

Miljøprojekt Nr. 727 2002

Substitution af SF₆ i lydisolierende vinduer

Dan Hoffmeyer
DELTA Akustik & Vibration

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSION	7
SUMMARY AND CONCLUSION	9
1 BAGGRUND	11
1.1 SF ₆ SOM GASFYLDNING I LYDISOLERENDE TERMORUDER	11
1.2 PROJEKTETS FORMÅL OG AFGRÆNSNING	12
1.3 VINDUERS OPBYGNING OG LYDISOLERENDE EGENSKABER	12
1.3.1 Ruder og vinduer	12
1.3.2 Lydisolation – måling og vurdering	13
2 MÅL FOR UDVIKLING AF ALTERNATIVER TIL BRUG AF SF₆ I LYDISOLERENDE VINDUER	15
2.1 VURDERING AF DAGENS BRUG AF SF ₆	15
2.1.1 Brug af SF ₆	15
2.1.2 Rude- og vinduestyper	15
2.1.3 Typer af støjkilder og krav til vinduer	16
2.2 ANALYSE AF PROBLEMSTILLING, OMFANG OG BEHOV	16
2.3 FØRSTE FORSØGSSERIE – EFFEKT AF BRUG AF SF ₆	18
2.3.1 Rude- og vinduestyper	18
2.3.2 Laboratoriemålinger – målefaciliteter, målemetode og montage	21
2.3.3 Måleprogram	24
2.3.4 Måleresultater	24
2.3.5 Vurdering af måleresultater	25
2.4 OPSUMMERING – MÅL FOR LYDISOLATION	32
2.4.1 Almindelige vinduer – moderate krav til lydisolation	32
2.4.2 Specielle vinduer – høje krav til lydisolation	33
3 ANALYSE OG TEST AF ALTERNATIVER TIL BRUG AF SF₆ I LYDISOLERENDE VINDUER	35
3.1 VURDERING AF MULIGE ALTERNATIVER	35
3.1.1 Almindelige vinduer – moderate krav til lydisolation	36
3.1.2 Specielle vinduer – høje krav til lydisolation	37
3.2 ANDEN FORSØGSSERIE – ALTERNATIVER TIL BRUG AF SF ₆	37
3.2.1 Vindues- og rudetyper	38
3.2.2 Måleprogram – vindue af træ	38
3.2.3 Måleresultater – vindue af træ	39
3.2.4 Vurdering af måleresultater – vindue af træ	41
3.2.5 Måleprogram – vindue af aluminium	48
3.2.6 Måleresultater – vindue af aluminium	49
3.2.7 Vurdering af måleresultater – vindue af aluminium	50
3.3 OPSUMMERING – ANALYSE OG TEST AF ALTERNATIVER	60
3.3.1 Almindelige vinduer	61
3.3.2 Specielle vinduer	61
4 EKSEMPLER PÅ MULIGE ALTERNATIVER TIL BRUG AF SF₆ I LYDISOLERENDE VINDUER	63

4.1	MULIGE ALTERNATIVER	63
4.2	BYGGE- OG ENERGITEKNISK VURDERING	63
4.3	ØKONOMISK VURDERING	64
4.4	MULIGE ALTERNATIVER TIL BRUG AF SF ₆ ALMINDELIGE VINDUER – MODERATE KRAV TIL LYDISOLATION	65
4.4.1	<i>Vejtrafikstøj</i>	65
4.4.2	<i>Togstøj</i>	65
4.5	MULIGE ALTERNATIVER TIL BRUG AF SF ₆ . SPECIELLE VINDUER – HØJE KRAV TIL LYDISOLATION	66
4.5.1	<i>Vejtrafikstøj</i>	66
4.5.2	<i>Togstøj</i>	67
5	KONKLUSION	69
6	REFERENCER	71
Bilag A	Måleresultater fra første forsøgsserie	73
Bilag B	Måleresultater fra anden forsøgsserie. Vindue af træ.	91
Bilag C	Måleresultater fra anden forsøgsserie. Vindue af aluminium.	111

Forord

I forbindelse med ønsket om at styrke udviklingen og afsætningen af renere produkter, herunder udvikling af alternativer til de kraftige drivhusgasser, er der under Miljøstyrelsens Udviklingsordning under Program for renere produkter mv. igangsat projektet "Substitution af SF₆ i lydisolerende vinduer".

Projektrapporten redegør for den gennemførte analyse og test af alternativer til brug af SF₆ i lydisolerende termoruder.

Projektet er udført af DELTA Akustik & Vibration i samarbejde med Teknologisk Institut, Byggekomponenter.

Peter B. Vestergaard fra Teknologisk Institut, Byggekomponenter i Århus har gennemført den indledende kortlægning og derudover medvirket ved analyse og vurdering af alternativer.

Dan Brøsted Pedersen, Henrik S. Olesen og Erik Miranda, DELTA Akustik & Vibration i Århus, har udført målingerne af lydisolation i projektets forsøgsserier.

Rapporten er udarbejdet af Dan Hoffmeyer, DELTA Akustik & Vibration i Lyngby.

Til projektet har der været knyttet en følgegruppe, hvis deltagere alle har bidraget til projektets gennemførelse. Følgegruppen bestod af:

Frank Jensen, Miljøstyrelsen, Kemikaliekontoret

Erik Aggerholm, Rationel Vinduer A/S
udpeget af Vinduesproducenternes SamarbejdsOrganisation: VSO

Carl Axel Lorentzen, Pilkington Danmark A/S
udpeget af Glasindustrien: GS

Birgit Rasmussen, VELUX A/S

Følgende leverandører af ruder og vinduer har velvilligt stillet prøveemner mv. til rådighed for projektet:

SCANGLAS A/S:	Ruder
Pilkington Danmark A/S:	Ruder
GK GLAS A/S:	Ruder
Arcotec:	TPS rude
VELTERM A/S:	Gaspåfyldning
Rationel Vinduer A/S:	Vinduer af træ
H S Hansens Fabrikker A/S:	Vinduer af aluminium

Sammenfatning og konklusion

Rapporten omhandler projektet "Substitution af SF₆ i lydisolerende vinduer" under Miljøstyrelsens Udviklingsordning under "Program for renere produkter mv." SF₆ er en kraftig drivhusgas, som på sigt er uønsket. Langt det største forbrug i Danmark er til lydisolerende vinduer. Projektet skal anvise alternative løsninger til anvendelse af SF₆ i lydisolerende vinduer med samme lydisolierende effekt.

Rapporten beskriver indledningsvis projektets baggrund og giver en kort introduktion til opbygning af ruder og vinduer samt måling og vurdering af lyd-isolation.

Projektets første del omfatter fastlæggelse af målene for udvikling af alternativer til brug af SF₆ i lydisolerende vinduer. På baggrund af en vurdering af dagens forbrug af SF₆, en analyse af problemstilling, omfang og behov og projektets første forsøgsserie opsummeres målene for udvikling af alternativer. Der skelnes her mellem almindelige vinduer med moderate krav til lyd-isolation og specielle vinduer med høje krav til lyd-isolation samt mellem lyd-isolation mod vejtrafikstøj i byområder og lyd-isolation mod støj fra tog med høj hastighed.

Den anden del af projektet omfatter analyse og test af alternativer til brug af SF₆ i lydisolerende vinduer. Resultaterne viser, at flere af de ved analysen udvalgte mulige ændringer af rudetyper opfylder den opstillede målsætning for lyd-isolationen. De mest omfattende ændringer er dem, der indgår for at opfylde kravene til lyd-isolation mod togstøj for specielle vinduer med høje lyd-krav.

Endelig opsummeres en række eksempler på mulige alternativer til brug af SF₆ sammen med en overordnet bygge- og energiteknisk samt økonomisk vurdering af de udvalgte rudetyper.

