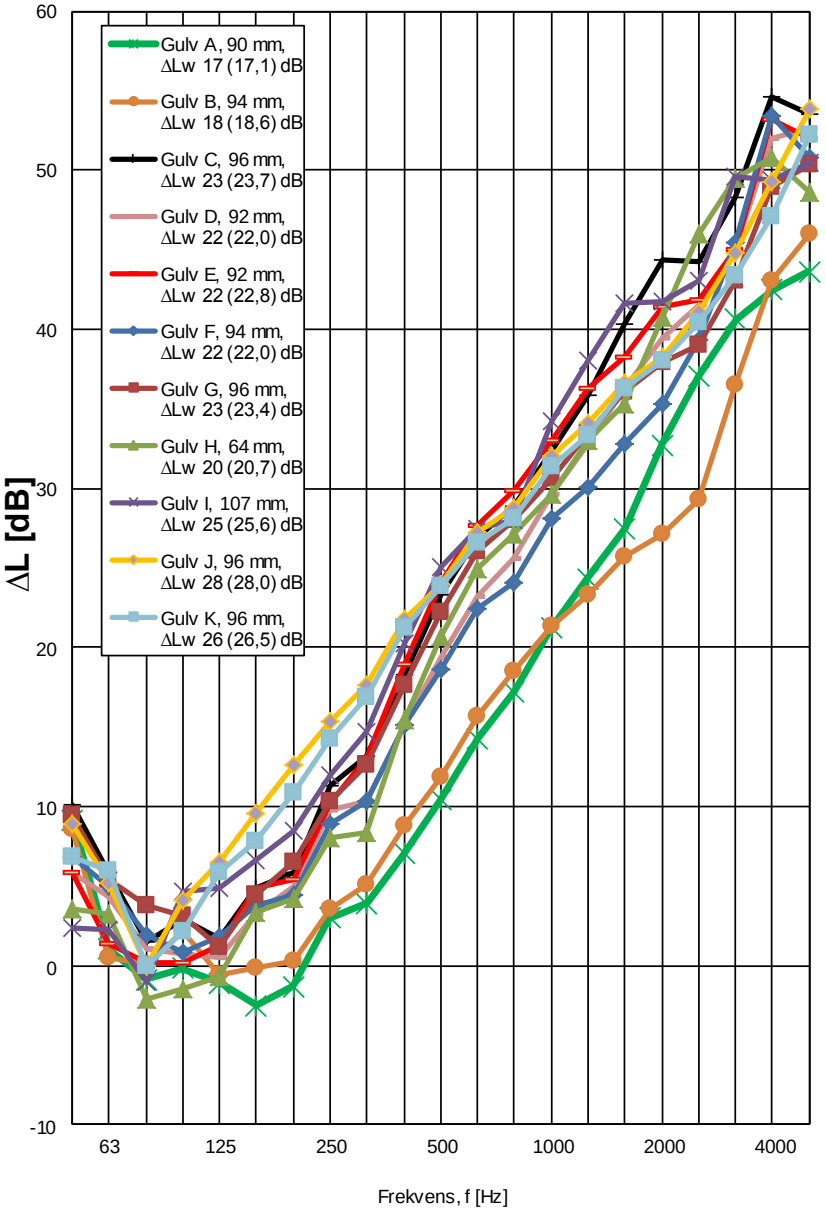
Gulv nr.	Gulvopbygning	Total konstruk-tionshøjde	Trinlyd-dæmpning ΔL_w [dB]	Spektral korrektion $C_{I,\Delta}$ [dB]	Forbedring af luftlyd-isolation ΔR_w [dB]
L	14 mm lamel trægulv på 2 mm foam på 22 mm cementbaseret plade med 11 mm stenuld på 40 mm tørgranulat	89 mm	26 (26,2)	-13	4 (4,0)
M	14 mm lamel trægulv på 2 mm foam på 25 mm fibergipspladerpå 12 mm aku-stikmåtte	53 mm	21 (21,1)	-12	3 (3,6)

7. Sammenstilling og vurdering af måleresultater

I dette afsnit sammenstilles og vurderes måleresultaterne primært ud fra sammenligninger af kurveforløb for de målte gulvkonstruktioner, men også med baggrund i de opnåede enkelttalsværdier. Kurverne gengiver resultaterne pr. 1/3-oktav i frekvensområdet 50 Hz-5000 Hz, men resultaterne af trinlyddæmpningen i det udvidede frekvensområde 50 Hz-80 Hz skal ligesom resultaterne af forbedringen of luftlydisolationen betragtes som orienterende. Dette gælder også enkelttalsværdierne med én decimal, jf. Afsnit 4.1.

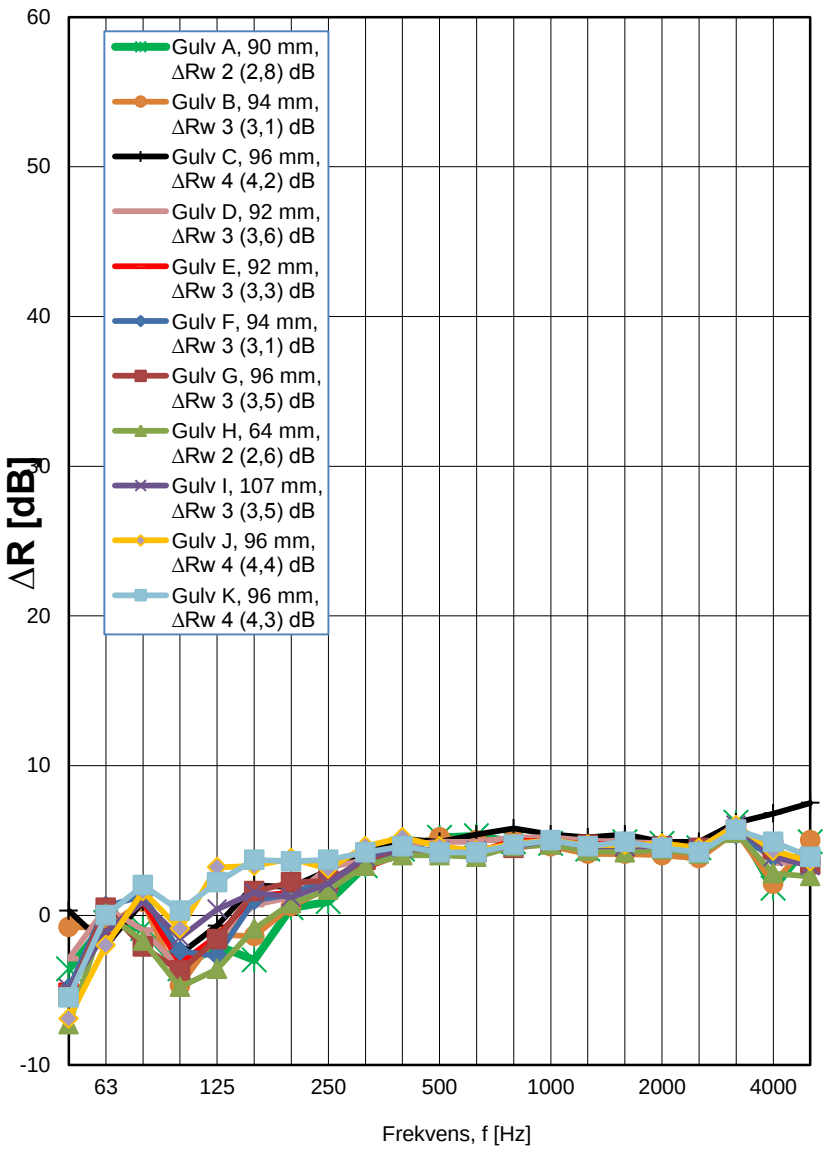
7.1 Strøgulve samlet

I Figur 18 ses en samlet gengivelse af trinlyddæmpningen for alle 11 testede strøgulvkonstruktioner. Det fremgår, at alle konstruktioner udviser det samme overordnede principielle kurveforløb. Forskellene ligger primært omkring det mere eller mindre udtalte dyk, hvor trinlyddæmpningen kommer tæt på 0 eller derunder i frekvensområdet 63 Hz-200 Hz. Se evt. også kommentarer om kurveforløbet i den lave del af frekvensområdet i afsnit 7.7. Herudover skiller Gulv A og Gulv B (de to referencegulve svarende til eksisterende byggeri) sig markant ud ved en lavere trinlyddæmpning fra 160 Hz og opefter. De i måleprogrammet valgte ideer for strøgulve til afprøvning i laboratoriet har en vægtet trinlyddæmpning, der er 2-11 dB bedre end de to referencegulve.



Figur 18
Trinlyddæmpning for strøgulve - alle målinger.

I Figur 19 findes en tilsvarende sammenligning af resultaterne af de orienterende målinger af forbedring af luftlydisolation for alle de testede strøgulve. Alle gulve har en vægtet forbedring af luftlydisolation på 2-4 dB, og der har ikke ved de gennemførte målinger kunnet vises en tydelig forbedring for de i måleprogrammet valgte ideer for strøgulve til afprøvning i laboratoriet i forhold til de to referencegulve.

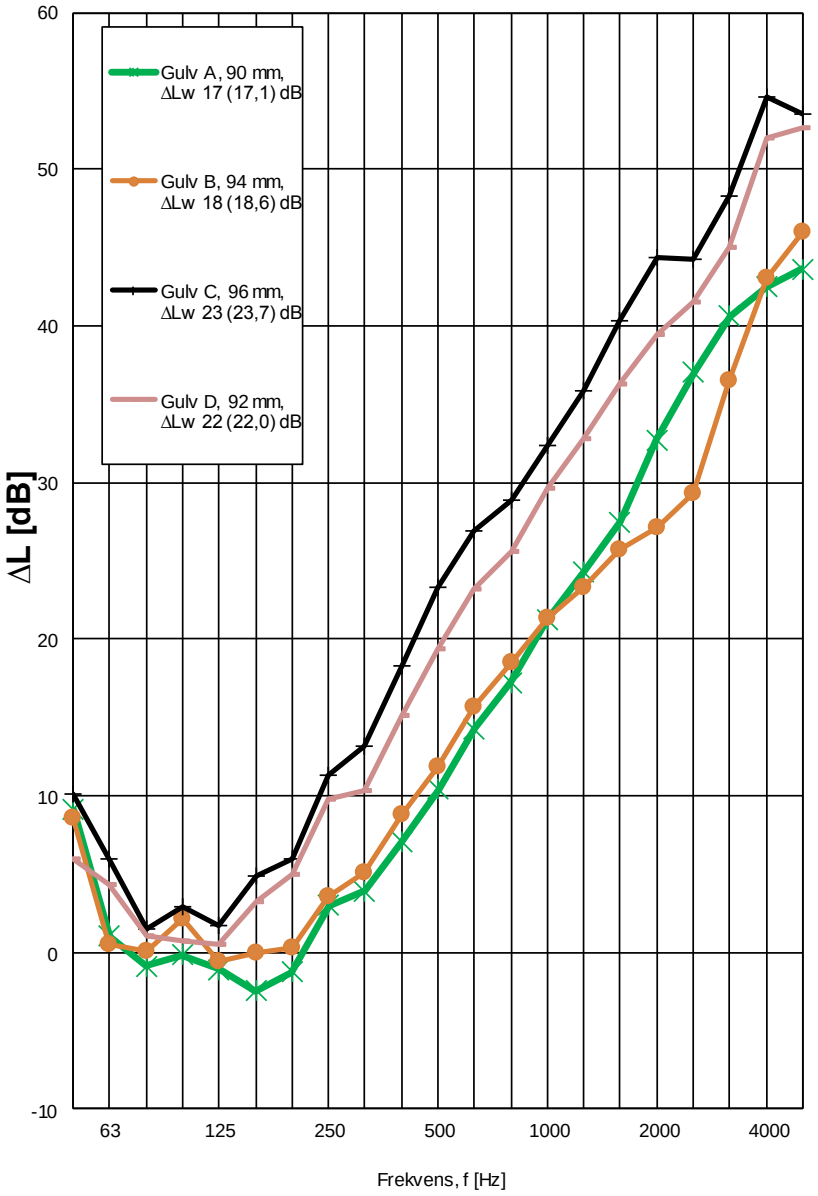


Figur 19
Forbedring af luftlydisolation for strøgulve - alle målinger.

7.2 Strøgulve på kiler

I Figur 20 vises en sammenstilling af resultaterne af trinlyddæmpningen for referencegulvet Gulv A og de to forbedrede gulve med kiler, Gulv C og Gulv D med henholdsvis 8-10 mm bølget gummigranulat og 5 mm gummi under kilerne. Begge gulve giver en forbedring af den vægtede trinlyddæmpning svarende til projektets målsætning om at opnå mindst 5 dB bedre trinlydniveau.

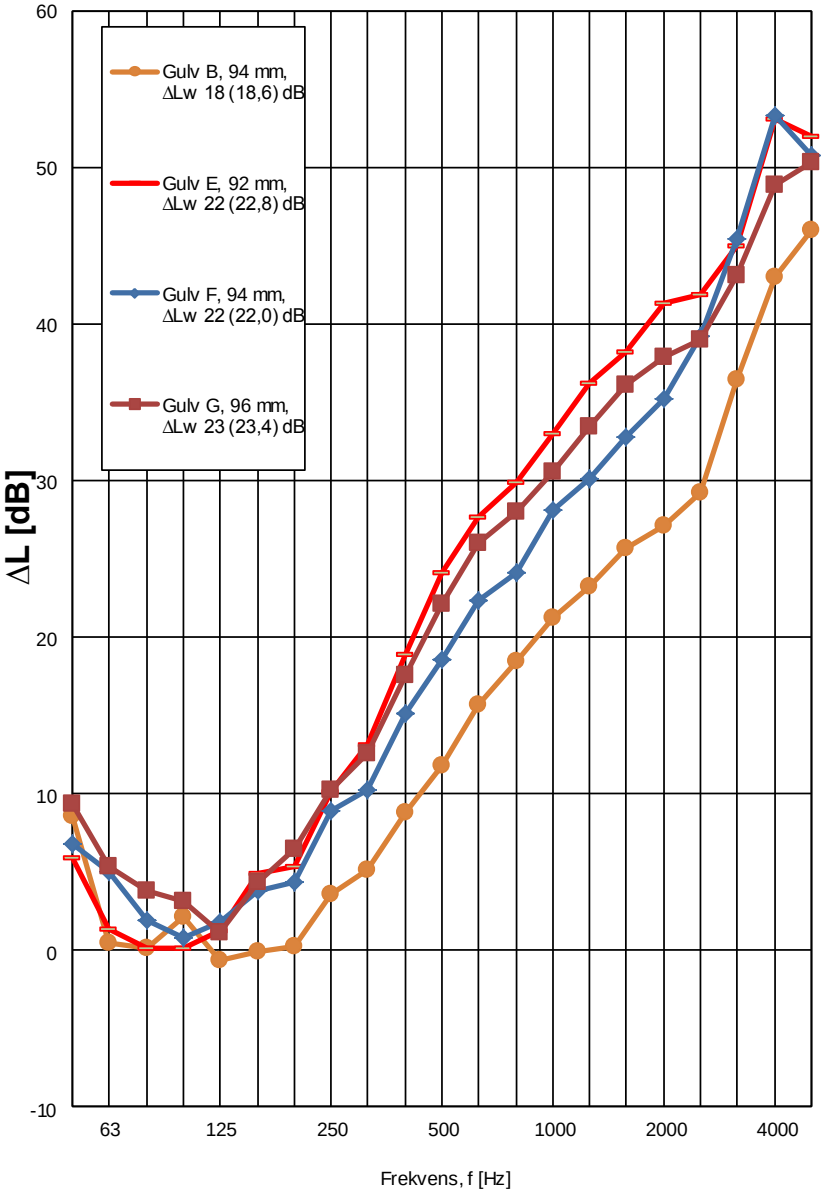
Til sammenligning er også referencegulvet Gulv B på opklodsning med underlag af blød træfiberplade medtaget. I forhold til dette gulv giver kilerne med trinlyddæmpende underlag en forbedring af den vægtede trinlyddæmpning på mindst 4 dB.



Figur 20
Trinlyddæmpning for strøgulve - referencegulve og to gulve på kiler med trinlyddæmpende underlag.