Rapporten konkluderer på baggrund af den gennemførte analyse og afprøvning af udvalgte, realistiske løsninger for relevante vindues- og rudetyper, at det med forholdsvis enkle tekniske midler er muligt at substituere anvendelsen af SF₆ i lydisolerende vinduer gennem ændringer af ruderopbygningen.

Summary and Conclusion

This report presents the results of the project "Substitution of SF₆ in sound-insulating windows" under the development programme of the Danish Environmental Protection Agency "Programme on Cleaner Products". SF₆ is a potent greenhouse gas, which is non-desirable. By far the largest consumption of SF₆ in Denmark is for sound-insulating windows. It is the aim of this project to identify alternative solutions to the use of SF₆ in sound-insulating windows, with the same sound-insulating effect.

By way of introduction, the report describes the background of the project and gives a short introduction to the construction of glazing and windows, as well as measurement and rating of the sound insulation.

The first part of the project includes determination of the aims for development of alternatives to the use of SF₆ in sound-insulating windows. On the basis of an overview of the present consumption of SF₆, an analysis of the problem, extent, and needs are summarised. The first test series of the project, and the aims for development of alternatives are also summarised. There is a distinction here between ordinary windows with moderate requirements for sound insulation and special windows with high requirements for sound insulation. There is also a distinction between sound insulation against road traffic noise in residential areas and sound insulation against noise from normal trains at high speed.

The second part of the project includes analyses and tests of alternatives to the use of SF₆ in sound-insulating windows. The results indicate that several of the possible changes in glazing type selected fulfil the aims for sound insulation. The most comprehensive changes are those which are included to fulfil the requirements on sound insulation against noise from trains and for special windows with high requirements.

Finally, a number of examples of possible alternatives to the use of SF₆ are summarised, together with a general building, energy and financial evaluation of the glazing types selected.

On the background of the analyses and testing of selected realistic solutions for relevant window and glazing types, it is concluded that, with relatively simple technical means, it is possible to substitute the use of SF₆ in sound-insulating windows through changes in the glazing construction.

1 Baggrund

1.1 SF₆ som gasfyldning i lydisolerede termoruder

SF₆ (svovlhexafluorid) er en tung gas, der bl.a. – alene eller i kombination med andre gasarter – anvendes som gasfyldning i lydisolerede termoruder. Fyldning med en gas, der er tungere end luft, bevirker, at visse termorudetyper får en ikke uvæsentlig forøgelse af lydisoleringen i mellemfrekvensområdet. Forøgelsen af lydisoleringen kan tilskrives, at lydhastigheden i den tunge gas er væsentligt lavere end i atmosfærisk luft. SF₆ benyttes udelukkende med det formål at forøge lydisoleringen.

En uddybende beskrivelse af 2-lags termoruders lydisolering, herunder indflydelse af gasfyldning i termoruders hulrum, findes i Lydteknisk Instituts rapport om optimering af lydisolering for 2-lags termoruder [1], der også henviser til en række yderligere referencer om emnet.

SF₆ er en kraftig drivhusgas, der indtil for nylig ikke har været at finde i naturen. SF₆ er således et kunstigt fremstillet stof, der antager gasform ved normale temperaturer og atmosfæretryk.

SF₆ er medtaget på de Forenede Nationers klimakonventions Kyoto protokolts liste over drivhusgasser, som landene er forpligtet til at reducere brugen af, samt på Miljøstyrelsens liste over 100 stoffer, som er uønskede på sigt.

Det fremgår af den af Teknologisk Institut Energi for Miljøstyrelsen udarbejdede slutrapport om erstatning af kraftige drivhusgasser [2] tillige, at glasindustrien – med et 1997-forbrug ifølge Miljøstyrelsens oplysninger på 7,2 tons SF₆ – var langt det største forbrugsområde i Danmark. Rapporten anbefalede på denne baggrund igangsætning af det nu afsluttede projekt om substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer.

I forbindelse med ønsket om at substituere denne drivhusgas med andre løsninger blev udvikling og information om alternative rudetyper til lydisolerede vinduer anset for nødvendigt. De alternative rudetyper skulle honorere de samme krav til lydisolering, som opfyldes med SF₆-gasfyldning.

Udvikling og test skulle tage udgangspunkt i den aktuelle anvendelse af SF₆ i termoruder, dvs. i hvilke rudetyper, i hvilke vindueskonstruktioner og for hvilke typer af udendørs støj der anvendes SF₆-fyldning. Typen af trafikstøjkilde ansås for vigtig, idet DELTA vurderede, at der i en del tilfælde med almindelig vejtrafikstøj ikke blev opnået den store effekt ved at benytte SF₆-fyldning i termoruder, mens der i andre tilfælde, som f.eks. ved lydisolering mod tog- og flystøj, kunne fås en ikke ubetydelig reduktion af støjen.

Vurderingen byggede bl.a. på de i Lydteknisk Instituts rapport om optimering af vinduers lydisolering [3] anførte måleresultater for ruder med og uden SF₆-fyldning monteret i forskellige vindueskonstruktioner.

Substitutionen af SF₆ vurderedes at kunne ske enten i form af alternative gasfyldninger eller – hvilket umiddelbart ansås for mere sandsynligt – ved at der blev ændret på andre parametre ved termoruders opbygning.

1.2 Projektets formål og afgrænsning

SF₆ er en kraftig drivhusgas, som på sigt er uønsket. Langt det største forbrug i Danmark er til lydisolierende vinduer.

Projektets formål er at udvikle – samt formidle viden om – alternative rudekonstruktioner, hvor der uden brug af SF₆ kan opnås samme lydisolierende effekt.

Den foreliggende rapport omhandler lydisolierende vinduer med termoruder. Der er taget udgangspunkt i 2-lags termoruder, og hovedvægten i løsningerne er ligeledes lagt på 2-lags termoruder. Projektet omfatter ikke koblede vinduer, vinduer med forsatsrammer mv.

1.3 Vinduers opbygning og lydisolierende egenskaber

Som en del af projektets baggrund gives i det følgende – kombineret med forklaringer af rapportens terminologi – en kort introduktion til den baggrundsviden om f.eks. opbygning af ruder og vinduer samt måling og vurdering af lydisolering, som der ikke er redegjort nærmere for i rapporten. Supplerende oplysninger kan f.eks. findes i [1] og [3].

1.3.1 Ruder og vinduer

Et vindue eller en vindueskonstruktion omfatter flere delkomponenter, herunder ruden (glaskonstruktionen), karmen og rammen, tætningslister samt beslag.

Ved et lydisolierende vindue forstås en vindueskonstruktion, hvor det ved valg af delkomponenterne, herunder specielt ruden, er tilstræbt at opnå en væsentligt højere lydisolering for det samlede vindue end det, der fås for et vindue, hvor der ikke stilles krav til lydisoleringen.

Med "SF₆ i lydisolierende vinduer" menes, at der i den i vinduet anvendte termorudes hulrum er påfyldt gasarten SF₆.

En 2-lags termorude består af to lag glas adskilt af et forseglet hulrum, se også Lydteknisk Institut Rapport nr. 113 [1]. Normalt samles og forsegles de to glaslag med en dobbelt forsegling af butylmasse mellem afstandsprofil af metal (oftest aluminium eller galvaniseret stål) og glasset og polysulfid eller polyurethan som slutforsegling.

Hulrummet mellem glassene kan påfyldes forskellige gasarter som f.eks. SF₆ eller Argon.

Ét eller begge rudens glaslag kan være udført som et laminat, dvs. af to lag glas, der er lamineret sammen med et lamineringsmateriale. Der skelnes her

mellem støbelaminater og folielaminater. Folielaminater anvendes primært til laminering af sikkerhedshensyn, her benævnt almindelig sikkerhedsfolie, men omfatter også folier med specielt gode lyd-mæssige egenskaber. Disse benævnes i det følgende lydfolier. Det laminerede glas anbringes normalt ved rudens indvendige side af hensyn til at sikre optimale lydisolerende egenskaber også ved lave udendørs temperaturer.

Ved angivelse af en termorudes opbygning (rudetype) benyttes følgende terminologi (mål i mm):

glastykkelse-hulrum-glasykkelse

f.eks. 4-12-4 for en termorude med to 4 mm glas adskilt af et 12 mm hulrum.

Ved beskrivelse af støbelaminater angives tykkelserne af de to lag glas og lamineringsmaterialet:

glas/lamineringsmateriale/glas

f.eks. 4/1.5/4 for et ca. 9 mm støbelaminat af to 4 mm glas omkring ca. 1,5 mm lamineringssmateriale.

For folielaminater angives derimod tykkelserne af de to lag glas efterfulgt af et punktum og antallet af folielag. Hvert folielag er normalt ca. 0,38 mm tykt. I projektets rudetyper kan der dels være tale om et almindeligt sikkerhedslaminat af PVB, dels om specielle lyd-laminater. Hvis det sidstnævnte er tilfældet, er dette anført i forbindelse med rubebeskrivelsen: (sg) betyder her lyd-laminat fra glasfabrikanten SCANGLAS (Saint-Gobain), mens (pi) betyder lyd-laminat fra glasfabrikanten Pilkington:

glasglas.antal folielag

f.eks. 44.1 om to 4 mm glas med et enkelt lag almindeligt sikkerhedsfolie imellem eller 44.2 (pi) om to 4 mm glas med to lag lydfolie fra Pilkington imellem.

Der er i projektet anvendt hulrumfyldninger af atmosfærisk luft eller "rene" gasarter som Argon eller SF₆, men ikke kombinationer/blandinger. Ved SF₆-fyldning forstås således, at der tilnærmelsesvist er 100% SF₆ i rudens hulrum.

Argon er p.t. af hensyn til varmeisolering den foretrukne hulrumfyldning, og det er derfor valgt, at ruder med Argon i projektet optræder uden yderligere angivelse af gasart. For øvrige gasarter, incl. atmosfærisk luft, angives hulrumfyldningen i tekst efter rubebetegnelsen. De til projektet leverede eller påfyldte ruders gasfyldninger har ikke konsekvent kunnet kontrolleres inden for projektets rammer.

Ved en almindelig termolydrude forstås her en termorude, hvor lydisolationen er opnået ved enkle foranstaltninger som asymmetri med hensyn til glastykkelserne samt evt. påfyldning af SF₆. Som eksempel på en almindelig termolydrude kan nævnes 6-16-4 SF₆.

1.3.2 Lydisolation – måling og vurdering

Vinduers eller ruders lydisolation måles som reduktionstal pr. 1/3 oktav. Målingerne udføres normalt som laboratoriemålinger, jf. standarden DS/EN ISO

140-3 [4], men det er også muligt at eftervise et vindues eller en facades lyd-isolation ved en kontrolmåling i byggeriet.

De målte reduktionstal pr. 1/3 oktav præsenteres ofte grafisk som funktion af frekvensen. Herudover findes der en række enkelttalsværdier, der beskriver lydisolationen ved et enkelt tal. Den mest anvendte enkelttalsværdi for laboratoriemålinger er R_w -værdien (for feltmålinger benyttes R'_w), der beregnes ved sammenligning af kurven med en referencekurve, jf. standarden DS/EN ISO 717-1 [5]. Til R_w -værdien er der knyttet de spektrale korrektionsled C og C_{tr} . Summen af R_w og C_{tr} benævnes ofte $R_{A,tr}$ (trafikstøjreduktionstallet). Med $R_{A,tr}$ kan man på en simpel måde beregne forskellen mellem det A-vægtede støjniveau ude og inde for et såkaldt generaliseret vejtrafikstøjspektrum (bytrafik mv.). Det forudsættes, at lydtransmission sker gennem vinduet. $R_{A,tr}$ tager i meget højere grad end R_w -værdien højde for lydisolationen i den lave del af frekvensområdet.

Efter samme principper er også enkelttalsværdien, $R_{A,tr,s,A5}$ defineret. Denne størrelse beregnes for et støjspektrum svarende til normal jernbanetraffic ved høje hastigheder, som er beskrevet i Nordtest Metode NT_ACOU 061 [6]. $R_{A,tr,s,A5}$ -værdien er – i modsætning til $R_{A,tr}$ -værdien for vejtrafikstøj – primært bestemt af størrelsen af reduktionstallene i mellemfrekvensområdet.

Det skal bemærkes, at hverken reduktionstallet pr. 1/3 oktav eller de beskrevne enkelttalsværdier er direkte mål for forskellen mellem støjniveauet ude og inde. Ud over de benyttede mål for lydisolationen bestemmes niveaudifferensen af vinduernes areal samt andre parametre.

Alle enkelttalsværdier i rapporten er beregnet for frekvensområdet 100 Hz til 3150 Hz. Værdierne er kun defineret som hele tal i dB, men angives i denne rapport supplerende med én decimal (f.eks. $R_{A,tr}$ 35 / 34,8 dB) af hensyn til sammenligning af måleresultaterne, der ofte kun udviser meget små forskelle i enkelttalsværdierne. Ved sammenligning af værdier i hele tal og i decimaltal fremgår det, at R_w -værdien altid afrundes nedad, mens de øvrige værdier afrundes normalt.

Vedrørende termoruders og vinduers reduktionstalskurvers forløb henvises til [1] og [3]. Her skal blot nævnes nogle få forhold af betydning for vurderingen af projektets måleresultater.

Reduktionstalskurver for termoruder eller vinduer med termoruder vil stort set altid have to tydelige dyk. Det ene forekommer i den lave del af frekvensområdet og kan tilskrives grundresonansfrekvensen for rudeopbygningen, mens det andet forekommer i den høje del af frekvensområdet og skyldes koincidenceffekter for rudens glaslag (sammenfald af udbredelseshastighed i luft og glaslag). Effekten af at fylde rudens hulrum med SF_6 vil ofte være en forøgelse af reduktionstallet i området mellem disse to dyk. Herudover kan der i visse tilfælde være en tendens til, at resonansdykket forværres af SF_6 -fyldningen.

2 Mål for udvikling af alternativer til brug af SF₆ i lydisolerende vinduer

2.1 Vurdering af dagens brug af SF₆

Som en del af projektet har Peter B. Vestergaard, Teknologisk Institut, Byggekomponenter, foretaget en indledende kortlægning af anvendelsen af ruder med SF₆-fyldning i Danmark. Formålet var at afklare, i hvilket omfang der var anvendt SF₆ i gasfyldte termoruder i 1999, hvilke rude- og vinduestyper det var aktuelt for, samt hvilke typer af støjkluder og krav til lydisolation de skulle anvendes til.

Undersøgelsen blev gennemført ved telefonisk kontakt til alle danske termorudeproducenter med mærkningsret i henhold til DS 1094.0. Af disse ca. 50 producenter angav seks virksomheder at have fabrikeret ruder med SF₆ i 1999. Kun fire virksomheder kunne dog finde tilstrækkelige oplysninger til at deltage i kortlægningen med hensyn til rudetyper mv.

2.1.1 Brug af SF₆

Generelt viser den indledende kortlægning et faldende forbrug af SF₆. Mange termorudeproducenter har således givet udtryk for at have fravalgt SF₆ med begrundelser som:

- Fokusering på U-værdier (SF₆ forringer varmeisoleringen ved de oftest anvendte glasafstande)
- Pris
- Politik
- Mediemæssig opmærksomhed
- Kommende forbud

Teknologisk Institut vurderer, at SF₆-forbruget til lydisolerende ruder i 1999 hos de 6 producenter, jf. ovenfor, var af størrelsesordenen 2 tons.