7.3 Strøgulve på opklodsning med trinlyddæmpende underlag

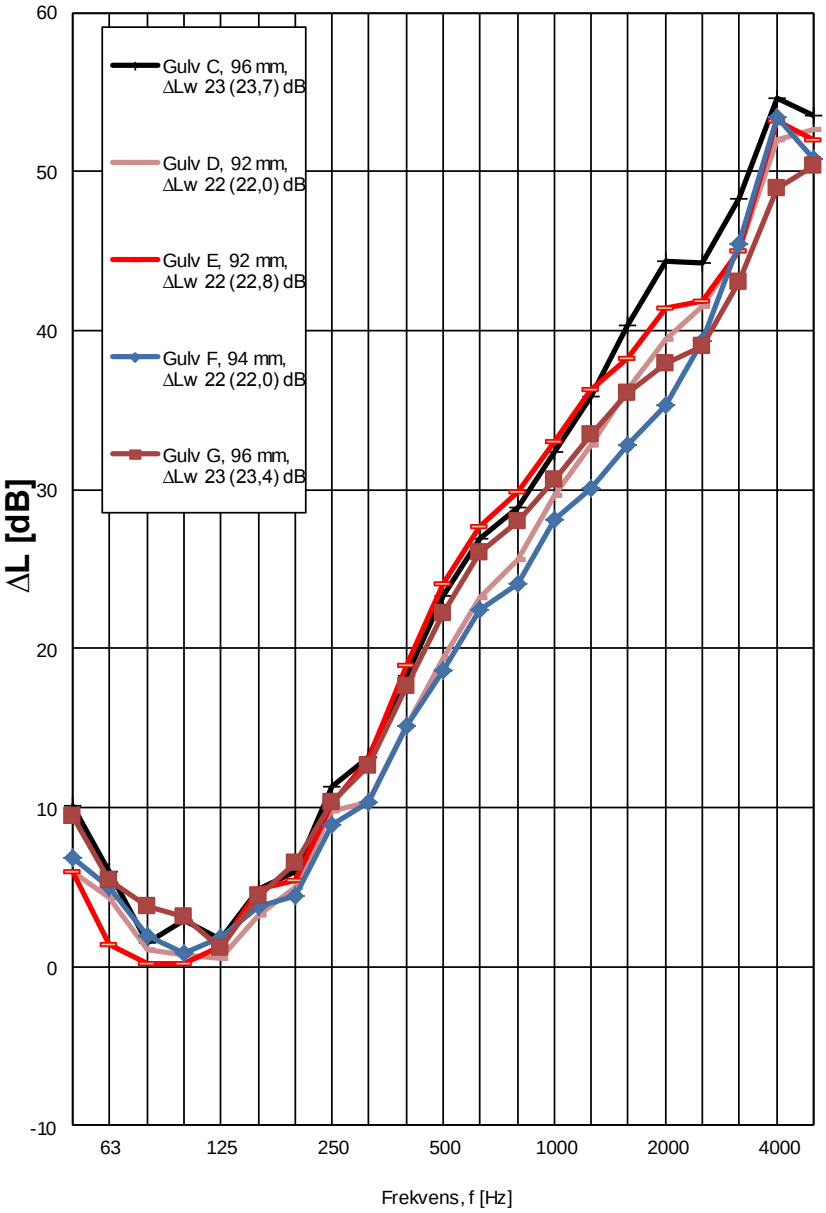
I Figur 21 vises en sammenstilling af resultaterne af trinlyddæmpningen for referencegulvet Gulv B og de tre forbedrede gulve ligeledes med opklodsning med trinlyddæmpende underlag, Gulv E, Gulv F og Gulv G. De tre af leverandørerne valgte underlag giver sammenlignelige kurveforløb og en vægtet trinlyddæmpning, der er 4-5 dB bedre end den ofte brugte bløde træfiberplade.



Figur 21
Trinlyddæmpning for strøgulve på opklodsning med trinlyddæmpende underlag.

7.4 Strøgulve med kiler eller opklodsning med trinlyddæmpende underlag

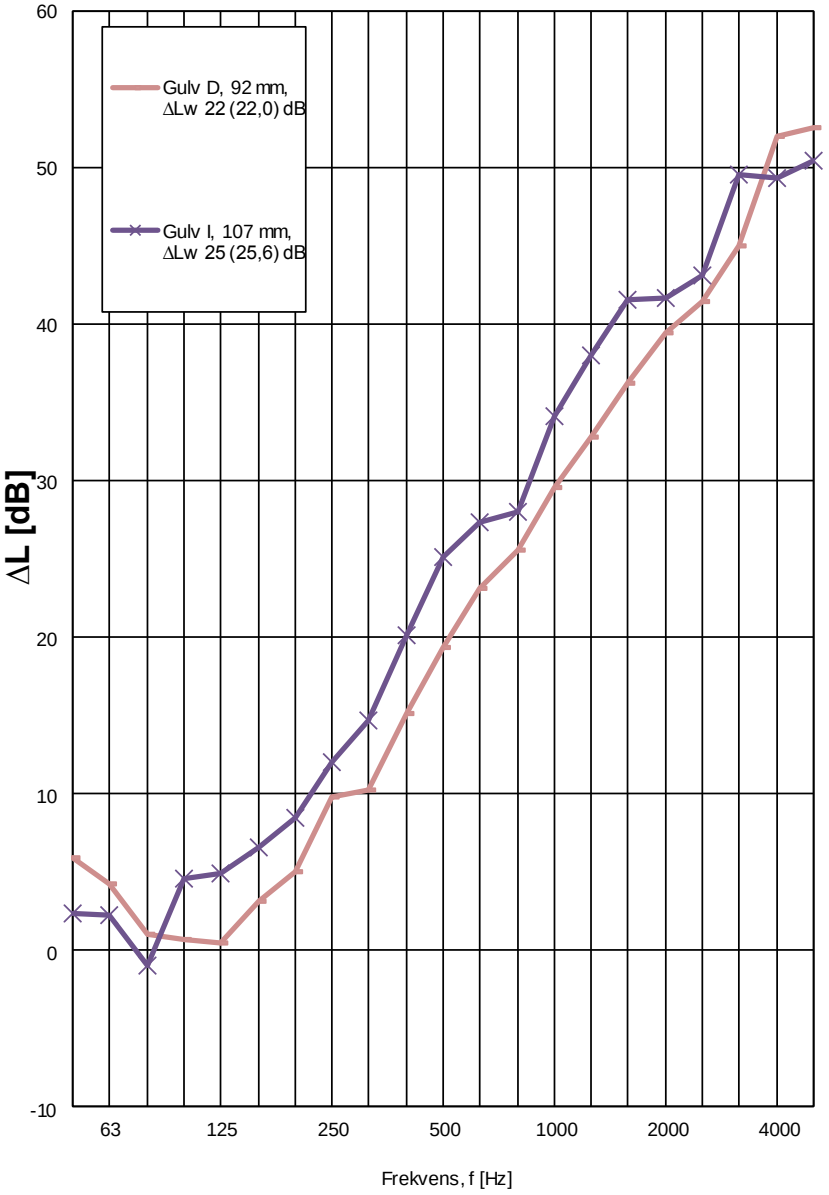
Måleprogrammets fem ideer til forbedrede strøgulvkonstruktioner opbygget med plastkiler suppleret med et trinlyddæmpende underlag eller opbygget med opklodsning på trinlyddæmpende underlag er sammenlignet i Figur 22. Underlagene er af forskellige materialer og har forskellige tykkelser varierende fra 5 til 16 mm. De giver alle en principielt ”ens” trinlyddæmpning på 22-23 dB, men dog med nogen spredning i kurveforløbet.



Figur 22
Trinlyddæmpning for strøgulve - målinger med forskellige trinlyddæmpende underlag under kiler eller opklodsninger.

7.5 Svingningsdæmper af gummi

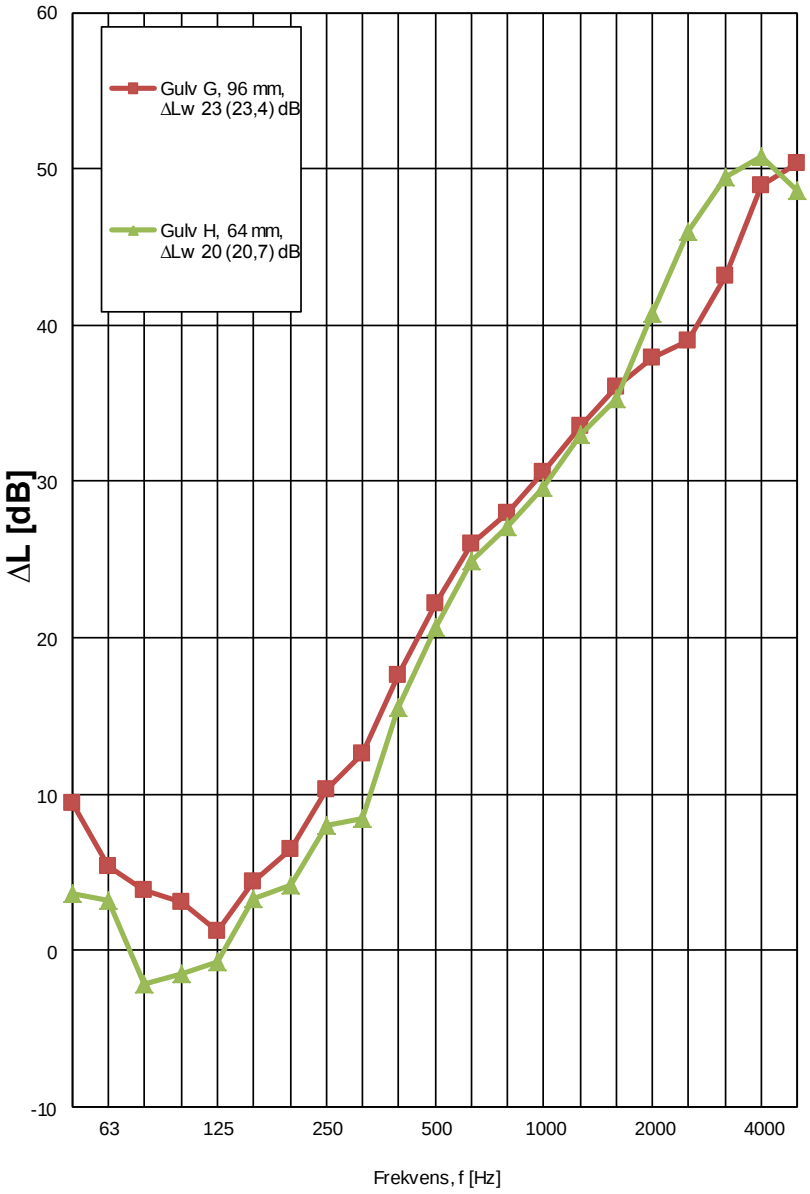
Figur 23 viser resultatet for Gulv I, hvor opklodsningen består af en egentlig svingningsdæmper med en højde på 45 mm. Til sammenligning er trinlyddæmpningen for Gulv D vist. Dette gulv på kiler har et gummiunderlag på 5 mm tykkelse. Det fremgår, at den høje svingningsdæmper giver en forventet forskydning af kurven og en vægtet trinlyddæmpning, der er 3 dB højere.



Figur 23
Trinlyddæmpning for strøgulve - målinger med trinlyddæmpende underlag af gummi. Gulv D: 5 mm plade, Gulv I: 45 mm høj massiv cylinder. Obs. forskel i total konstruktionshøjde.

7.6 Strøsystem

Et enkelt gulv, Gulv H, er opbygget med et strøsystem af metal med opklodsning af 40 mm gummigranulat. I Figur 24 er dette sammenlignet med Gulv G med træstrøer, men også med gummigranulat, dog kun i 16 mm tykkelse. Der er en væsentlig forskel i den totale konstruktionshøjde for de to gulve, og dette er sandsynligvis medvirkende til forskellen i resultaterne i den lavere del af frekvensområdet. Det har ikke inden for projektets rammer været muligt at vurdere indflydelsen fra strøsystemet yderligere, men opbygningen med gulvbrædderne skruet direkte på det - i forhold til de laminerede træstrøer - slappere stålprofil kan være en del af årsagen til den 3 dB lavere vægtede trinlyddæmpning.



Figur 24
Trinlyddæmpning for strøgulve - målinger med træstrøer og metalstrøer på trinlyddæmpende underlag. Obs. stor forskel i total konstruktionshøjde.

7.7 Betydning af mineraluld

Betydningen af at udfylde hulrummet under et strøgulv med opklodsning med trinlyddæmpende underlag helt eller delvist med mineraluld er illustreret i Figur 25.

Når Gulv G, der - i forhold til referencegulvene - har et effektivt trinlyddæmpende underlag og derved en vægtet trinlyddæmpning på 23 dB, suppleres med mineraluld i hulrummet mellem strøerne, er der ved målingerne opnået en betydelig ekstra forbedring af trinlyddæmpningen gennem en forskydning på to 1/3 oktavbånd af det markante dyk i kurven. En forbedring af trinlyddæmpningen på 3-5 dB er ikke tidligere set ved ilægning af mineraluld under almindelige strøgulve.

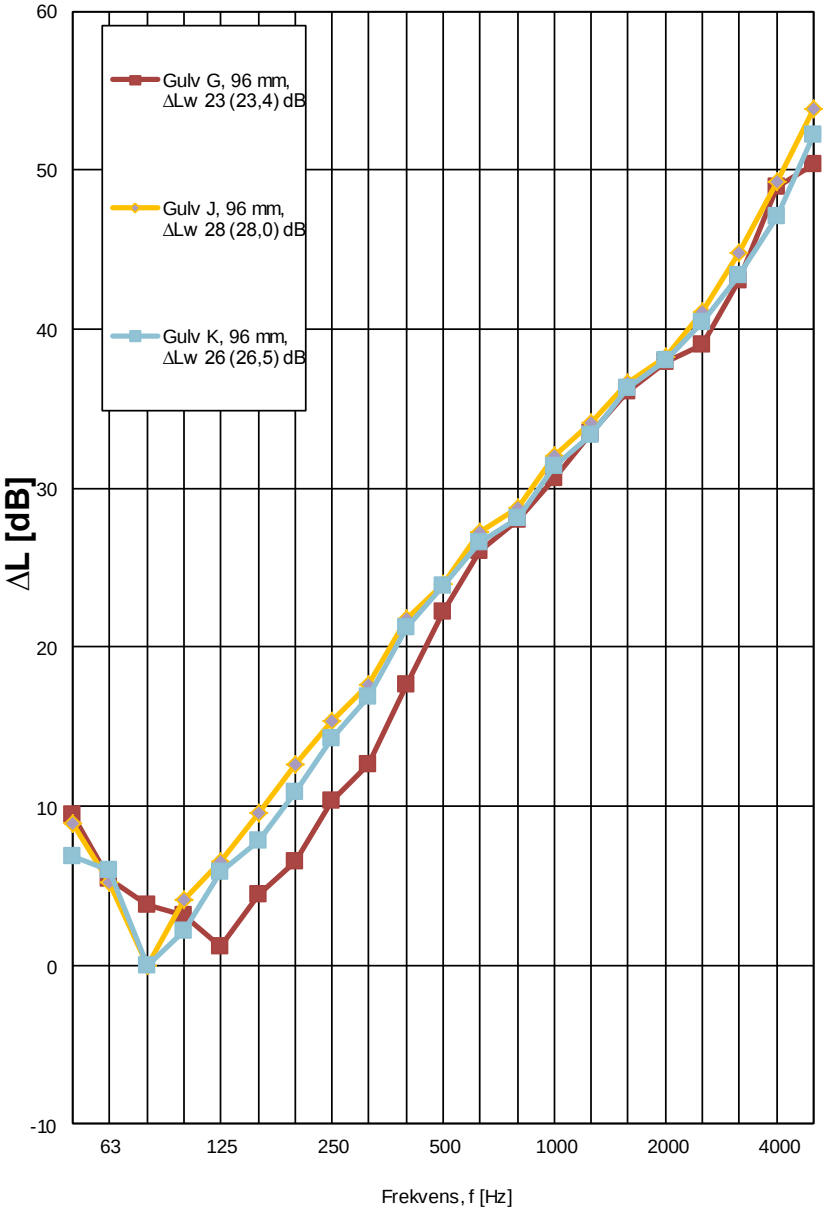
Forløbet af den målte trinlyddæmpning i den lave del af frekvensområdet er blandt andet bestemt af følgende forskellige resonanser:

- Resonans i systemet af brædder/strøer og det elastiske underlag
- Hulrumsresonans for gulvet og det luftfyldte hulrum
- Bøjningsbølgeresonanser i gulvbrædderne, herunder svingningsmønstre i systemet af gulvbrædder og strøer (fx som funktion af strøafstanden)

Bøjningsbølgeresonanserne vurderes at kunne forekomme i samme frekvensområde som resonanserne for det simple system bestående af en svingende masse (gulvbrædderne) på en fjeder sammensat af luften i hulrummet og de elastiske underlag [7].

Hvis en betydelig del af trinlydniveauet for Gulv G med et effektivt elastisk underlag skyldes lydtransmission fra bøjningsbølgeresonanser i gulvbrædderne, kan dette måske forklare den forøgede dæmpning, der er opnået ved ilægning af mineraluld (den direkte overførsel af strukturlyd har mindre betydning end luftlydudstrålingen fra bræddernes underside).