2.1.2 Rude- og vinduestyper

Undersøgelsen viste, at der, når der blev anvendt SF₆, var tale om enten meget specielle rudetyper med forventning om en særdeles høj lydisolation (R_w over 40 dB) eller almindelige termolydruder med mere moderate lydisolerende egenskaber (R_w omkring 35 dB).

Stort set alle de leverede ruder var til kontorbyggerier, og mange var til store faste vinduespartier i aluminium.

I Tabel 2.1 i Afsnit 2.1.3 nedenfor angives de aktuelle rude- og vinduestyper for de ved den indledende kortlægning fundne større vinduesprojekter, hvor der er anvendt SF₆-fyldning.

2.1.3 Typer af støjkilder og krav til vinduer

Som det fremgår af Tabel 2.1 har fire af de fundne projekter med SF₆ været til byggerier, der var udsat for togstøj, mens resten fordeler sig mellem vejtrafikstøj, lufthavnsstøj og virksomhedsstøj.

De anførte lydisolationsværdier antages at være de krav, der er stillet i forbindelse med projektet. Hvorvidt de anvendte vinduer har kunnet opfylde disse krav, er ikke nøjere dokumenteret eller vurderet.

Det fremgår, at der i de fem projekter, hvor der findes værdier, er angivet lydisolationsværdier R_w mellem 39 dB og 47 dB.

Støjkilde	Lydisolations R _w [dB]	Rudeopbygning	Rudemål [mm]	Elementtype/materiale
Togstøj	44	4/1/4-12-8 SF ₆	1200 × 1200	Oplukkelig / Træ
Maskinstøj (produktion)	Ej oplyst	4/0.5/5-12-6 SF ₆	1200 × 2900	Faste partier / Aluminium
Togstøj	Ej oplyst	8-20-4 SF ₆	500 × 1200	Faste partier / Aluminium
Trafikstøj	47	44.5-20-4/2/4 SF ₆	Store ruder	Faste partier / Aluminium
Togstøj	45	4/2/4-22-6 SF ₆	Store ruder	Faste partier / Aluminium
Lufthavnsstøj	42	4/1/4-16-4 SF ₆	Store ruder	Faste partier / Aluminium
Togstøj	39	6-16-4 SF ₆	1200 × 1400	Faste partier / Aluminium

Tabel 2.1
Gennemførte vinduesprojekter med SF₆ i 1999. Resultater fra den indledende kortlægning udført af Teknologisk Institut.

2.2 Analyse af problemstilling, omfang og behov

Resultaterne af den indledende kortlægning viste, at der – til trods for en fallende tendens – stadig i 1999 var et ikke ubetydeligt forbrug af SF₆ i lydisolerede termoruder.

Ved en total afskaffelse af anvendelsen af SF₆ er viden om alternative rudetyper, der kan opfylde de samme krav til lydisolationsværdier som de mest relevante rudetyper med SF₆-fyldning, derfor nødvendig.

En del af problemstillingen er, at der ved valg af lydisolerede ruder og vinduer ofte alene fokuseres på R_w-værdien som parameter for den lydisolerede evne over for trafikstøj. Dette vil normalt favorisere anvendelsen af ruder med SF₆, selv om der i en del tilfælde med almindelig vejtrafikstøj ikke fås den store

effekt på hverken rudens eller det samlede vindues lydisolations mod vejstøj af at benytte SF₆-fyldning.

Det er således ikke R_w-værdien alene, men lydisolations for den aktuelle type af udendørs støj, f.eks. R_{A,Tr} eller R_{A,Tr,S,A5'}, der bør bruges ved vurdering af vinduers lydisolations. se Afsnit 1.3.2. Yderligere skal det fremhæves, at det ikke er rudens lydisolations alene, men det samlede vindues, der skal fokuseres på. Det er derfor nødvendigt konkret at vurdere konstruktionernes lydiserende egenskaber med hensyn til de udendørs støjtyper.

Generelt anses de væsentligste behov for lydiserende vinduer at være i forbindelse med vejtrafikstøj. Herudover er lydisolations mod togstøj væsentlig at medtage, hvad også overvægten af vinduesprojekter med togstøj i kortlægningen af SF₆-forbruget viste. Yderligere kan det også forventes, at SF₆ har større indflydelse i forbindelse med togstøj. Grunden hertil er, at SF₆ ofte vil forøge reduktionstallet i mellemfrekvensområdet, der er bestemmende for lydisolations mod togstøj.

Det er således med hensyn til målene for udvikling af alternativer valgt at benytte to typer af udendørs trafikstøjspektra, nemlig vejtrafikstøj og togstøj, mens der ikke er medtaget andre støjtyper, f.eks. flystøj. Der henvises til Afsnit 1.3.2 vedrørende definitionen af de to spektra, der primært dækker henholdsvis vejtrafik i byområder og jernbanetraffic ved høje hastigheder og i øvrigt forventes at udgøre to yderpunkter med hensyn til indflydelsen af SF₆.

Oplysningerne i forbindelse med kortlægningen peger i retning af, at behovet for alternative rudekonstruktioner ud over almindelige termolydruder med moderate lydiserende egenskaber (R_w omkring 35 dB) også omfatter mere specielle rudetyper med forventning om en ekstra høj lydisolations (R_w over 40 dB).

De almindelige termolydruder er typisk en let asymmetrisk konstruktion, hvor det ene glas er et 4 mm glas, mens det andet er et 6-8 mm glas, evt. et folielaminat. Hulrumsdybden er ofte omkring 16 mm.

De mere specielle termorudetyper har ét eller to laminater, større samlede glastykkelser og evt. et større hulrum.

Med hensyn til vinduestyper er det også med udgangspunkt i kortlægningen muligt at foretage en opdeling i to hovedtyper, dels oplukkelige standardvinduer i normale vinduesformater, dels faste vinduespartier i store formater.

De førstnævnte kan optræde i mange former for byggeri, herunder også i boligbyggeri, mens de sidstnævnte typisk er at finde inden for kontorbyggeriet.

På baggrund af analysen er det besluttet, at der allerede ved den første forøgsserie fokuseres på:

- Nogle typiske, danske vindueskonstruktioner
- Nogle overordnede rudetyper, hvor der i 1999 var et SF₆-forbrug
- Vurdering af lydisolations med hensyn til både vejtrafikstøj og togstøj

2.3 Første forsøgsserie – effekt af brug af SF₆

Formålet med denne forsøgsserie er for nogle få udvalgte konstruktioner at vise forskellen mellem lydisoleringen med og uden anvendelse af SF₆. På denne baggrund vil de lydmæssigt begrundede mål for udviklingen af alternativer til brugen af SF₆ i lydisolierende termoruder kunne opstilles.

Udvælgelsen af konstruktionerne er foretaget på baggrund af kortlægningen og analysen i relation til anvendelsen af SF₆ i lydisolierende vinduer, jf. Afsnit 2.1 og 2.2.

De valgte rude- og vinduestyper fremgår af Afsnit 2.3.1, og måleprogrammet er gengivet i Afsnit 2.3.3. Det fremgår heraf, at der er gennemført målinger på ruder alene og på hele vindueskonstruktioner.

De førstnævnte målinger er udført for at finde effekten af SF₆ på ruden alene, idet det meget ofte er lydisolationsværdier for ruder, der fokuseres på, til trods for at ruder stort set altid indbygges i et vindue, og at kravet til lydisolations normalt gælder det samlede vindue. Målingerne af lydisolations for hele vindueskonstruktioner med de samme rudetyper er derimod forsøgsseriens væsentligste bidrag til at vise den reelle effekt af SF₆-fyldningen i rudernes hulrum.

2.3.1 Rude- og vinduestyper

Det er valgt at lade den første forsøgsserie omfatte tre rudetyper. Disse er alle målt som ruder alene, monteret i laboratoriet i henhold til DS/EN ISO 140-3 [4]. Herudover er de to af rudetyperne målt i et oplukkeligt vindue af træ og en rudetype målt i et fast vindue af aluminium. Alle målinger er gennemført med henholdsvis atmosfærisk luft og SF₆.

Rudetyperne 6-16-4 og 6-12-44.1 til vinduet af træ er begge at betragte som almindelige termolydruder og kan som sådan forefindes både med og uden SF₆.

Den ene rudetype består af et 6 mm og et 4 mm glas, mens den anden har et 6 mm glas og et folielaminat (sikkerhedslaminat) med to 4 mm glas. Tykkelsen på ca. 26 mm tillader montage i almindeligt forekommende danske vinduestyper. Disse ruder skal repræsentere rudetyper med R_w-værdier på 35-38 dB.

Rudetyperne 6-20-4/1.5/4 til vinduet af aluminium er en tykkere rudekonstruktion, der sjældent vil kunne monteres i en almindelig vinduestype, men derimod i specielle vinduessystemer af plast eller metal. Denne rude skal repræsentere rudetyper med R_w-værdier over 40 dB.

Ruden med en samlet tykkelse på ca. 35 mm har et 6 mm glas og et støbelaminat med to 4 mm glas og et hulrum på 20 mm.

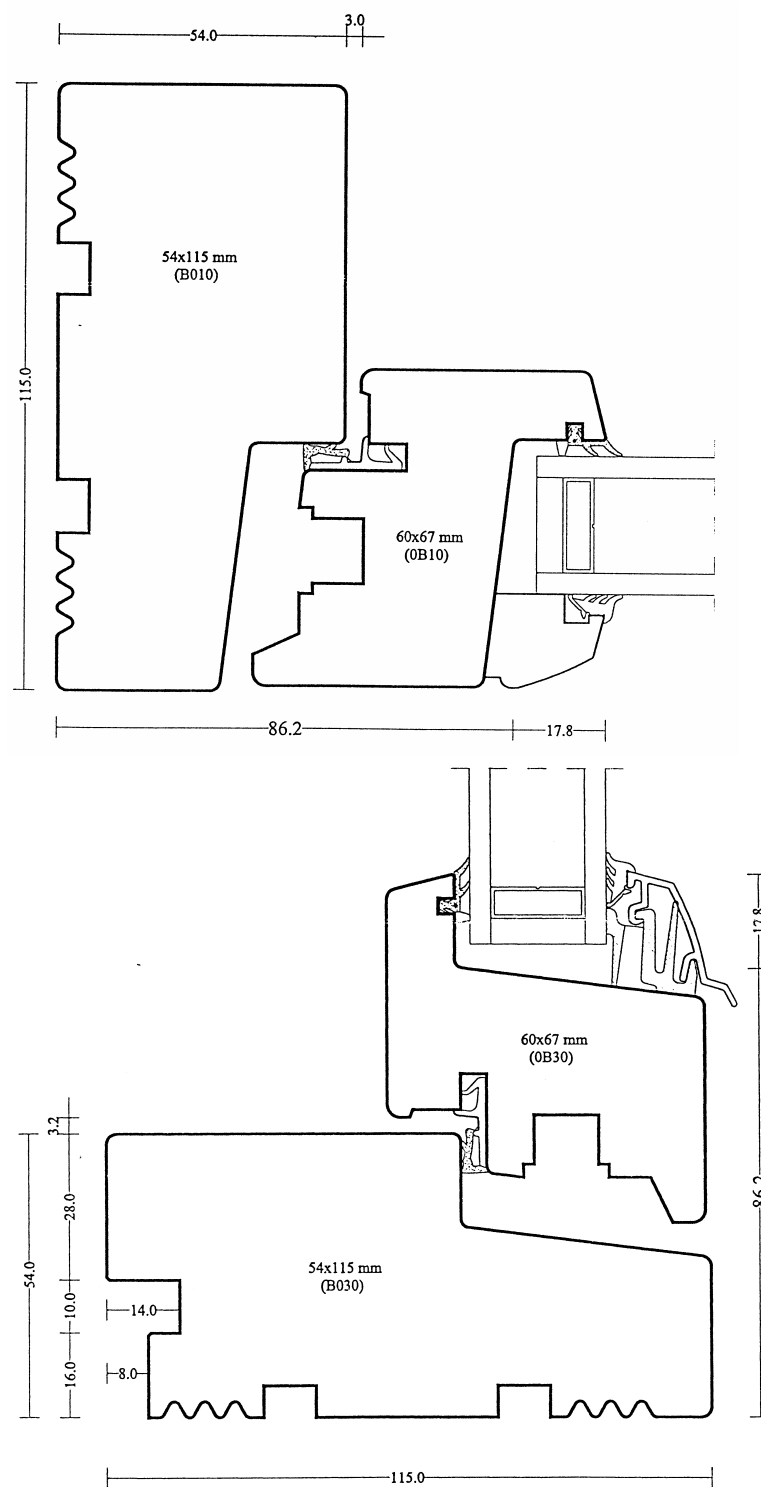
Vinduet af træ repræsenterer et typisk boligvindue, der dog også forekommer i mange andre danske bygningstyper. Træ anses for at være det mest anvendte materiale til vindueskarmer og -rammer i Danmark. Andre muligheder havde f.eks. været vinduer af plast, aluminium eller kombinationer af træ og aluminium.

Selv om det lydmæssigt ville være at foretrække at anvende karm-/ramme-profiler med to tætningsplaner, blev det besluttet at vælge et vindue med kun et tætningsplan, svarende til et typisk dansk vindue af træ. Vinduer af træ med to tætningsplaner markedsføres stort set ikke i Danmark.

Det valgte udadgående topstyrede vindue har karm og ramme af fyrretræ. Fugen mellem karm og ramme er udformet med et enkelt anslag forsynet med tætningsliste. Rammen har en omløbende beslagnot. Ruder isættes med glas-tætningsbånd i den 18 mm høje glasfals. Glaslisterne er i fyrretræ, bundglaslisten dog i aluminium. Glasfalsen tillader montering af 26 mm tykke termoruder. Et snit i vindueskonstruktionen af træ er vist i Figur 2.1.

Det valgte vindue er en standardvare af høj kvalitet, men har ikke optimal tætning i relation til lydisolation.

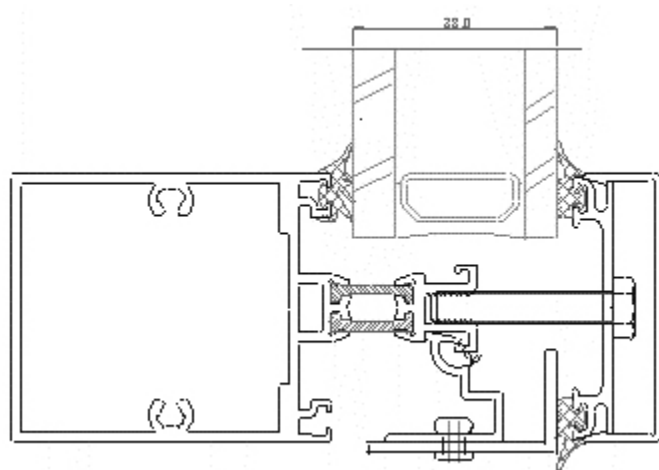
For at illustrere virkningen af et lydmæssigt bedre tætnet vindue er der derfor gennemført målinger med supplerende tætning af fugen mellem karm og ramme og bundglaslisten på vinduet af træ. Tætningen er foretaget ved påsætning af tape over alle fuger indvendigt og udvendigt.



Figur 2.1
Snit i karm/ramme i vindue af træ (side og bund).

Vinduet af aluminium er valgt som repræsentant for vinduer i store kontorfacader af metal og glas. Af forsøgstekniske årsager er det dog valgt at benytte et normalt vinduesformat.