Det vurderes, at der bør gennemføres yderligere test af strøgulve med lydabsorberende materiale i hulrummet, før der endeligt kan konkluderes på den opnåede effekt. Dette har ikke været muligt inden for projektets rammer.



Figur 25
Trinlyddæmpning for strøgulve – målinger med samme trinlyddæmpende underlag med og uden mineraluld mellem strøer.

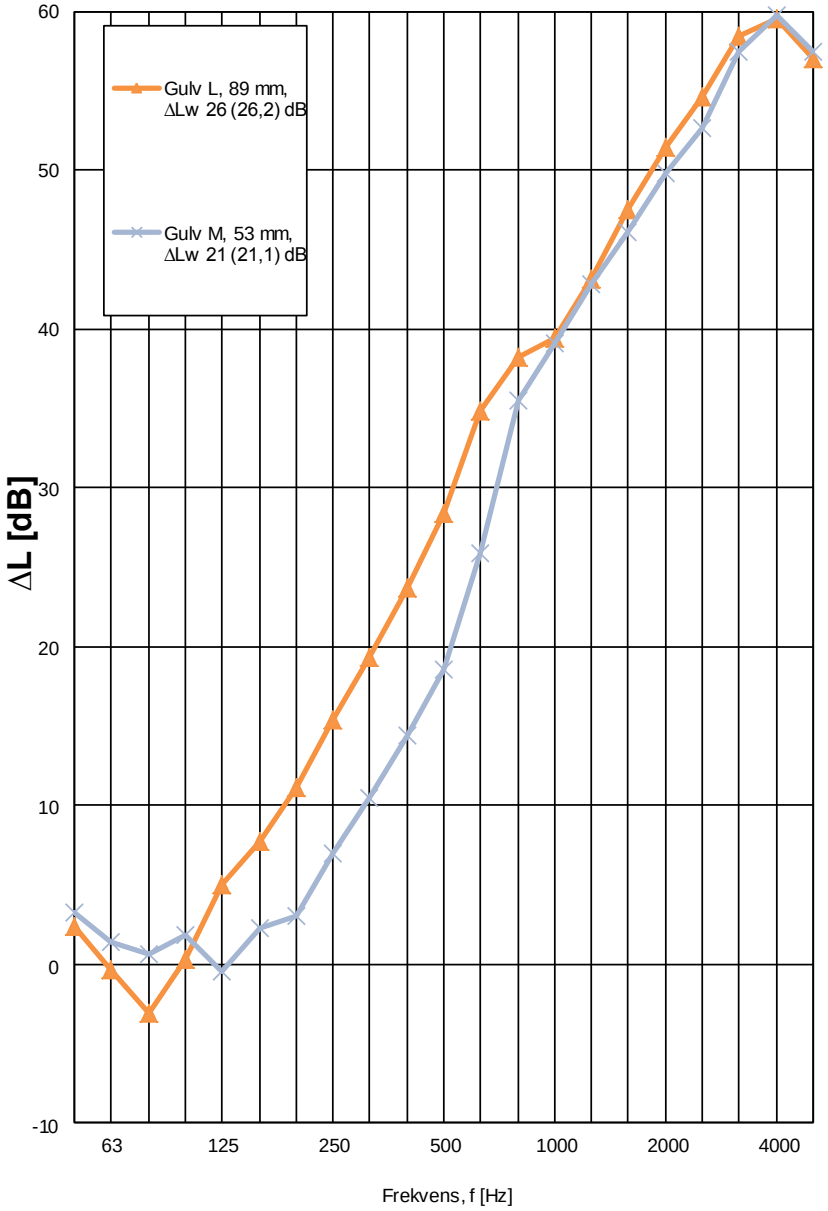
7.8 Fladelejrede gulve

Kurveforløbet for trinlyddæmpningen for de to fladelejrede gulve er vist i Figur 26.

Forskellene på de to gulvopbygninger er stor med hensyn til underlag, pladelag og total konstruktionshøjde. Resultaterne er således ikke direkte sammenlignelige.

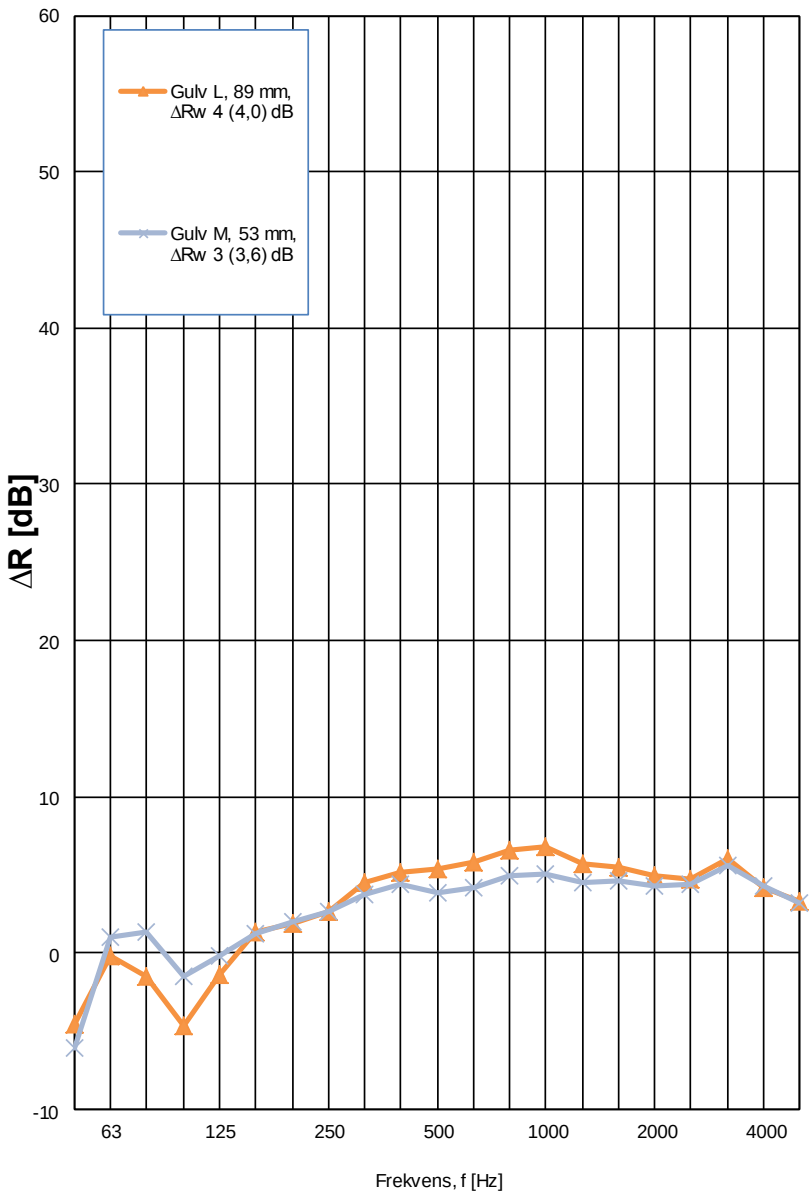
For Gulv L, der har en højde svarende til mange strøgulve i eksisterende byggerier opnås en vægtet trinlyddæmpning på 26 dB. Dette er 8-9 dB bedre end de målte referencegulve, Gulv A og Gulv B, og betyder, at der med god margin kan opnås en forbedring svarende til projektets målsætning om at opnå mindst 5 dB bedre trinlydniveau.

Med det væsentligt lavere Gulv M opnås en forbedring på 3-4 dB i forhold til reference-gulvene.



Figur 26
Trinlyddæmpning for 2 fladelejrede gulve.

I Figur 27 ses resultaterne af de orienterende målinger af forbedring af luftlydisolation for de to testede fladelejrede gulve. Som for strøgulvene har det ikke ved de gennemførte målinger, se også afsnit 4.1.2, kunnet vises en markant forbedring i forhold til de to referencegulve (strøgulve).



Figur 27
Forbedring af luftlydisolation for fladelejrede gulve.

8. Studieopgave DTU

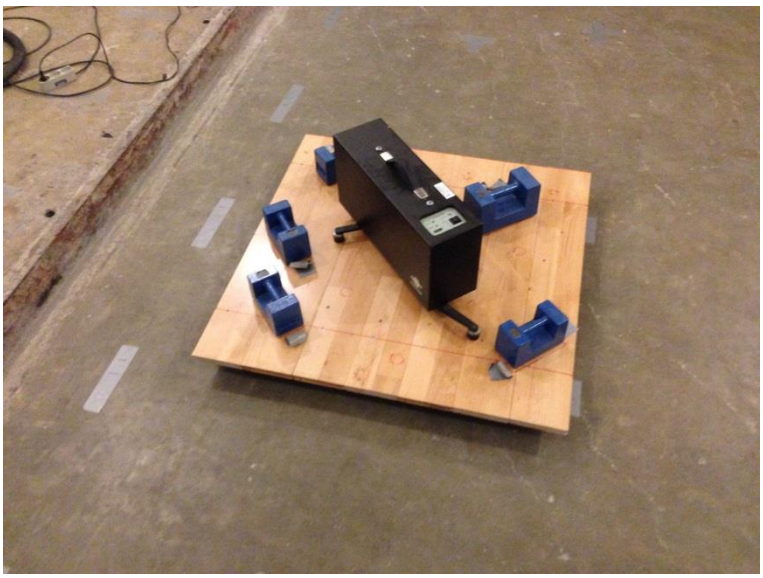
Parallelt med projektet er der gennemført et studieprojekt på DTU. Studieprojektet er udført af Roi Hansen ved DTU Elektro, Akustisk Teknologi [8].

Studieprojektet har omfattet laboratoriemålinger med reduceret størrelse af strøgulve, sammenligninger med udvalgte fuldskalamålinger (fra SBi-projektets resultater beskrevet i den foreliggende rapport) samt teoretisk modellering.

8.1 Sammenligning af måleresultater for gulve i reduceret størrelse og i fuld skala

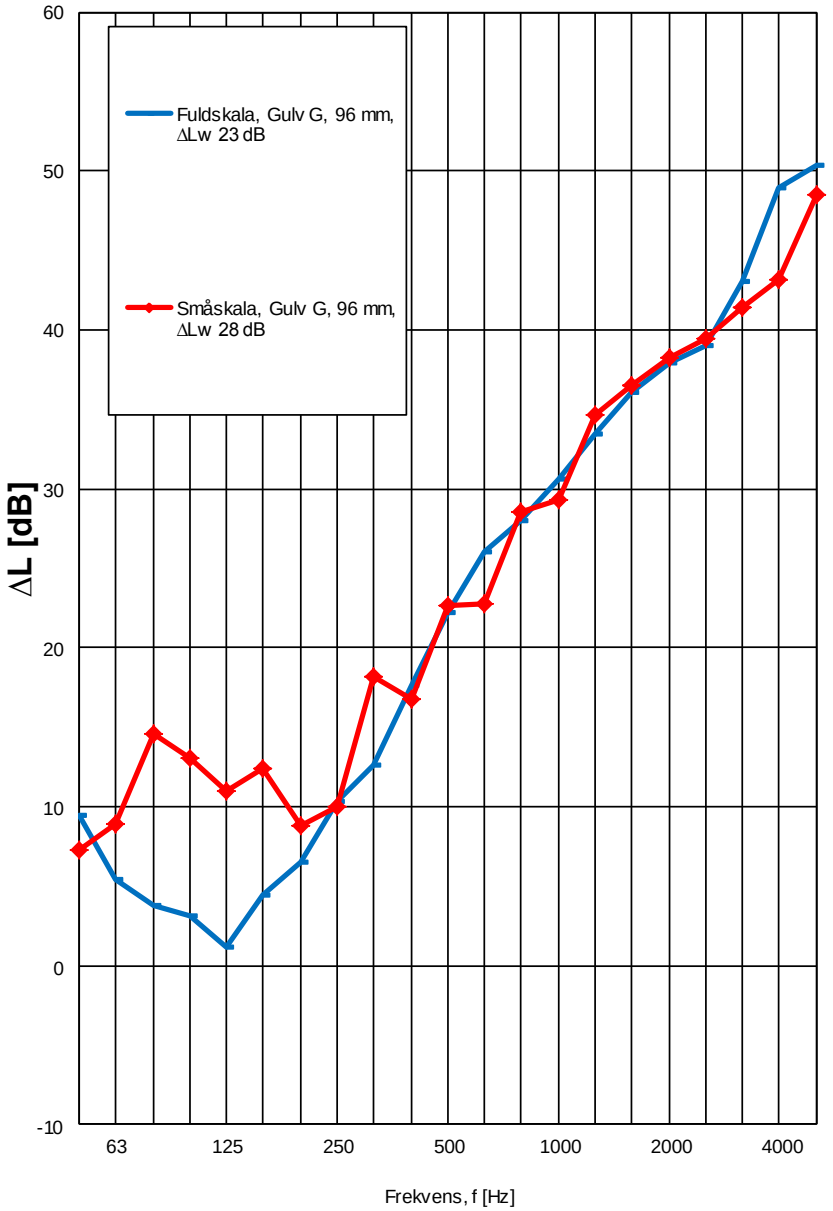
Roi Hansen har gennemført målinger af 7 strøgulve, Gulv A til Gulv G, i reduceret størrelse. Gulvfladen var 0,81 m x 0,81 m og understøttet af to strøer på i alt 4 opklodsninger. Strøafstand og afstand mellem opklodsninger var som for fuldskala gulvene. Målingerne er udført på det samme standarddæk i laboratoriet på DTU og med tilsvarende belastning af gulvfladen, som ved fuldskalamålingerne.

Et billede af småskala gulvet er gengivet i Figur 28.



Figur 28
Foto af småskala testgulv i de bygningsakustiske laboratorier på DTU.

I Figur 29 er der som et eksempel på resultaterne af målingerne af strøgulvene i reduceret størrelse vist en sammenligning af kurveforløbet for trinlyddæmpningen for Gulv G målt i fuldskala og i småskala.



Figur 29
Sammenligning. Gulv G målt henholdsvis i fuldskala og i småskala.

Forskellene mellem den vægtede trinlyddæmpning målt i fuldskala og i småskala fremgår af Tabel 5. Gulvene med reduceret størrelse giver alle en fra 2 til 5 dB højere vægtet trinlyddæmpning end målt i fuldskala.

Målingerne viser dog, at der stort set er den samme rangordning af gulvene i lille og stor størrelse.

I Tabel 5 ses udover resultaterne i rangorden for henholdsvis små og store prøvegulve dels forbedringen af trinlyddæmpningen i forhold til det forrige lavere rangerede gulv, dels forbedringen af trinlyddæmpningen i forhold til Gulv A (det lavest rangerede gulv). Forbedringen opnået i småskala og i fuldskala er ikke numerisk ens, men alle værdier for forbedringen i forhold til det forrige gulv er større end eller lig med 0.

Det vurderes på denne baggrund, at prøveemner af reduceret størrelse ikke kan anvendes til dokumentationsmålinger af ydeevne, men kan anvendes til orienterende målinger med henblik på rangordning af strøgulve i forbindelse med udvikling af gulvkonstruktioner med forbedrede trinlydegenskaber.