Vinduet består her af en smal karm udformet som et boxprofil af aluminium, monteret med kuldebroisolerende profildele i glasfalsen. Ruden monteres mellem glastætningsbånd med påskruede glaslister af aluminium, og der afsluttes med afdækninger af aluminium. Vindueskonstruktionen fremgår af Figur 2.2.



Figur 2.2
Snit i karm i vindue af aluminium.

2.3.2 Laboratoriemålinger – målefaciliteter, målemetode og montage

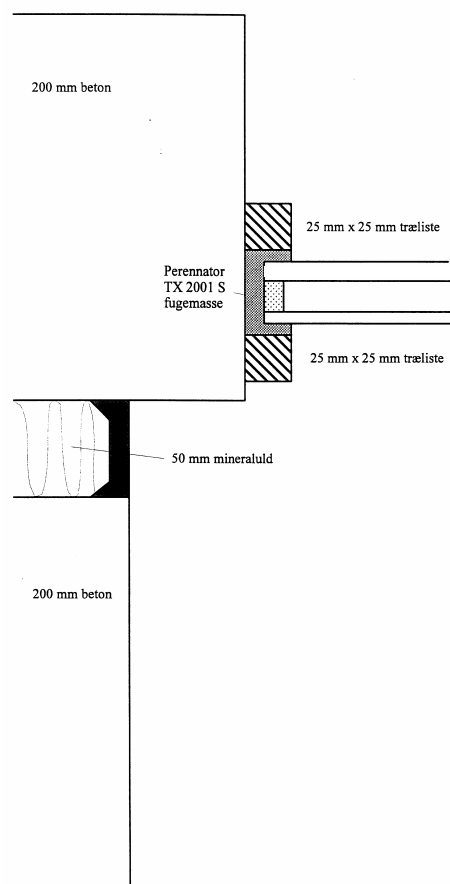
Målingerne er gennemført i DELTA's laboratoriefaciliteter i Århus i henhold til standarden DS/EN ISO 140-3 [4].

Prøveemnerne monteres i en prøveåbning mellem to lydharde målerum. Senderummet har et volumen på 118 m^3 og modtagerummet et volumen på 65 m^3 .

Prøveåbningen, der er $0,45 \text{ m}$ dyb, har en forskydning på siderne samt foroven, således at åbningen måler $1,25 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}$ på senderumssiden, hvor prøveemnet indsættes, og $1,37 \text{ m} \times 1,56 \text{ m}$ på modtagerumssiden.

Reduktionstalsmålingerne udføres med et bevægeligt højttalersystem og roterende mikrofoner i sende- og modtagerum.

Ruderne alene måles som angivet i standarden ved montering i kit (Perennator TX 2001 S) mellem to lister af træ. Rudemålene er $1230 \text{ mm} \times 1480 \text{ mm}$. Et eksempel på en rudemontage er vist i Figur 2.3.



Figur 2.3
Eksempel på montering af rude i laboratoriet.

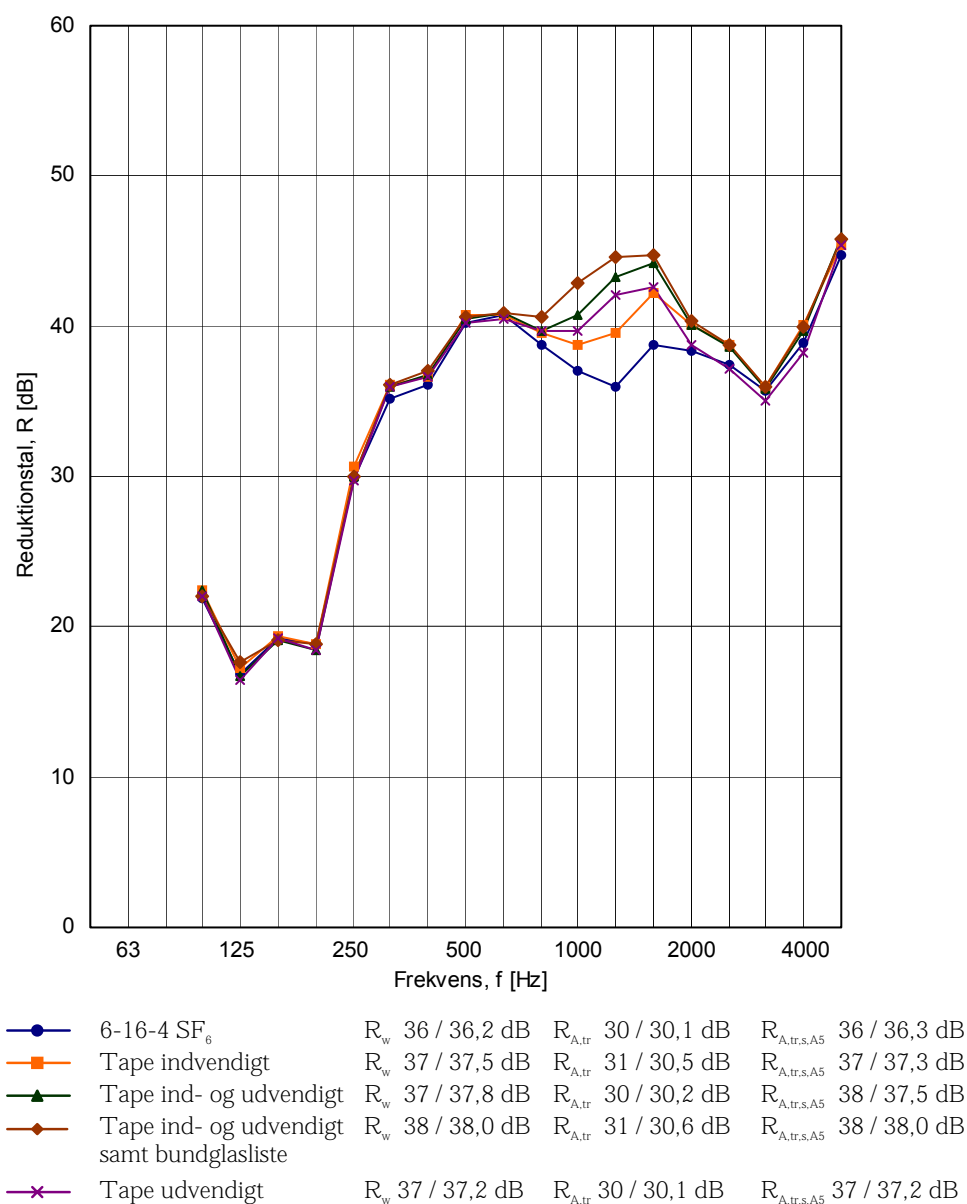
Vinduet af træ blev opstillet på to klodser og fastholdt med kiler. Fugen mellem karm og prøveåbning (10 mm) blev stoppet med fugefilt (glasuld), og kilerne blev fjernet. Fugen blev lukket med silicone fra både sende- og modtagerum. Den indvendige side af karmen flugtede med forskydningen i måleåbningen (nichedybde ca. 85 mm fra senderum til karmoverflade). Vinduesmålene er 1230 mm × 1480 mm og rudemålene 1047 mm × 1297 mm.

Ved montagen af det ikke-oplukkkelige vindue af aluminium blev karmen opstillet på to klodser og fastgjort med to skruer i hver af de lodrette sider. Fugen mellem karm og prøveåbning (10 mm) blev stoppet med fugefilt (glasuld) og lukket med silicone fra modtagerummet. Afslutningsvis blev rude og aluminiumafdækninger mod senderummet monteret. Den indvendige side af karmen flugtede med forskydningen i måleåbningen (nichedybde ca. 70-80 mm fra senderum til aluminiumkonstruktionens overflade). Vinduesmålene er 1230 mm × 1480 mm og rudemålene 1154 mm × 1404 mm.

Ved at alle målinger er udført i samme laboratorium og med ens principper for montering, opnås en god måleubestemthed, der gør det muligt med tilfredsstillende nøjagtighed at sammenligne resultaterne af vinduerne med forskellige ruder indbyrdes. Ved genmontage af vinduerne vil der dog kunne forventes lidt større afvigelser, ligesom ruder af forskellige fabrikater ikke kan forventes at give identiske resultater. I forbindelse med projektets forsøgsserier er der gennemført en række kontrolmålinger, der sikrer kvaliteten af og mulig-

heden for at sammenligne de opnåede måleresultater. Rapporten beskriver kun nogle få af disse målinger.

Som nævnt tidligere kan tætningen af karm-/rammefugen i vinduet af træ ikke anses for lydmæssigt optimal. Dette illustreres i Figur 2.4, der viser måleresultater for en 6-16-4 rude med SF₆ i vinduet af træ med forskellige supplerende tapetætninger. Måleresultaterne viser store forskelle i frekvensområdet 800 Hz til 2500 Hz, mens kurverne er stort set sammenfaldende uden for dette område.



Figur 2.4
Effekt af tapetætning over karm-/rammefugen mv. for 6-16-4 SF₆-rude i vinduet af træ.

Når der i det følgende for vinduet af træ skrives ”med tape”, forstås herved supplerende tætning med tape over karm-/rammefugen indvendigt og udvendigt samt over bundglaslisten.

2.3.3 Måleprogram

Måleprogrammet for første forsøgsserie fremgår af Tabel 2.2. Målingerne blev gennemført i efteråret 2000. De tre ruder til rudemålingerne og de tre ruder til vinduesmålingerne blev alle leveret med SF₆-fyldning. Efter den første måling blev gasfyldningen aftappet, og ruderne fremstod herefter med fyldning af atmosfærisk luft.

Rudetype	Vægt [kg/m ²]	Tykkelse [mm]	Gasart	Rude alene	Vindue af træ	Vindue af træ med tape	Vindue af aluminium
6-16-4	25	26	SF ₆	×	×	×	
6-16-4	25	26	Atm. luft	×	×	×	
6-12-44.1	35	26	SF ₆	×	×	×	
6-12-44.1	35	26	Atm. luft	×	×	×	
6-20-4/1.5/4	35	35	SF ₆	×			×
6-20-4/1.5/4	35	35	Atm. luft	×			×

Tabel 2.2
Måleprogram for første forsøgsserie.

2.3.4 Måleresultater

Måleresultaterne fra første forsøgsserie er gengivet i de følgende tre tabeller. I tabellerne er heltalsværdier og værdier med én decimal af R_w , $R_{A,tr}$ og $R_{A,tr,s,A5}$ anført. Herudover er den fundne effekt (forskellen mellem enkelttalsværdierne) af SF₆-fyldning i forhold til atmosfærisk luft i rudernes hulrum gengivet. En positiv forskel indikerer, at der er opnået en bedre lydisolations ved at benytte SF₆-fyldning.

Rudetype	R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]	Forskel ved at bruge SF ₆ i stedet for atmosfærisk luft i rudens hulrum		
				R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]
6-16-4 SF ₆ som rude alene	36 / 36,4	26 / 25,6	35 / 34,8	2 / 1,8	-2 / -2,0	1 / 0,6
6-16-4 atm. luft som rude alene	34 / 34,6	28 / 27,6	34 / 34,2			
6-16-4 SF ₆ i vindue af træ	36 / 36,2	30 / 30,1	36 / 36,3	1 / 0,6	0 / -0,2	0 / 0,8
6-16-4 atm. luft i vindue af træ	35 / 35,6	30 / 30,3	36 / 35,5			
6-16-4 SF ₆ i vindue af træ med tape	38 / 38,0	31 / 30,6	38 / 38,0	1 / 0,9	0 / -0,3	1 / 1,1
6-16-4 atm. luft i vindue af træ med tape	37 / 37,1	31 / 30,9	37 / 36,9			

Tabel 2.3
Måleresultater for 6-16-4 rude med og uden SF₆ målt alene samt i vindue af træ.

Rudetype	R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]	Forskel ved at bruge SF ₆ i stedet for atmosfærisk luft i rudens hulrum		
				R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]
6-12-44.1 SF ₆ som rude alene	38 / 38,4	31 / 30,8	39 / 38,6	1 / 1,2	0 / 0,3	1 / 1,0
6-12-44.1 atm. luft som rude alene	37 / 37,2	31 / 30,5	38 / 37,6			
6-12-44.1 SF ₆ i vindue af træ	35 / 35,7	30 / 30,3	36 / 36,0	-1 / -0,8	-2 / -1,9	0 / -0,3
6-12-44.1 atm. luft i vindue af træ	36 / 36,5	32 / 32,2	36 / 36,3			
6-12-44.1 SF ₆ i vindue af træ med tape	37 / 37,6	31 / 31,0	38 / 37,8	-1 / -0,9	-2 / -2,2	0 / -0,6
6-12-44.1 atm. luft i vindue af træ med tape	38 / 38,5	33 / 33,2	38 / 38,4			

Tabel 2.4
Måleresultater for 6-12-44.1 rude med og uden SF₆ målt alene samt i vindue af træ.

Rudetype	R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]	Forskel ved at bruge SF ₆ i stedet for atmosfærisk luft i rudens hulrum		
				R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]
6-20-4/1.5/4 SF ₆ som rude alene	43 / 43,4	34 / 33,5	43 / 43,1	2 / 2,2	1 / 0,3	2 / 1,9
6-20-4/1.5/4 atm. luft som rude alene	41 / 41,2	33 / 33,2	41 / 41,2			
6-20-4/1.5/4 SF ₆ i vindue af aluminium	42 / 42,4	34 / 34,4	42 / 42,0	2 / 2,3	2 / 2,1	2 / 2,4
6-20-4/1.5/4 atm. luft i vindue af aluminium	40 / 40,1	32 / 32,3	40 / 39,6			

Tabel 2.5
Måleresultater for 6-20-4/1.5/4 rude med og uden SF₆ målt alene samt i vindue af aluminium.

Måleresultaterne i form af reduktionstallene pr. 1/3 oktav er for første forsøgsseries prøveemner gengivet på kurvebladene i Bilag A.