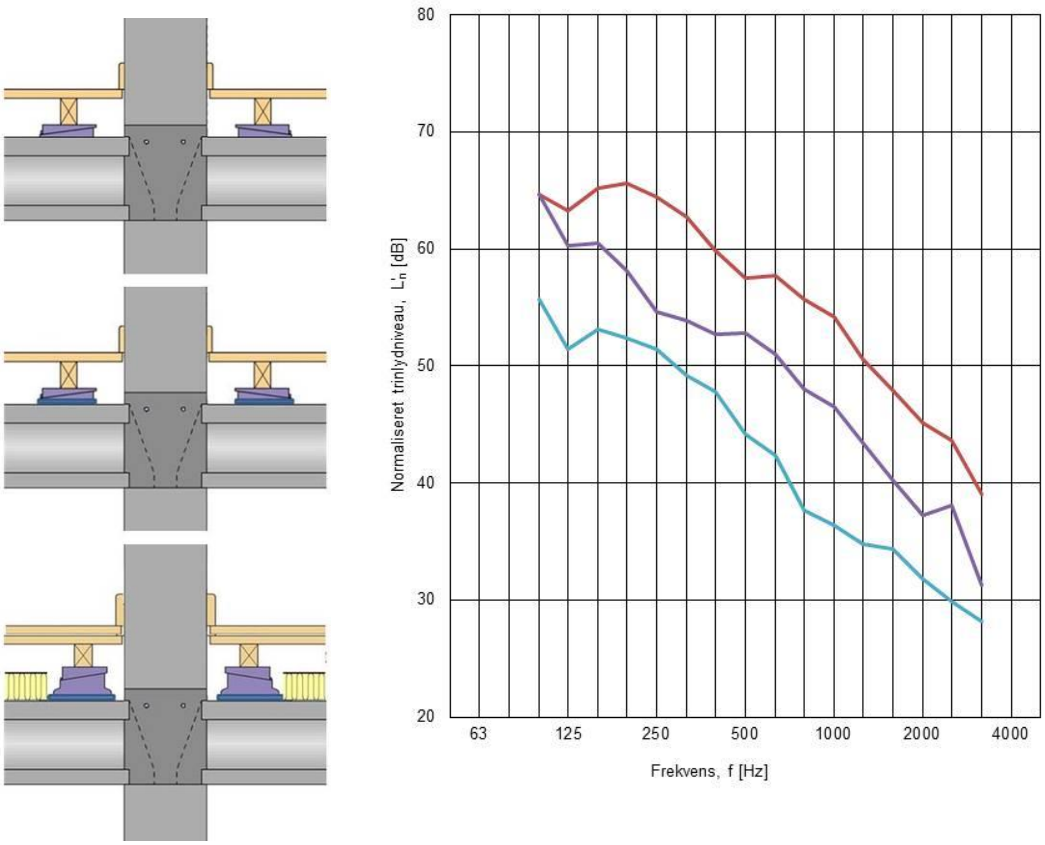
Tabel 5
Sammenligning i rangorden af måleresultater for trinlyddæmpning af strøgulve i fuld skala og i reduceret småskala.

Rangorden af gulve	**Småskala ΔL_w [dB]**	**Fuldskala ΔL_w [dB]**	**Forskel i målt ΔL_w [dB]**	**Forbedring i forhold til forrige gulv [dB]**		**Forbedring i forhold til Gulv A [dB]**	
A	19,1	17,1	2,0	Småskala	Fuldskala	Småskala	Fuldskala
B	22,5	18,6	3,9	3,4	1,5	3,4	1,5
D	25,5	22,0	3,5	3,0	3,4	6,4	4,9
F	26,0	22,0	4,0	0,5	0	6,9	4,9
E	28,0	22,8	5,2	2.0	0,8	8,9	5,7
G	28,4	23,4	5,0	0,4	0,6	9,3	6,3
C	28,4	23,7	4,7	0	0,3	9,3	6,6

9. Sammenligning med feltundersøgelser

Der er i to etageboligbebyggelser i det aktuelle projekts del B og C [1] foretaget måling af trinlydniveau før og efter renovering af lejlighederne. Renoveringen har omfattet udskiftning af de eksisterende trægulve på strøer på plastkiler.

I Figur 30 er der vist eksempler på målte trinlydniveauer i de to bebyggelser sammen med skitser af den eksisterende gulvopbygning (ens i de to bebyggelser) og de valgte nye gulvopbygninger. Målingerne i bebyggelserne er udført i henhold til DS/EN ISO 140-7:1998 [9].



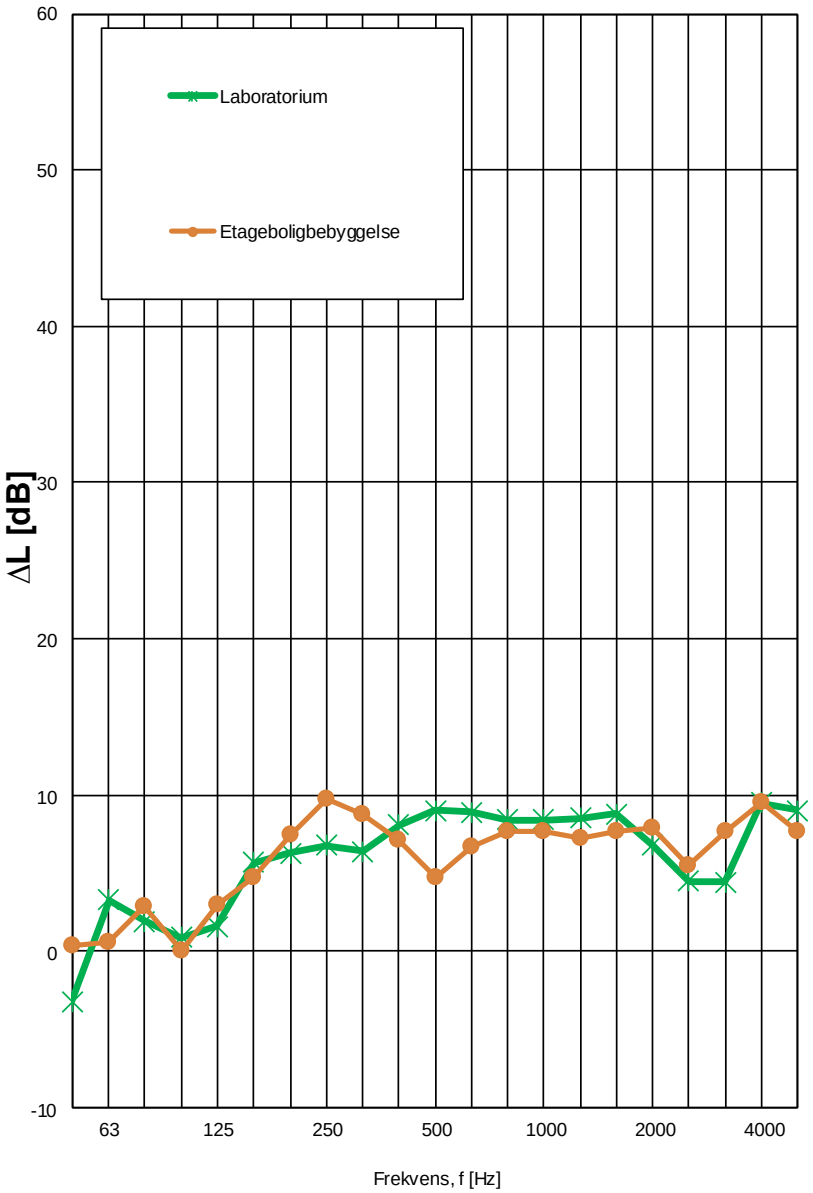
L'n,w 57 dB, betonhuldæk med trægulv på strøer på kiler, eksempel fra eksisterende boligbebyggelse før renovering

L'n,w 52 dB, betonhuldæk med trægulv på strøer på kiler på trinlyddæmpende underlag, eksempel fra renoveret boligbebyggelse

L'n,w 46 dB, betonhuldæk med trægulv på strøer på specielle kiler på trinlyddæmpende underlag, mineraluld I hulrum, eksempel fra prøvelejlighed forud for renovering af boligbebyggelse

Figur 30
Målte trinlydniveauer i etageboligbyggeri med forskellige strøgulvsopbygninger.

I Figur 31 er der vist en sammenligning af forbedringen af trinlydniveauet for et gulv i en etageboligbebyggelse (Lunden, Brøndby Strand) og forbedringen opnået ved laboratoriemåling af et tilsvarende gulv. I etageboligbebyggelsen er gulvet udskiftet og den eksisterende opklodsning med plastkiler (som Gulv A) er skiftet til plastkiler med trinlyddæmpende underlag af 5 mm gummi (som Gulv D). Den tilsvarende ændring af konstruktionen fås ved de aktuelle laboratoriemålinger som forskellen mellem referencegulvet, Gulv A, og det forbedrede gulv, Gulv D. Det fremgår, at der er en god overensstemmelse med den viste effekt ved laboratoriemålingerne og den opnåede effekt i bygningen.



Figur 31
Sammenligning af forbedring af trinlydisolation opnået i laboratorium og i etageboligbebyggelse ved at anvende et underlag af gummi under plastkiler. I begge tilfælde opnås en forbedring på 5 dB på enkelttalsværdierne.

10. Konklusioner

Der er gennemført test i laboratoriet af 13 gulvopbygningers trinlyddæmpning på betondæk, heraf 2 referencegulve, 9 ideer til efterisoleringsløsninger for trægulve på strøer og 2 ideer til efterisoleringsløsninger i form af fladelejrede trægulve.

Undersøgelserne understøtter, at der med forholdsvis enkle efterisoleringsløsninger kan tilvejebringes en trinlyddæmpning, der er ca. 5 dB bedre end de eksisterende strøgulve i etageboligbyggerier fra 50'erne til 70'erne eller senere, dette også uden at forøge gulvopbygningens totale konstruktionshøjde væsentligt.

Det er således muligt ved gulvudskiftninger i forbindelse med renovering af byggeri med beton- eller betonhuldæk at løfte trinlydisolationen op til dagens kravniveau.

Af de testede ideer til efterisoleringsløsninger kan hovedparten af de foreslåede gulvopbygninger forventes at give en forøgelse af trinlyddæmpningen på ca. 5 dB, enkelte endda op til 7-10 dB i forhold til de ofte forekommende trægulve på strøer i eksisterende etageboliger med beton- eller betonhuldæk.

For nogle af løsningerne vil forhold omkring materialernes egnethed til indbygning i gulvkonstruktioner i bygninger skulle afklares ved den fortsatte produktudvikling/produktmodning af efterisoleringsløsningerne efter projektets afslutning.

En af de laboratorietestede løsninger er også benyttet ved renoveringen af bebyggelsen Lunden, Brøndby Strand, en af de i SBi-projektet udvalgte boligbebyggelser, hvor der er foretaget målinger af lydisolationen før og efter renovering. Resultaterne viser, at der opnås samme effekt for trinlydniveauet i byggeriet efter renovering, som laboratoriemålingerne forudsiger.

Resultaterne af projektets laboratoriemålinger viser, at der er basis for anvendelse og videreudvikling af trinlyddæmpende efterisoleringsløsninger til brug ved gulvudskiftninger ved renovering af etagebyggeri – og for generelt ved renovering af etageboliger at anbefale at medtage denne forbedring af den akustiske komfort. Der er således flere løsningsmuligheder, hvor der med forholdsvis enkle ændringer af gulvopbygningen kan forventes en væsentlig forbedring af trinlydforholdene.

11. Referencer

[1] SBi-projekt 721-082, Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri – Kortlægning og forbedringsmuligheder, 2015.

[2] GI-projekt Forbedring af lydisolering
Grundejernes Investeringsfond (GI) og By- og Boligministeriet. (1999-2006). Bedre lydisolering i nyrenoverede boliger. København. Lokaliseret på:
www.ejendomsviden.dk/Indeklima/nabost%C3%B8j/Sider/default.aspx
samt i rapporterne:
http://www.ejendomsviden.dk/indeklima/nabost%C3%B8j/PDF/Rapport%20om%20afpr%C3%B8vning%20af%20lydisoleringsmetoder.pdf
og
http://www.ejendomsviden.dk/indeklima/nabost%C3%B8j/PDF/Rapport%20om%20laboratoriem%C3%A5linger.pdf

[3] Erhvervs- og Byggestyrelsen. (2008). Bygningsreglement 2008.
Erhvervs- og Byggestyrelsen. (2010). Bygningsreglement 2010.

[4] Dansk Standard. (2010). *Akustik - Laboratoriemåling af bygningselementers lydisolation* (DS/EN ISO 10140)
– *Del 1: Produktspecifikke prøvningsprocedurer* (DS/EN ISO 10140-1:2010)
– *Del 2: Måling af luftlydisolation* (DS/EN ISO 10140-2:2010)
– *Del 3: Måling af trinlydisolation* (DS/EN ISO 10140-3:2010)
– *Del 4: Måleprocedurer og krav* (DS/EN ISO 10140-4:2010)
– *Del 5: Krav til prøvningsfaciliteter og -udstyr* (DS/EN ISO 10140-5:2010).

[5] Dansk Standard. (2013). Akustik. Vurdering af lydisolation i bygninger og af bygningsdele. Del 2: Trinlydniveau (DS/EN ISO 717-2:2013).

[6] Træinformation (2010). Trægulve. Lægning (TRÆ 64). Lyngby.

[7] Dan Brøsted Pedersen – personlig korrespondance 2014 (31. marts 2014)

[8] Rói Hansen (2013). Improvement of impact sound insulation. Studieopgave, Akustisk Teknologi, DTU 2013.

[9] Dansk Standard. (1998b). *Akustik - Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningselementer. Del 7: Måling af trinlydniveau i bygninger* (DS/EN ISO 140-7:1998).

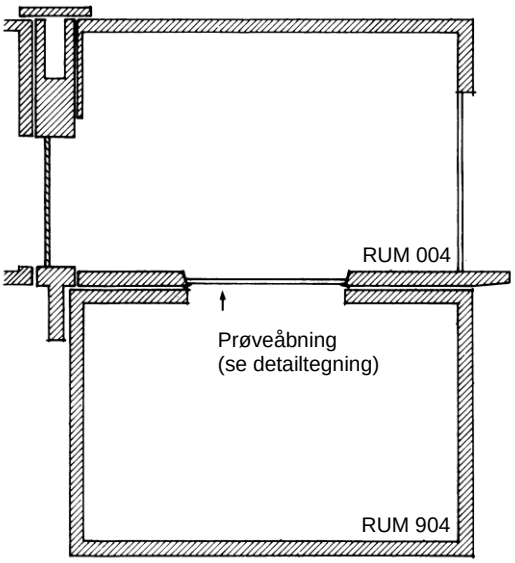
Bilag 1

Laboratoriemålinger – beskrivelse af målerum, målemetoder og måleusikkerhed

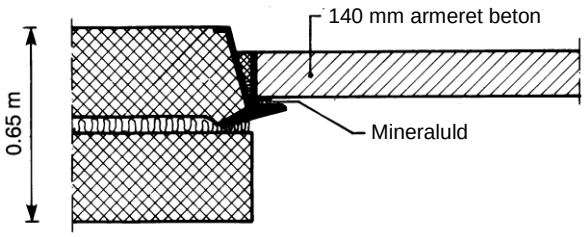
Beskrivelse af målerum

Målingerne er udført i to lydhårde rum (004 og 904), der er opført over hinanden. Rummenes længde, bredde og højde er henholdsvis 7,85 m, 6,25 m og 4,95 m. Rummene, der er opført på hver sit fundament, er udført af 300 mm beton. Mellem rummene findes en prøveåbning, der måler 2,99 m × 3,37 m og har en dybde på 0,65 m. I det øverste rum (004) er der på to af væggene og på loftet anbragt lyddiffuserende elementer af beton og af dæmpet stålplade, hvorefter rummets volumen er ca. 230 m^3. Ved siden af rum 004 og forbundet med dette gennem en 10 m^2 stor prøveåbning for vægge findes et tredje rum (003), hvis volumen er ca. 215 m^3. I det nederste rum (904), der har et volumen på ca. 245 m^3, er der som lyddiffuserende elementer ophængt 20 stk. 10 mm tykke acrylplader med dimensionerne 0,90 m × 1,20 m.

Prøveemnet monteres i åbningen i gulvet i rum 004. Ved målinger på gulve og gulvbelægninger monteres prøveemnet på et standarddæk af 140 mm armeret beton. Prøveåbningen for vægge kan lukkes med plader i forbindelse med målinger af gulve mv.



Lodret snit i målerum.



Detailtegning af prøveåbning
med standarddæk.
Lodret snit.

Målemetode trinlyddæmpning

Trinlyddæmpningen, DS/EN ISO 10140-1:2010, for et gulv eller en gulvbelægning målt på standarddæk i laboratorium defineres som differencen mellem trinlydniveauet for standarddækket uden gulvbelægning og trinlydniveauet for standarddækket med gulvbelægning.

Trinlydniveauet defineres som det af en standardiseret bankemaskine (placeret på gulvet i senderummet) frembragte lydtrykniveau i modtagerummet - korrigeret til et ækvivalent absorptionsareal på 10 m² i modtagerummet.

Ved måling af trinlydniveauet benyttes en bankemaskine med stålhamre, der opfylder de i DS/EN ISO 10140-5:2010 Annex E anførte specifikationer. Bankemaskinen er justeret således, at hamrenes faldhøjde over en plan flade svarer til et frit fald på 40 mm.

Bankemaskinen placeres i 6 positioner på etagedækket, og lydtrykniveauet i modtagerummet bestemmes indenfor en måletid på 32 sekunder svarende til 2 omløb for et roterende mikrofonsystem med skrå bane og radius 1,25 m. Ved målingerne - der udføres med en sandtidsfrekvensanalysator - benyttes filtre med en båndbredde på 1/3-oktav. Det samlede elektriske og akustiske baggrundsstøjniveau i modtagerummet registreres. Lydtrykniveauet i modtagerummet korrigeres for eventuel indflydelse fra baggrundsstøjen. Såfremt lydtrykniveauet i modtagerummet er mindre end 6 dB over baggrundsstøjen, vil dette fremgå af rapporten sammen med en vurdering af måleresultatets brugbarhed.

Modtagerummets ækvivalente absorptionsareal bestemmes ved hjælp af Sabines formel ud fra måling af rummets efterklangstid i 6 mikrofonpositioner. Målingen af efterklangstiden foretages med lyserød støj, der udsendes gennem et højttalersystem anbragt i et hjørne i modtagerummet. Det 1/3-oktav filtrerede mikrofonsignal registreres under efterklangsprocessen og vurderes i området ca. 5 dB til ca. 25 dB under det stationære støjsignal.

Trinlydniveauet og trinlyddæmpningen bestemmes inden for frekvensbåndbredder på 1/3-ok tav med følgende standardiserede centerfrekvenser: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 og 5000 Hz.

$$L_n = L_M + 10 \log_{10} \cdot \frac{A_M}{A_O} \text{ og } A_M = \frac{0{,}163 \cdot V_M}{T_M}$$

hvor L_n = Trinlydniveau under etageadskillelsen ved det ækvivalente reference absorptionsareal 10 m² [dB re 20 μPa]

L_M = Lydtrykniveau i modtagerum frembragt af bankemaskine anbragt på etageadskillelse over modtagerum [dB re 20 μPa]

A_M = Ækvivalent absorptionsareal i modtagerum [m²]

A_0 = Ækvivalent referenceabsorptionsareal (10 m²)

V_M = Modtagerummets volumen [m³]

T_M = Efterklangstid i modtagerum [s]

ΔL = $L_{n0} - L_n$

hvor ΔL = Trinlyddæmpningen (forbedringen af trinlydniveauet ved pålægning af et gulv eller en gulvbelægning)

L_{n0} = Trinlydniveau for standarddækket uden gulvbelægning

L_n = Trinlydniveau for standarddækket med gulvbelægning

Vurderingsmetode trinlyddæmpning

Til vurdering af en etageadskillelses trinlydniveau benyttes vurderingsværdien $L_{n,w}$, der bestemmes efter DS/EN ISO 717-2:2013.

Ved bestemmelse af vurderingsværdien $L_{n,w}$ sammenlignes de målte værdier af trinlydniveauet fra 100 Hz til 3150 Hz med en vurderingskurve, der fra 100 Hz til 315 Hz har en konstant værdi, mens den fra 315 Hz til 1000 Hz falder med 1 dB pr. 1/3-oktav og fra 1000 Hz til 3150 Hz med 3 dB pr. 1/3-oktav. Vurderingskurvens værdier ved 1/3-oktav centerfrekvenserne er hele tal. En ugunstig afvigelse indtræffer ved en bestemt frekvens, når trinlydniveauet overstiger vurderingskurvens værdi. Vurderingskurven forskydes trinvis 1 dB, indtil summen af de ugunstige afvigelser er så stor som muligt, men ikke større end 32,0 dB. $L_{n,w}$-værdien aflæses på den forskudte vurderingskurve som værdien i dB ved 500 Hz.

Til vurdering af trinlyddæmpningen for et gulv eller en gulvbelægning benyttes vurderingsværdien ΔL_w, der ligeledes bestemmes efter DS/EN ISO 717-2:2013.

Den vægtede trinlyddæmpning, ΔL_w, beregnes som forskellen mellem $L_{n,w}$-værdien for et idealiseret referencedæk[1)] og $L_{n,w}$-værdien for gulvbelægningen udlagt på det idealiserede referencedæk (trinlydniveau beregnet på grundlag af de målte trinlydniveauforbedringer, ΔL, for gulvbelægningen).

Som en ekstra vurderingsmetode baseret på det summerede uvægtede lineære trinlydniveau i frekvensområdet 100 Hz til 2500 Hz er de spektrale korrektionsled C_I for trinlydniveau og $C_{I,\Delta}$ for trinlyddæmpning defineret i DS/EN ISO 717-2:2013, Annex A.

Begrundelsen for at benytte de spektrale korrektionsled er ifølge standarden, at der er en klar indikation af, at det uvægtede trinlydniveau fra bankemaskinen bedre repræsenterer det A-vægtede trinlydniveau fra gang på gulve end det vægtede, samtidigt med at det er mere restriktivt med hensyn til fx høje trinlydniveauer ved lave frekvenser.

Den uvægtede trinlydforbedring for en gulvbelægning fremkommer som summen af den vægtede trinlyddæmpning ΔL_w og den spektrale korrektion $C_{I,\Delta}$.

Måleusikkerhed trinlyddæmpning

Måleusikkerheden for laboratoriemålinger udtrykt som reproducerbarheden for vægtede enkelttalsværdier, herunder ΔL_w, vil normalt ligge i området 1 dB til 3 dB.

1) Anvendelsen af værdierne for et idealiseret referencedæk, frem for det aktuelle måleresultat på rådækket, sikrer en ensartet vurdering, dels hvad angår en sammenligning mellem forskellige laboratorier, dels hvad angår en sammenligning af målinger udført af samme laboratorium, hvor trinlydniveauet for rådækket kan variere, f.eks. som følge af en ny indstøbning i måleåbningen.

Målemetode forbedring af reduktionstal / luftlydisolation

Forbedring af reduktionstal, DS/EN ISO 10140-1:2010, for et gulv eller en gulvbelægning målt på standarddæk i laboratorium defineres som differencen mellem reduktionstallet for standarddækket med gulvbelægning og reduktionstallet for standarddækket uden gulvbelægning.

Reduktionstallet defineres som forholdet i decibel mellem den indfaldende lydeffekt, der rammer prøveemnet, og den transmitterede lydeffekt, der udstråles fra prøveemnets anden side.

Ved måling af reduktionstallet efter DS/EN ISO 10140-2:2010 placeres prøveemnet mellem et senderum og et modtagerum, der opfylder kravene i DS/EN ISO 10140-5:2010, og reduktionstallet bestemmes efter nedenstående formeludtryk, der forudsætter, at lydfelterne i rummene er diffuse.

Målingen foretages med et bredbåndet støjsignal, der udsendes gennem et højttalersystem anbragt i senderummet. Støjsignalet føres gennem en equalizer til en effektforstærker og herfra til højttaleren. I senderummet benyttes 2 højttalerpositioner, fastlagt i henhold til kvalifikationsproceduren i DS/EN ISO 10140-5:2010.

Lydtrykniveauet i henholdsvis sende- og modtagerum bestemmes for hver højttalerposition inden for en måletid på 32 sekunder svarende til 2 omløb for et roterende mikrofonsystem med skrå bane og radius ca. 1,25 m. Lydtrykniveauet analyseres pr. 1/3-oktav i en sandtidsfrekvensanalysator. Det samlede elektriske og akustiske baggrundsstøjniveau i modtagerummet registreres. Lydtrykniveauet i modtagerummet korrigeres for evt. indflydelse fra baggrundsstøjen.

Modtagerummets ækvivalente absorptionsareal bestemmes ved hjælp af Sabines formel ud fra måling af rummets efterklangstid i 6 mikrofonpositioner. Målingen af efterklangstiden foretages med et bredbåndet støjsignal, der udsendes gennem et højttalersystem anbragt i et hjørne i modtagerummet. Det 1/3-oktav filtrerede mikrofonsignal registreres under efterklangsprocessen og vurderes i området ca. 5 dB til ca. 25 dB under det stationære støjsignal.

Reduktionstallet bestemmes inden for frekvensbåndbredder på 1/3-oktav med følgende standardiserede centerfrekvenser: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 og 5000 Hz.

$$R = L_S - L_M + 10 \log_{10} \frac{S}{A_M} \text{ og } A_M = \frac{0{,}163 \cdot V_M}{A_M} \text{ [dB]}$$

hvor R = Prøveemnets reduktionstal [dB]

L_S = Lydtrykniveau i senderum [dB/20 µPa]

L_M = Lydtrykniveau i modtagerum [dB/20 µPa]

S = Det aktuelle fælles areal [m²]

A_M = Ækvivalent absorptionsareal i modtagerum [m²]

V_M = Modtagerummets volumen [m³]

T_M = Efterklangstid i modtagerum [s]

$\Delta R = R - R_0$

hvor ΔR = Forbedring af reduktionstal ved pålægning af et gulv eller en gulvbelægning

R = Reduktionstal for standarddækket med gulvbelægning

R_0 = Reduktionstal for standarddækket uden gulvbelægning

Vurderingsmetode forbedring af reduktionstal / luftlydisolation

Til vurdering af prøveemnets luftlydisolation benyttes vurderingsværdien R_w, der bestemmes efter DS/EN ISO 717-1:2013.

R_w-værdien fremkommer ved at sammenligne de målte R-værdier pr. 1/3-oktav i frekvensområdet 100 Hz - 3150 Hz med en vurderingskurve. Vurderingskurven forskydes trinvis 1 dB til den højeste placering, hvor summen af de ugunstige afvigelser er størst muligt, men ikke større end 32,0 dB. Ugunstige afvigelser optræder ved frekvenser, hvor måleresultatet er mindre end vurderingskurvens værdi.

Den således placerede vurderingskurves værdi ved 500 Hz angiver det vægtede reduktionstal R_w.

Til vurdering af forbedring af reduktionstal for et gulv eller en gulvbelægning benyttes vurderingsværdien ΔR_w, der bestemmes efter DS/EN ISO 10140:2010 del 1 med brug af referencekurven for standarddækket, jf. DS/EN ISO 10140:2010 del 5.

Den vægtede forbedring af reduktionstal / luftlydisolation, ΔR_w, beregnes som forskellen mellem R_w-værdien for gulvbelægningen udlagt på det idealiserede referencedæk (reduktionstal beregnet på grundlag af de målte forbedringer, ΔR, for gulvbelægningen) og R_w-værdien for et idealiseret referencedæk.

I det aktuelle projekt er der ikke foretaget beregninger af spektrale korrektionsled for den vægtede forbedring af reduktionstal.

Måleusikkerhed forbedring af reduktionstal / luftlydisolation

Måleusikkerheden for laboratoriemålinger udtrykt som reproducerbarheden for vægtede enkelttalsværdier, herunder ΔR_w, vil normalt ligge i området 1 dB til 3 dB.

Ved de aktuelle målinger betyder laboratoriemæssige begrænsninger i form af mulig flanketransmission via det omgivende gulv omkring standarddækket, at forbedringen af luftlydisolationen i dele af frekvensområdet skal betragtes som orienterende minimumsværdier. Det vurderes primært at være tilfældet i frekvensområdet over 250 Hz. Måleusikkerheden for den orienterende minimumsværdi af den vægtede forbedring af luftlydisolationen vurderes på denne baggrund at være højere end ovenfor angivet.

Bilag 2

Leverandørliste

Nedenstående firmaer har vederlagsfrit leveret materialer til afprøvning i projektets måle-program:

- Junckers Industrier A/S
- Knudsen Kilen A/S
- Harpun A/S
- IAC Acoustics A/S
- Aprobo AB
- Vibratec Akustikprodukter ApS
- A/S Christian Berner
- Saint-Gobain Isover a/s
- Knauf A/S
- Gyproc A/S

Bilag 3

Måleresultater

Nedenfor gengives kurveblade for den laboratoriemålte trinlyddæmpning på betondæk for projektets gulvkonstruktioner Gulv A til Gulv M.

Kurveblad A

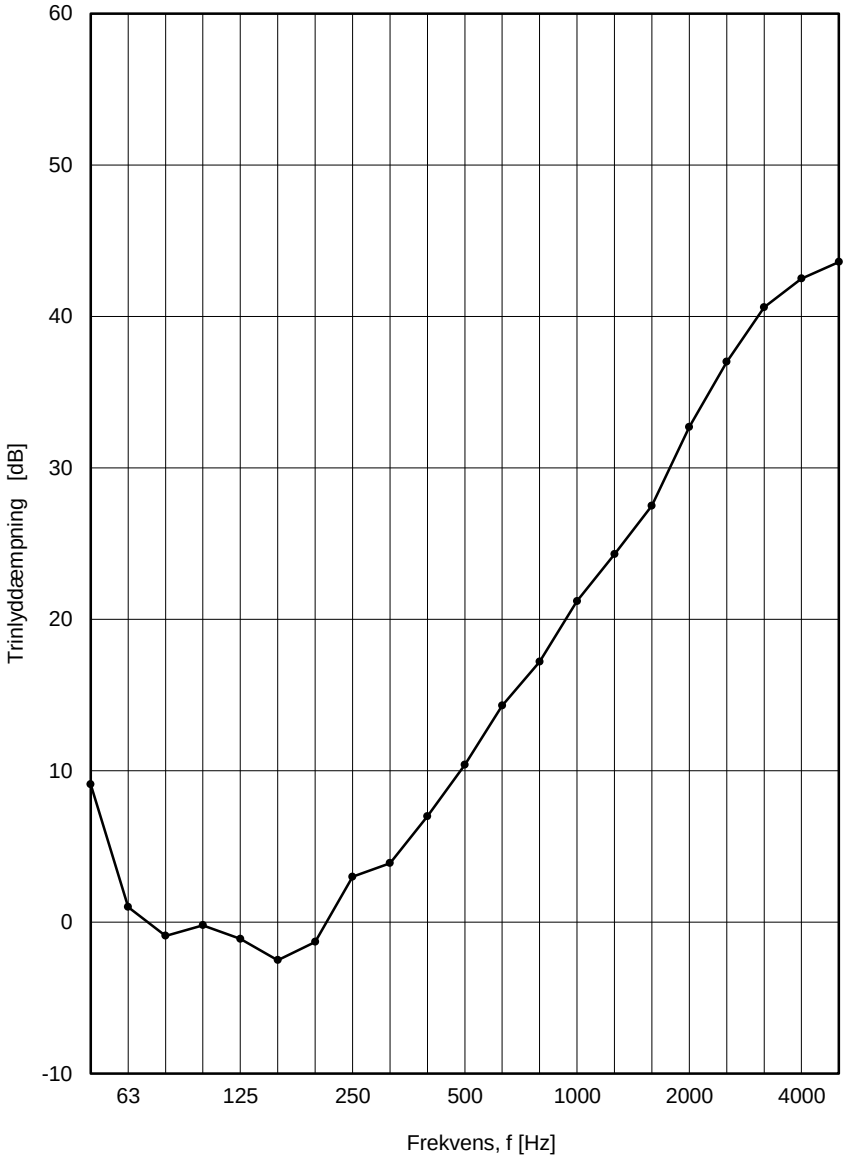
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 10. september 2013

Beskrivelse af prøveemne: Gulv A. Trægulv på strøer på almindelige kiler.
22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på kiler. Kilerne har arealet 46 mm x 151 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 90 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 18°C
Luftfugtighed, senderum: 61% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	-0,2
125	-1,1
160	-2,5
200	-1,3
250	3,0
315	3,9
400	7,0
500	10,4
630	14,3
800	17,2
1000	21,2
1250	24,3
1600	27,5
2000	32,7
2500	37,0
3150	40,6
4000	42,5
5000	43,6



Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

ΔL_w = 17 dB $C_{I,\Delta}$ = -12 dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik

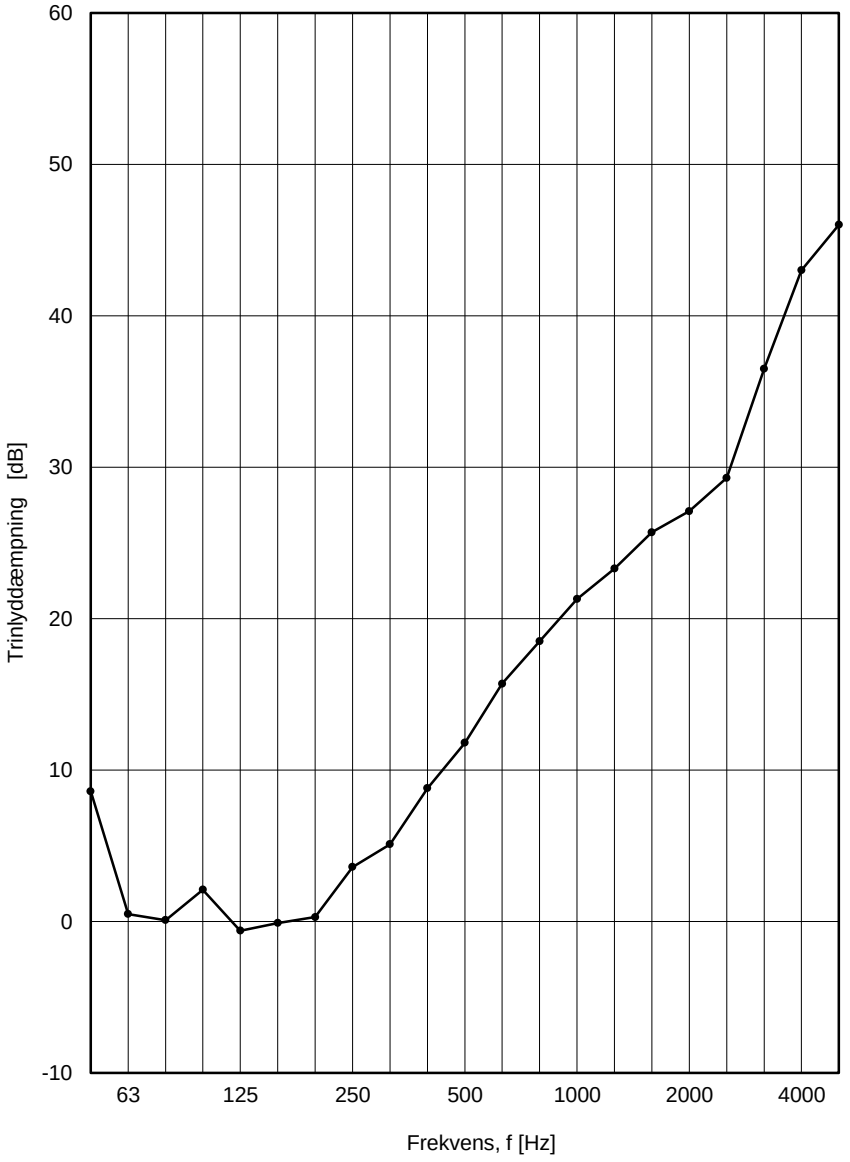
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 12. september 2013

Beskrivelse af prøveemne: Gulv B. Trægulv på strøer på opklodsning med blød træfiberplade.
22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 20 mm krydsfiner og 12 mm blød træfiberplade. Træfiberpladen er klæbet sammen med krydsfineren. Begge har arealet 98 mm x 99 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 94 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 20°C
Luftfugtighed, senderum: 61% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	2,1
125	-0,6
160	-0,1
200	0,3
250	3,6
315	5,1
400	8,8
500	11,8
630	15,7
800	18,5
1000	21,3
1250	23,3
1600	25,7
2000	27,1
2500	29,3
3150	36,5
4000	43,0
5000	46,0



Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

ΔL_w = 18 dB $C_{I,\Delta}$ = -11 dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik

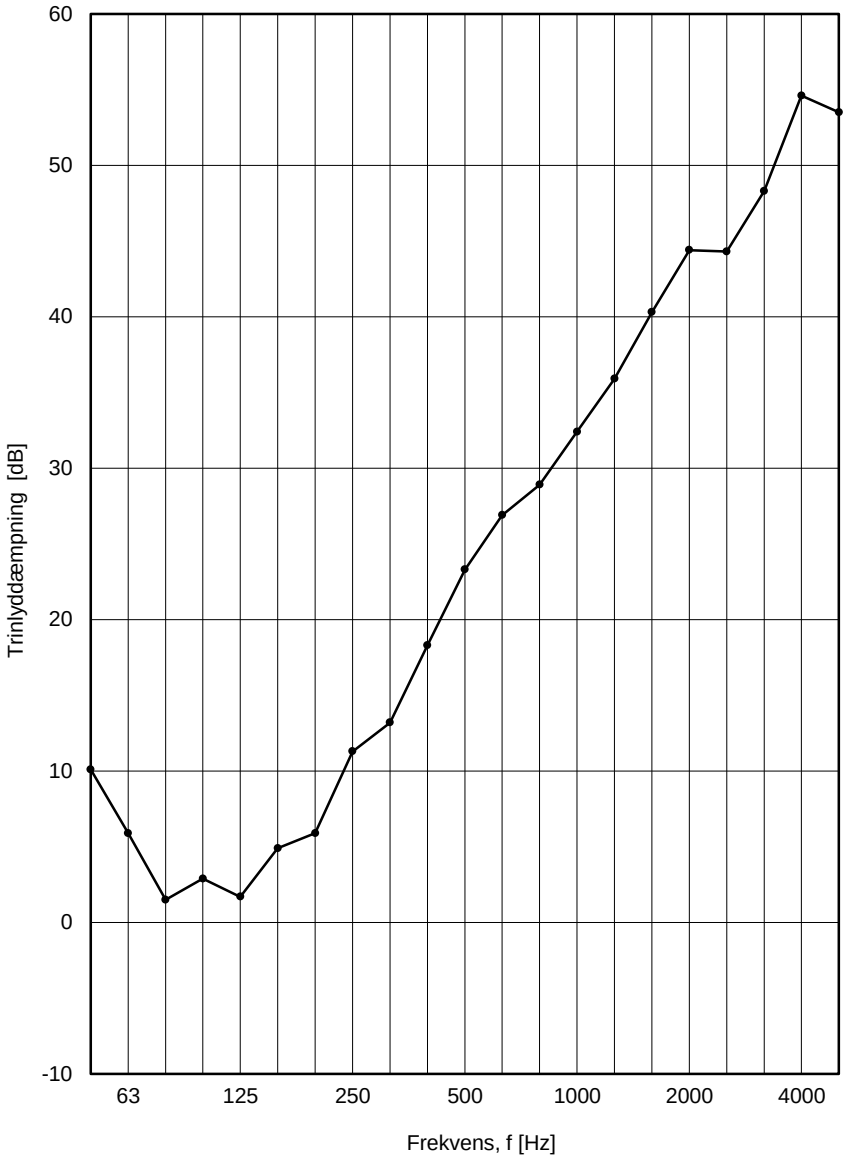
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 17. september 2013

Beskrivelse af prøveemne: Gulv C. Trægulv på strøer på kiler med underlag af gummigranulat.
22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på kiler med underlag af 8-10 mm bølget gummigranulat. Underlaget er klæbet til kilen. Kilerne og pladen har arealet 46 mm x 151 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 96 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 20°C
Luftfugtighed, senderum: 55% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	2,9
125	1,7
160	4,9
200	5,9
250	11,3
315	13,2
400	18,3
500	23,3
630	26,9
800	28,9
1000	32,4
1250	35,9
1600	40,3
2000	44,4
2500	44,3
3150	48,3
4000	54,6
5000	53,5



Bemærkning:
Da lydtrykniveauet i modtagerummet ved målingen med gulvbelægning ved 4000 Hz og 5000 Hz var mindre end 6 dB over baggrundsstøjen, kan en præcis værdi af trinlyddæmpningen ved disse frekvenser ikke bestemmes, og de angivne værdier ved 4000 Hz og 5000 Hz må betragtes som orienterende minimumsværdier. Dette har ikke indflydelse på den beregnede ΔL_w-værdi.

Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

ΔL_w = 23 dB $C_{I,\Delta}$ = -12 dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik

Kurveblad D

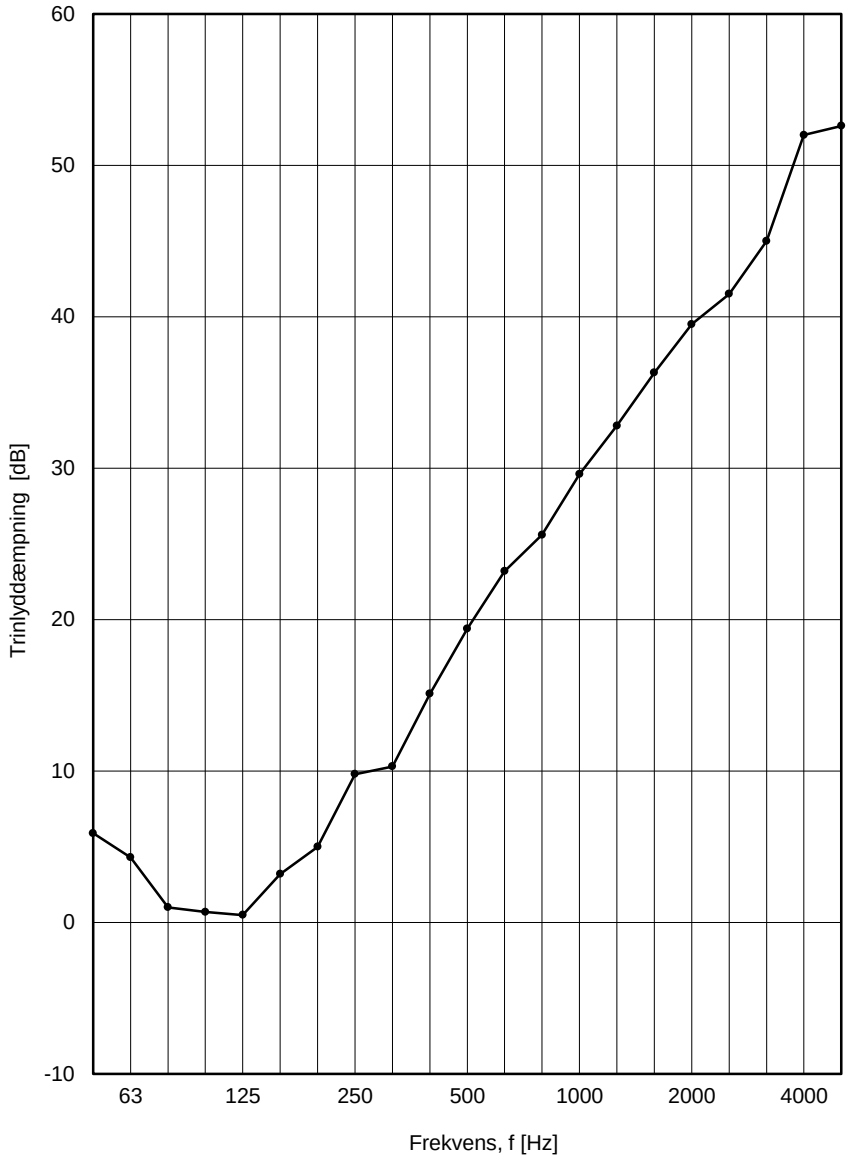
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 19. september 2013

Beskrivelse af prøveemne: Gulv D. Trægulv på strøer på kiler med underlag af gummi.
22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på kiler med 5 mm gummi-underlag. Kilerne har henholdsvis arealet 43 mm x 137 mm og 43 mm x 88 mm, gummiunderlaget 46 mm x 80 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 92 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 20°C
Luftfugtighed, senderum: 56% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	0,7
125	0,5
160	3,2
200	5,0
250	9,8
315	10,3
400	15,1
500	19,4
630	23,2
800	25,6
1000	29,6
1250	32,8
1600	36,3
2000	39,5
2500	41,5
3150	45,0
4000	52,0
5000	52,6



Bemærkning:
Da lydtrykniveauet i modtagerummet ved målingen med gulvbelægning ved 5000 Hz var mindre end 6 dB over baggrundsstøjen, kan en præcis værdi af trinlyddæmpningen ved denne frekvens ikke bestemmes, og den angivne værdi ved 5000 Hz må betragtes som orienterende minimumsværdi. Dette har ikke indflydelse på den beregnede ΔLw-værdi.

Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

$\Delta L_w = 22$ dB $\quad C_{I,\Delta} = -12$ dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik

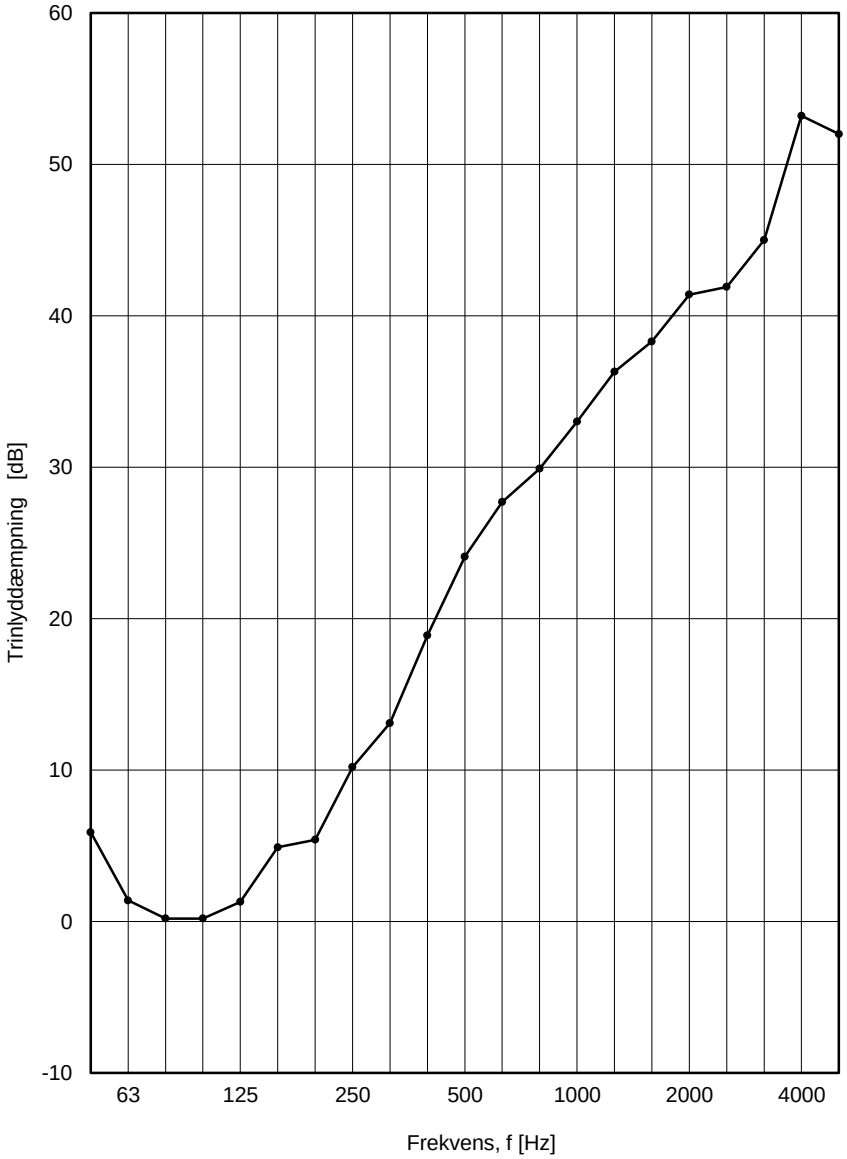
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 23. oktober 2013

Beskrivelse af prøveemne: Gulv E. Trægulv på strøer på opklodsning med underlag af polyurethanskum.
22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 15 mm krydsfiner og 15 mm polyurethanskum. Skumpladen med arealet 50 mm x 80 mm er klæbet til krydsfineren, areal 60 mm x 90 mm . Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 92 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 18°C
Luftfugtighed, senderum: 61% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	0,2
125	1,3
160	4,9
200	5,4
250	10,2
315	13,1
400	18,9
500	24,1
630	27,7
800	29,9
1000	33,0
1250	36,3
1600	38,3
2000	41,4
2500	41,9
3150	45,0
4000	53,2
5000	52,0



Bemærkning:
Da lydtrykniveauet i modtagerummet ved målingen med gulvbelægning ved 5000 Hz var mindre end 6 dB over baggrundsstøjen, kan en præcis værdi af trinlyddæmpningen ved denne frekvens ikke bestemmes, og den angivne værdi ved 5000 Hz må betragtes som orienterende minimumsværdi. Dette har ikke indflydelse på den beregnede ΔL_w-værdi.

Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

ΔL_w = 22 dB $C_{I,\Delta}$ = -12 dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik

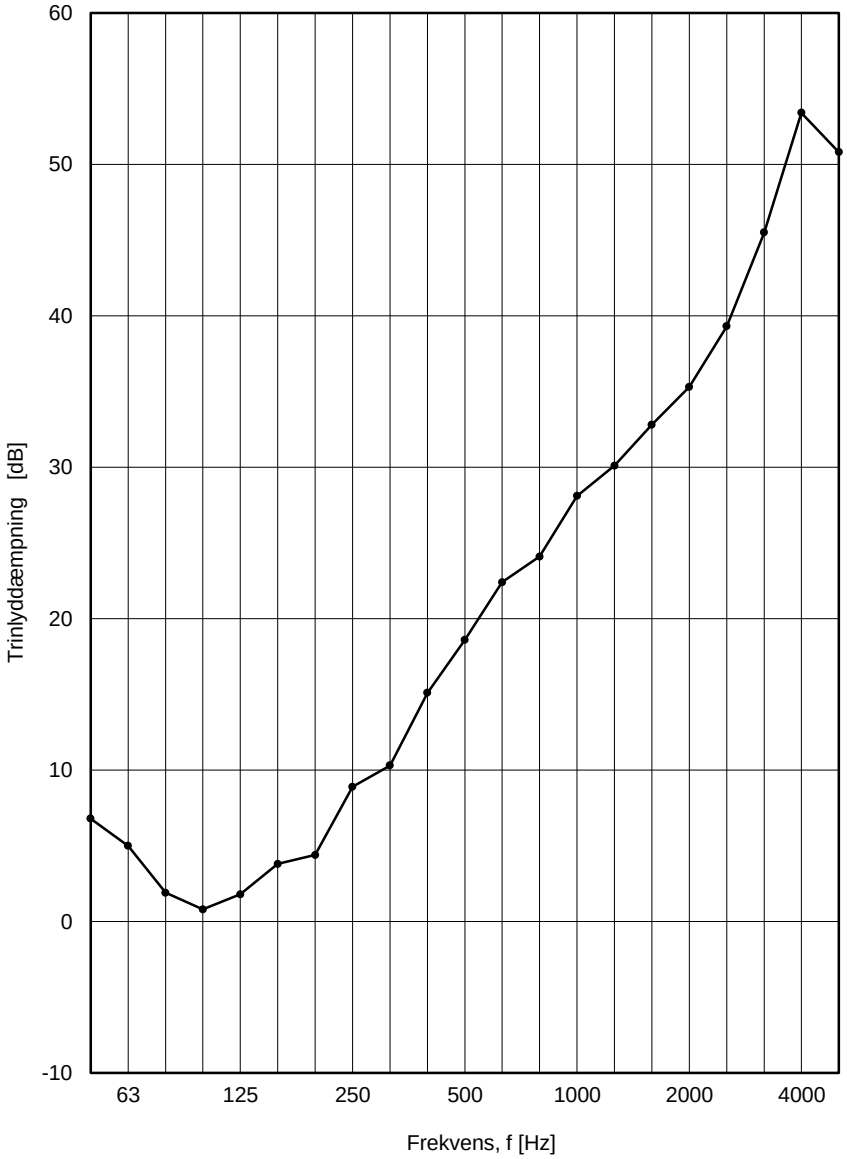
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 25. oktober 2013

Beskrivelse af prøveemne: Gulv F. Trægulv på strøer på opklodsning med underlag af polyurethanskum.
22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 20 mm krydsfiner og 12 mm polyurethanskum.Skumpladenmed arealet 100 mm x 100 mm er klæbet til krydsfineren, areal 85 mm x 85 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 94 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 18°C
Luftfugtighed, senderum: 56% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	0,8
125	1,8
160	3,8
200	4,4
250	8,9
315	10,3
400	15,1
500	18,6
630	22,4
800	24,1
1000	28,1
1250	30,1
1600	32,8
2000	35,3
2500	39,3
3150	45,5
4000	53,4
5000	50,8



Bemærkning:
Da lydtrykniveauet i modtagerummet ved målingen med gulvbelægning ved 5000 Hz var mindre end 6 dB over baggrundsstøjen, kan en præcis værdi af trinlyddæmpningen ved denne frekvens ikke bestemmes, og den angivne værdi ved 5000 Hz må betragtes som orienterende minimumsværdi. Dette har ikke indflydelse på den beregnede ΔL_w-værdi.

Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

ΔL_w = 22 dB $C_{I,\Delta}$ = -12 dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik

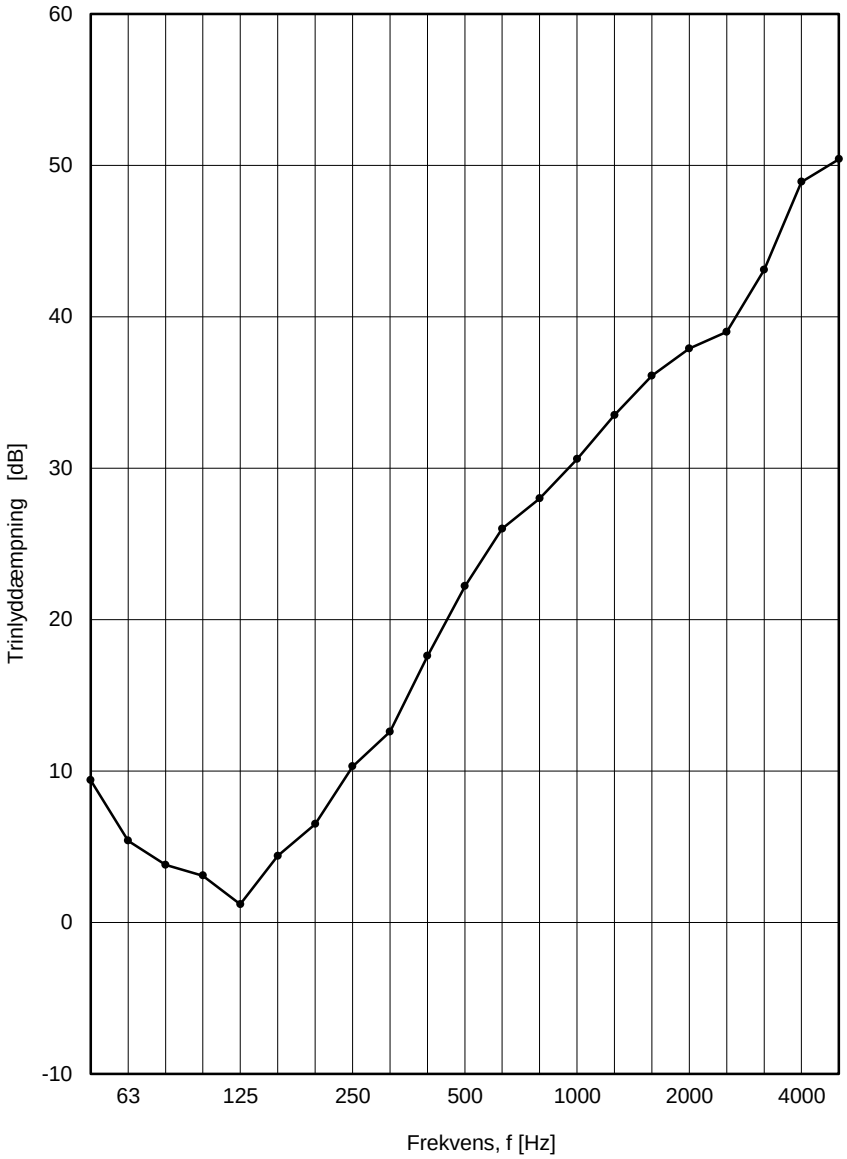
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 7. november 2013

Beskrivelse af prøveemne: Gulv G. Trægulv på strøer på opklodsning med underlag af gummigranulat.
22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af 18 mm mdf-plade og 16 mm gummigranulat. Gummigranulatet er klæbet til mdf-pladen. Begge har arealet 40 mm x 40 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 96 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 18°C
Luftfugtighed, senderum: 51% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	3,1
125	1,2
160	4,4
200	6,5
250	10,3
315	12,6
400	17,6
500	22,2
630	26,0
800	28,0
1000	30,6
1250	33,5
1600	36,1
2000	37,9
2500	39,0
3150	43,1
4000	48,9
5000	50,4



Bemærkning:
Da lydtrykniveauet i modtagerummet ved målingen med gulvbelægning ved 5000 Hz var mindre end 6 dB over baggrundsstøjen, kan en præcis værdi af trinlyddæmpningen ved denne frekvens ikke bestemmes, og den angivne værdi ved 5000 Hz må betragtes som orienterende minimumsværdi. Dette har ikke indflydelse på den beregnede ΔL_w-værdi.

Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

ΔL_w = 23 dB $C_{I,\Delta}$ = -12 dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik

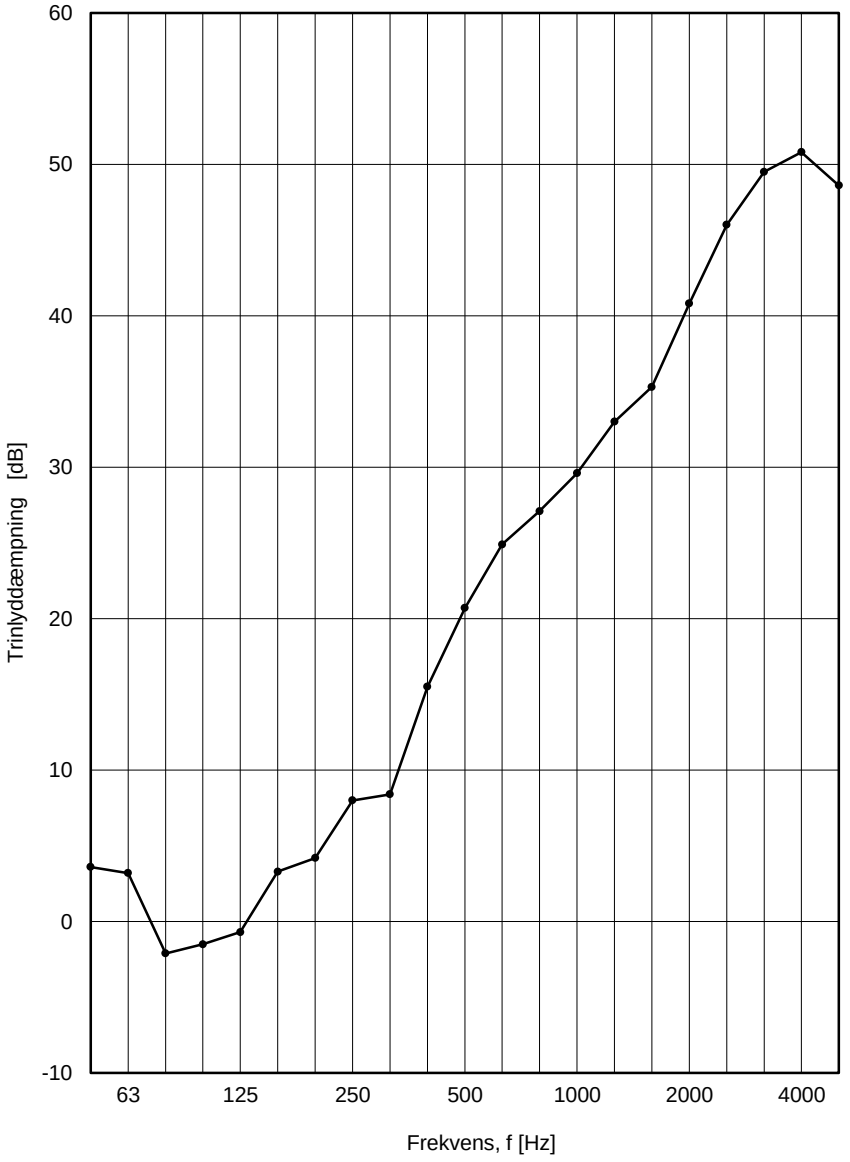
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 11. november 2013

Beskrivelse af prøveemne: Gulv H. Trægulv på metalstøer på opklodsning af gummigranulat.
22 mm massivt trægulv på metalstrøer på opklodsning af 40 mm gummigranulat . De galvaniserede strøer af 0,7 mm stål er udformet som C profiler 40 mm x 18 mm, hvor gummigranulatklodserne med arealet 35 mm x 40 mm klemmes fast. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 64 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 18°C
Luftfugtighed, senderum: 49% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	-1,5
125	-0,7
160	3,3
200	4,2
250	8,0
315	8,4
400	15,5
500	20,7
630	24,9
800	27,1
1000	29,6
1250	33,0
1600	35,3
2000	40,8
2500	46,0
3150	49,5
4000	50,8
5000	48,6



Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

ΔL_w = 20 dB $C_{I,\Delta}$ = -11 dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik

Kurveblad I

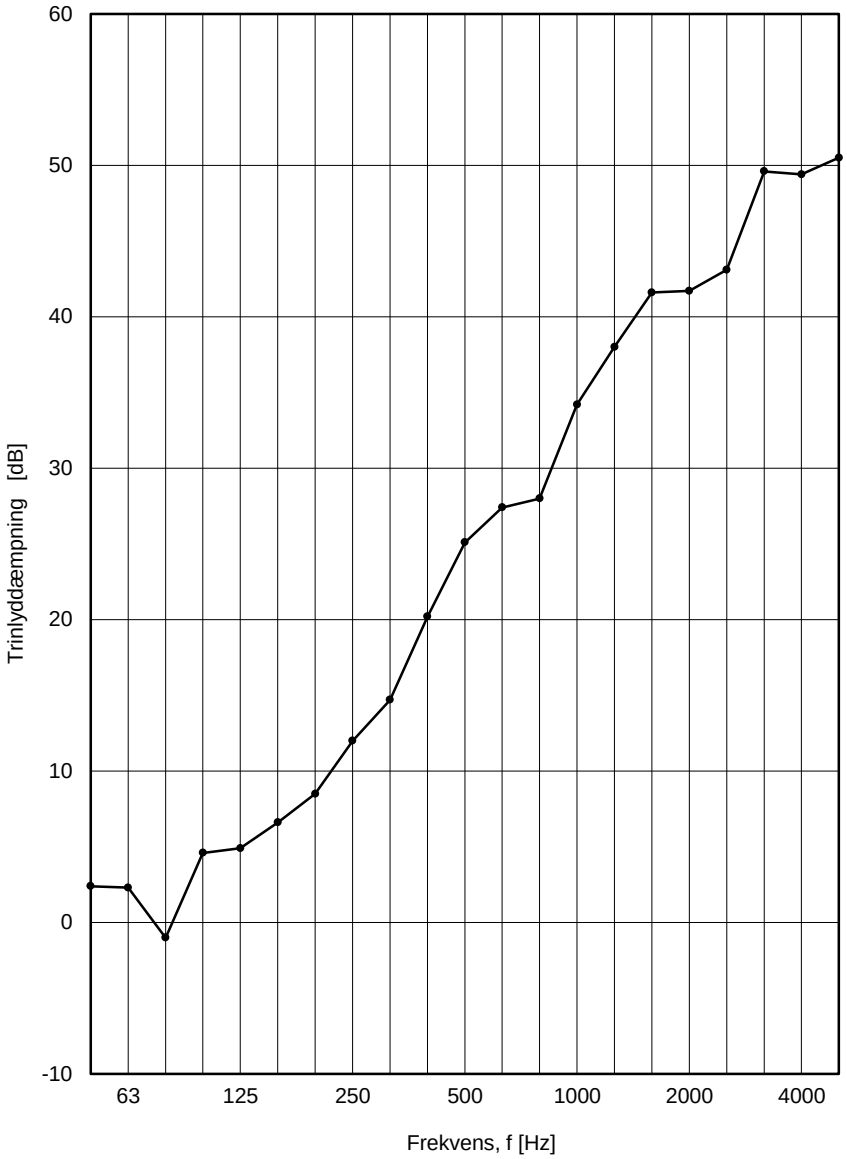
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 14. november 2013

Beskrivelse af prøveemne: Gulv I. Trægulv på strøer på opklodsning af gummicylindre.
22 mm massivt trægulv på 40 mm strøer på opklodsning af en 45 mm høj gummicylinder (svingningsdæmper) med ø50 mm. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 107 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 18°C
Luftfugtighed, senderum: 49% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	4,6
125	4,9
160	6,6
200	8,5
250	12,0
315	14,7
400	20,2
500	25,1
630	27,4
800	28,0
1000	34,2
1250	38,0
1600	41,6
2000	41,7
2500	43,1
3150	49,6
4000	49,4
5000	50,5



Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

ΔL_w = 25 dB $C_{I,\Delta}$ = -11 dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik

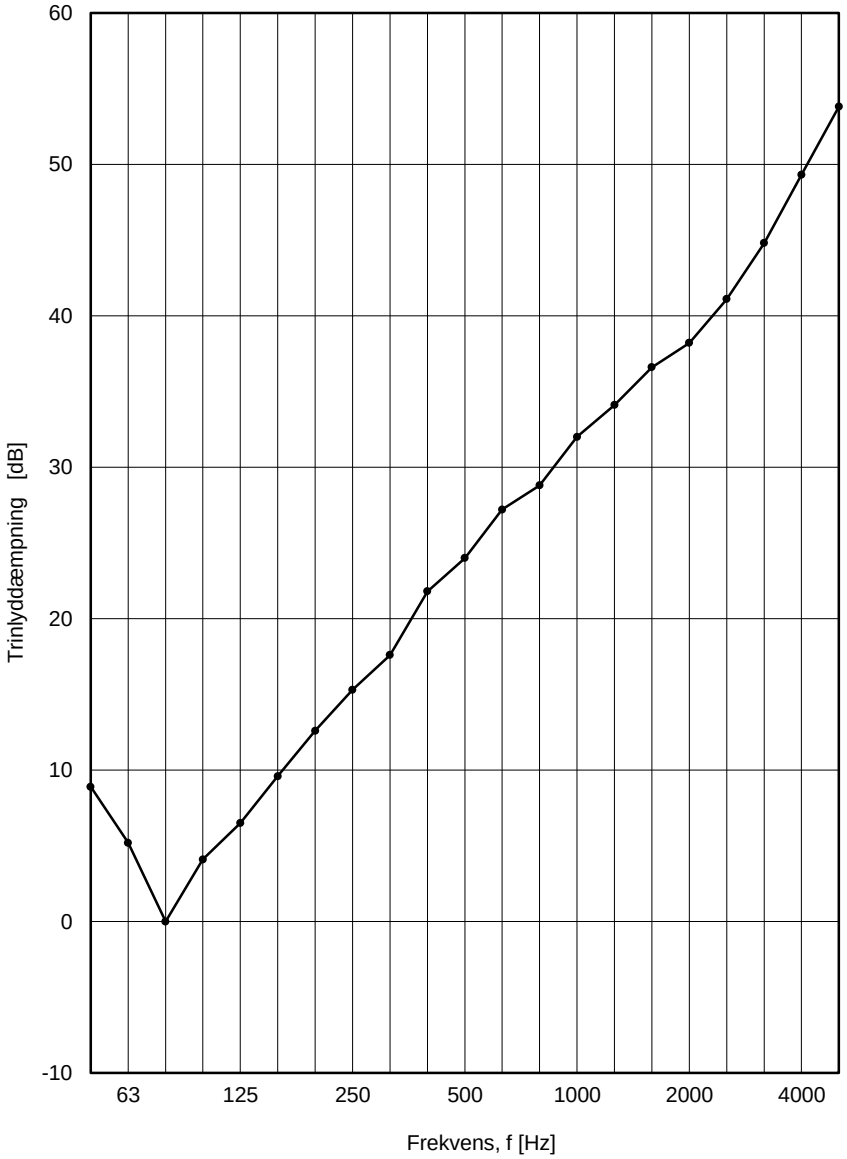
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 21. november 2013

Beskrivelse af prøveemne: Gulv J. Som Gulv G – trægulv på strøer på opklodsning med underlag af gummigranulat, men med 70 mm mineraluld mellem strøer (klemt mellem strøer).
Mellem strøerne er der udlagt 70 mm mineraluld. Isoleringen er tætskåret mellem strøerne og udfylder næsten højden af hulrummet under brædderne. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 96 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 18°C
Luftfugtighed, senderum: 45% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	4,1
125	6,5
160	9,6
200	12,6
250	15,3
315	17,6
400	21,8
500	24,0
630	27,2
800	28,8
1000	32,0
1250	34,1
1600	36,6
2000	38,2
2500	41,1
3150	44,8
4000	49,3
5000	53,8



Bemærkning:
Da lydtrykniveauet i modtagerummet ved målingen med gulvbelægning ved 5000 Hz var mindre end 6 dB over baggrundsstøjen, kan en præcis værdi af trinlyddæmpningen ved denne frekvens ikke bestemmes, og den angivne værdi ved 5000 Hz må betragtes som orienterende minimumsværdi. Dette har ikke indflydelse på den beregnede ΔL_w-værdi.

Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

ΔL_w = 28 dB $C_{I,\Delta}$ = -13 dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik

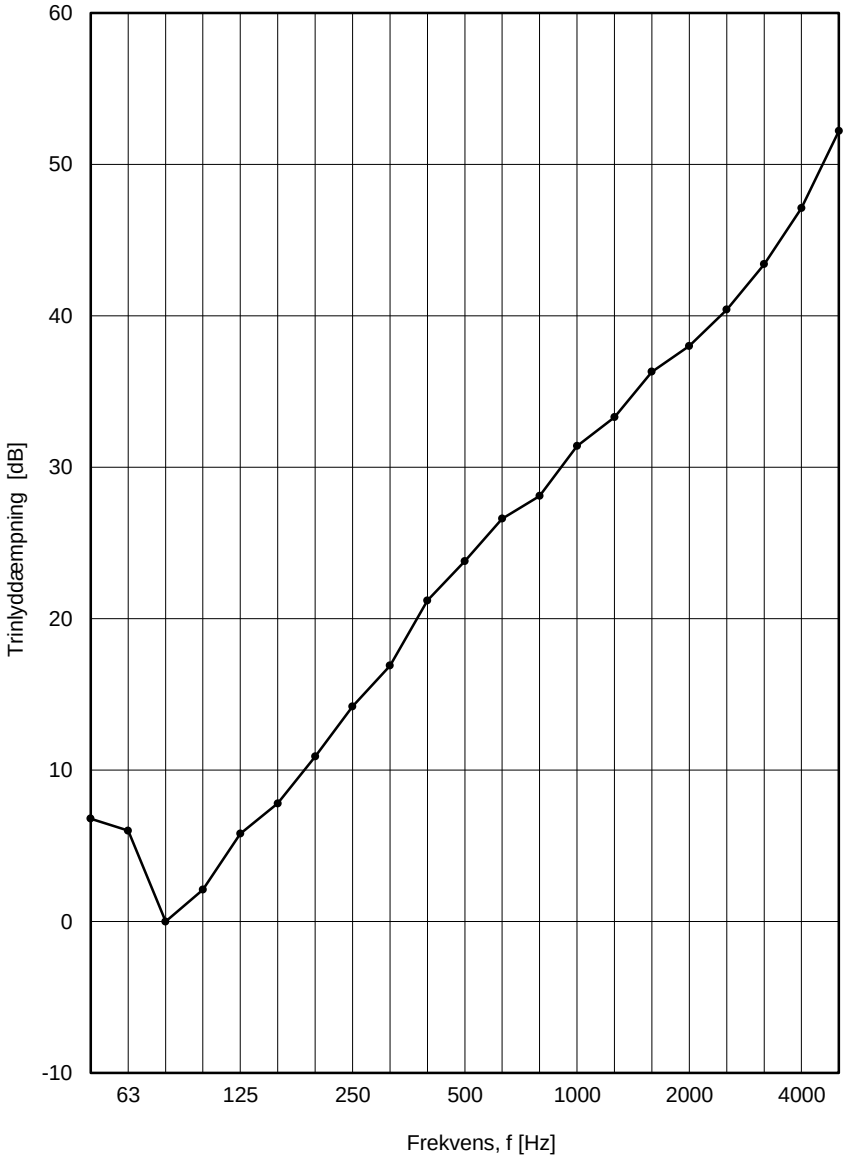
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 4. december 2013

Beskrivelse af prøveemne: Gulv K. Som Gulv G – trægulv på strøer på opklodsning med underlag af gummigranulat, men med 45 mm mineraluld mellem strøer (friholdt fra strøer).
Mellem strøerne er der udlagt 45 mm mineraluld. Isoleringen er skåret, så der er 10 - 15 mm afstand til strøerne. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 96 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 17°C
Luftfugtighed, senderum: 47% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	2,1
125	5,8
160	7,8
200	10,9
250	14,2
315	16,9
400	21,2
500	23,8
630	26,6
800	28,1
1000	31,4
1250	33,3
1600	36,3
2000	38,0
2500	40,4
3150	43,4
4000	47,1
5000	52,2



Bemærkning:
Da lydtrykniveauet i modtagerummet ved målingen med gulvbelægning ved 5000 Hz var mindre end 6 dB over baggrundsstøjen, kan en præcis værdi af trinlyddæmpningen ved denne frekvens ikke bestemmes, og den angivne værdi ved 5000 Hz må betragtes som orienterende minimumsværdi. Dette har ikke indflydelse på den beregnede ΔL_w-værdi.

Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

ΔL_w = 26 dB $C_{I,\Delta}$ = -12 dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik

Kurveblad L

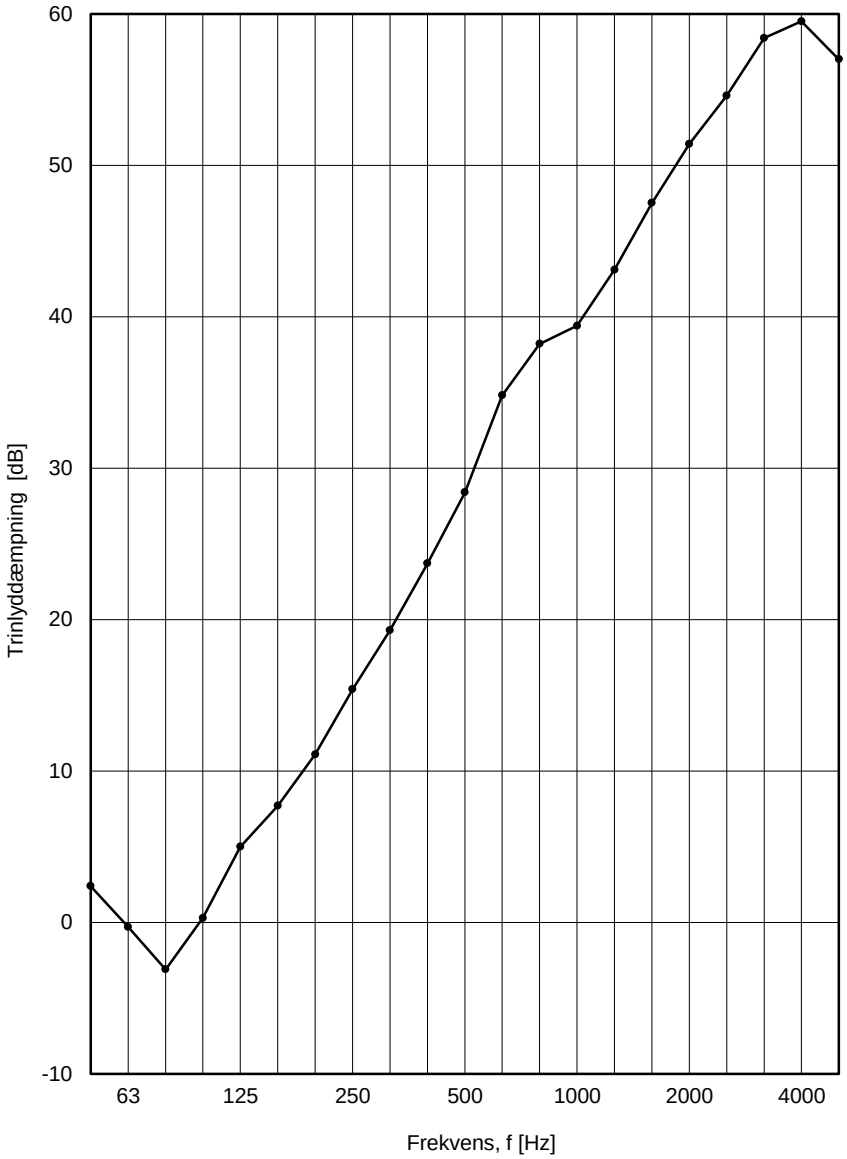
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 15. januar 2014

Beskrivelse af prøveemne: Gulv L. Trægulv på tyndt underlag på cementbaseret plade med stenuld på granulat. 14 mm lamel trægulv på 2 mm foam på 22 mm cementbaseret plade med 11 mm stenuld på 40 mm tørgranulat. Pladen har en fladevægt på ca. 39 kg/m^2. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 89 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 17°C
Luftfugtighed, senderum: 41% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	0,3
125	5,0
160	7,7
200	11,1
250	15,4
315	19,3
400	23,7
500	28,4
630	34,8
800	38,2
1000	39,4
1250	43,1
1600	47,5
2000	51,4
2500	54,6
3150	58,4
4000	59,5
5000	57,0



Bemærkning:
Da lydtrykniveauet i modtagerummet ved målingen med gulvbelægning ved 2500 Hz - 5000 Hz var mindre end 6 dB over baggrundsstøjen, kan en præcis værdi af trinlyddæmpningen ved disse frekvenser ikke bestemmes, og de angivne værdier ved 2500 Hz - 5000 Hz må betragtes som orienterende minimumsværdier. Dette har ikke indflydelse på den beregnede ΔL_w-værdi.

Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

ΔL_w = 26 dB $C_{I,\Delta}$ = -12 dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik

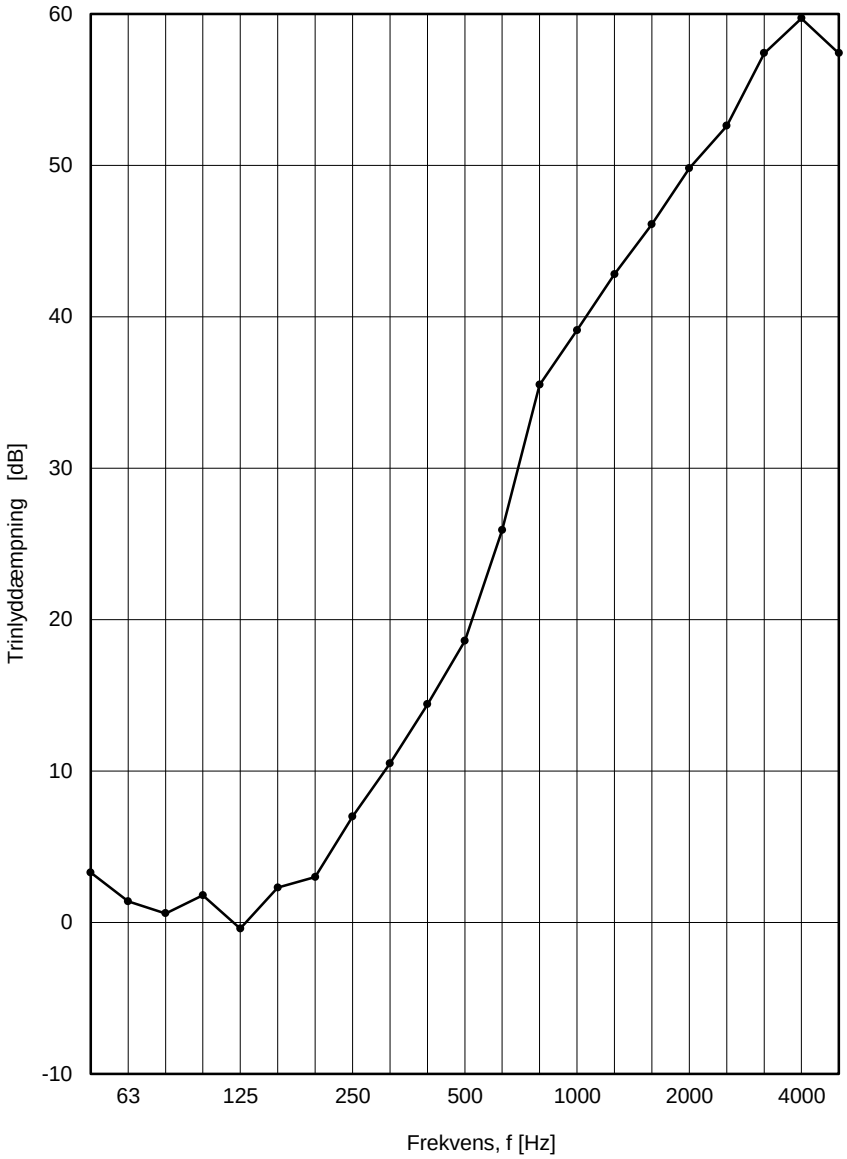
Laboratoriemåling af trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 10140-1:2010

Rekvirent: SBi-projekt 721-082 – Lydisolation mellem boliger i etagebyggeri
Testdato: 20. januar 2014

Beskrivelse af prøveemne: Gulv M. Trægulv på tyndt underlag på fibergipsplader på trinlyddæmpende underlag. 14 mm lamel trægulv på 2 mm foam på 25 mm fibergipsplader på 12 mm akustikmåtte. Pladerne har en samlet fladevægt på ca. 30 kg/m^2. Den samlede gulvkonstruktion havde en højde på ca. 53 mm og var udlagt på et 140 mm betondæk. Gulvkonstruktionen var belastet med ca. 25 kg/m² under målingen.

Temperatur, senderum: 17°C
Luftfugtighed, senderum: 41% RH
Volumen, modtagerum 243 m³

Frekvens f [Hz]	ΔL 1/3-oktav [dB]
100	1,8
125	-0,4
160	2,3
200	3,0
250	7,0
315	10,5
400	14,4
500	18,6
630	25,9
800	35,5
1000	39,1
1250	42,8
1600	46,1
2000	49,8
2500	52,6
3150	57,4
4000	59,7
5000	57,4



Bemærkning:
Da lydtrykniveauet i modtagerummet ved målingen med gulvbelægning ved 3150 Hz - 5000 Hz var mindre end 6 dB over baggrundsstøjen, kan en præcis værdi af trinlyddæmpningen ved disse frekvenser ikke bestemmes, og de angivne værdier ved 3150 - 5000 Hz må betragtes som orienterende minimumsværdier. Dette har ikke indflydelse på den beregnede ΔL_w-værdi.

Vægtet trinlyddæmpning i henhold til DS/EN ISO 717-2:2013:

ΔL_w = 21 dB $C_{I,\Delta}$ = -12 dB

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode.

DELTA, 20. marts 2015
Dan Hoffmeyer, Akustik