2.3.5 Vurdering af måleresultater

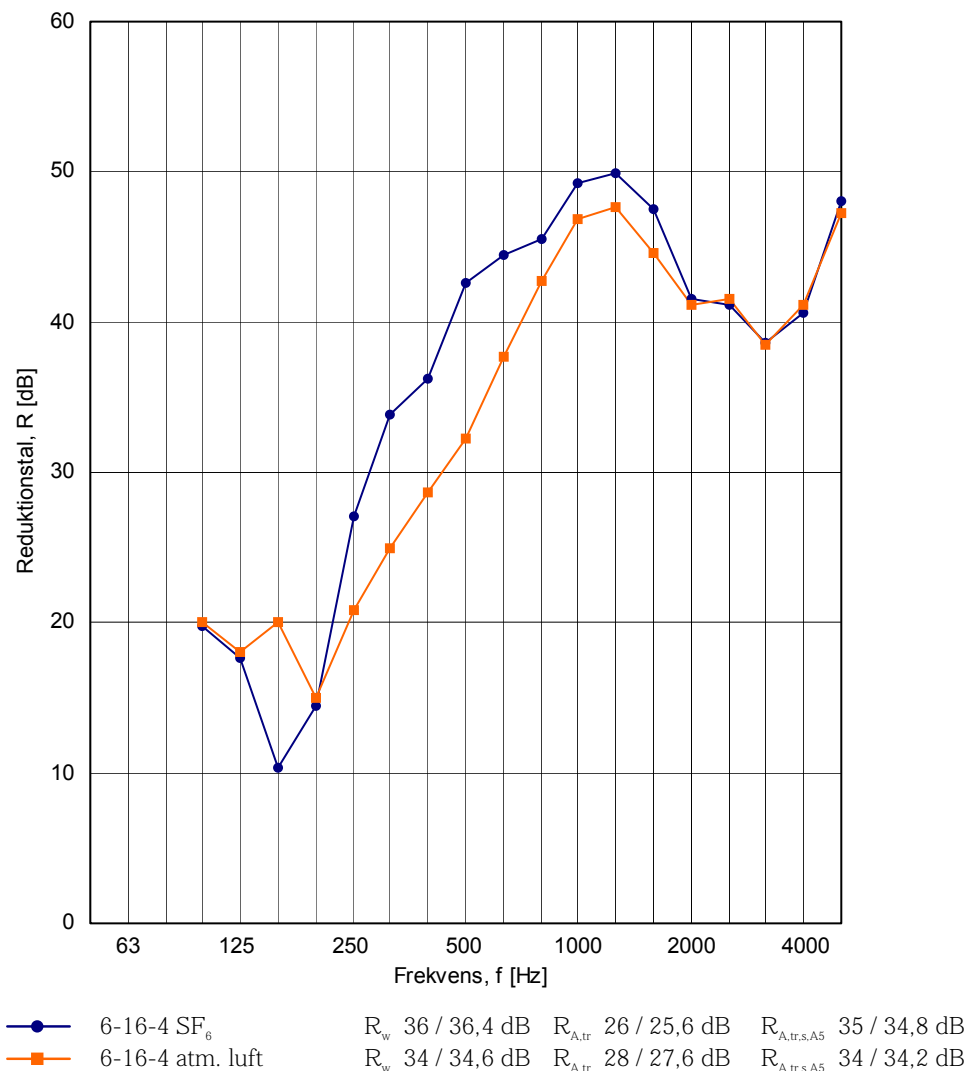
I Tabel 2.6 er der foretaget en sammenstilling af resultaterne fra Tabel 2.3-2.5 i Afsnit 2.3.4. Sammenstillingen viser effekten af at bruge SF₆, som det er opnået ved de gennemførte målinger i første forsøgsserie.

Rudetype	Forskel ved at bruge SF ₆ i stedet for atmosfærisk luft i ruders hulrum		
	R _w [dB]	R _{A,tr} [dB]	R _{A,tr,s,A5} [dB]
6-16-4 som rude alene	2 / 1,8	-2 / -2,0	1 / 0,6
6-16-4 i vindue af træ	1 / 0,6	0 / -0,2	0 / 0,8
6-16-4 i vindue af træ med tape	1 / 0,9	0 / -0,3	1 / 1,1
6-12-44.1 som rude alene	1 / 1,2	0 / 0,3	1 / 1,0
6-12-44.1 i vindue af træ	-1 / -0,8	-2 / -1,9	0 / -0,3
6-12-44.1 i vindue af træ med tape	-1 / -0,9	-2 / -2,2	0 / -0,6
6-20-4/1.5/4 som rude alene	2 / 2,2	1 / 0,3	2 / 1,9
6-20-4/1.5/4 i vindue af aluminium	2 / 2,3	2 / 2,1	2 / 2,4

Tabel 2.6
Sammenstilling af forskellen i dB ved at bruge SF₆ i stedet for atmosfærisk luft for første forsøgsse-
ries rude- og vinduestyper.

For 6-16-4 ruden målt alene er der en positiv effekt på R_w-værdien på 2 dB, men kun en forbedring på ca. 1 dB ved brug af SF₆ ved måling i vindue af træ. For R_{A,tr}-værdien er der ikke nogen positiv effekt af at bruge SF₆, mens der for togstøjtæthedsværdien, R_{A,tr,s,A5}, er en positiv effekt på ca. 1 dB ved alle målinger.

Figur 2.5 viser effekten af SF₆-fyldning af 6-16-4 ruden målt alene. Det udprægede resonansdyk og den store forbedring i frekvensområdet 250 Hz til 800 Hz er karakteristisk for virkningen af SF₆ ved rudemålinger. Sammenligningen af de tilsvarende ruder målt i et vindue af træ i Figur 2.6 viser, at effekten af SF₆ her er væsentligt mindre, men med de samme karakteristika.



Figur 2.5
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt alene.

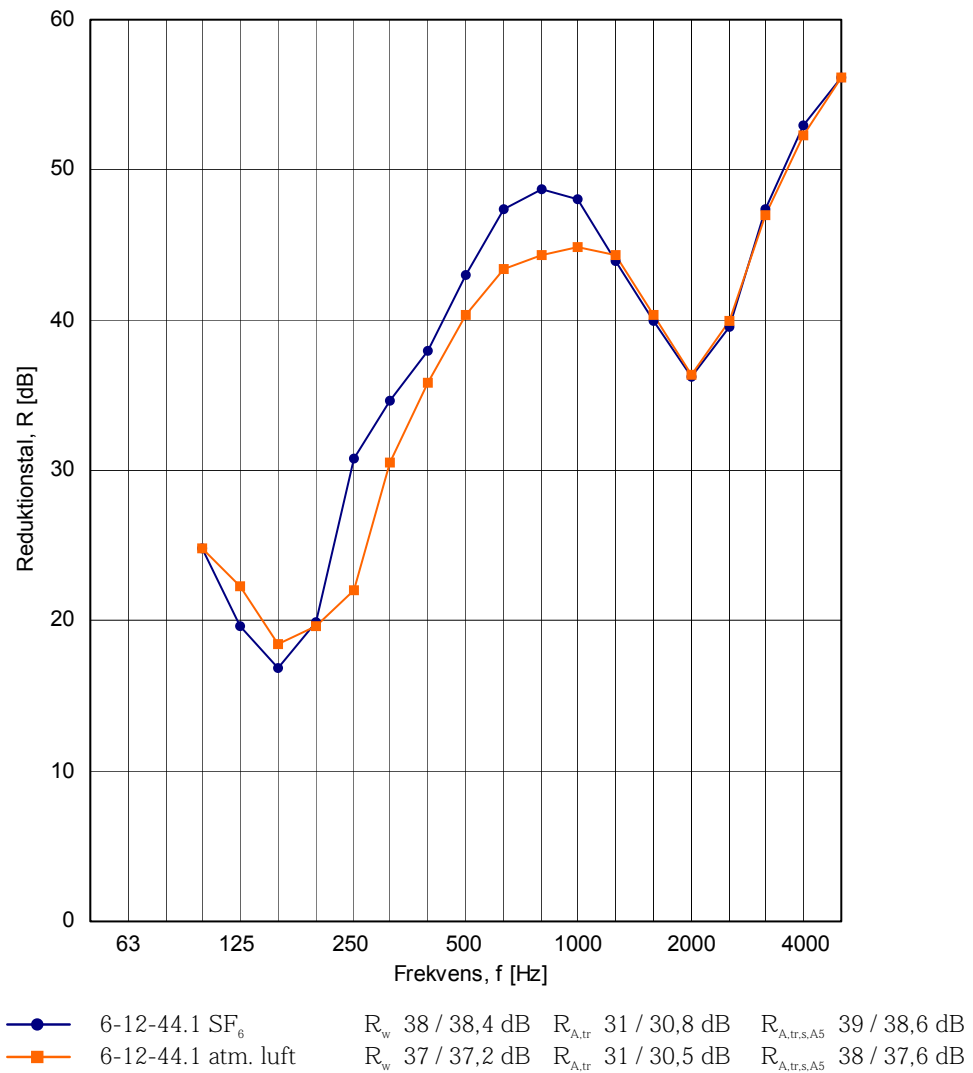
Ved sammenligning af de to figurer ses yderligere den tydelige forskel ved frekvenser over 500 Hz mellem rudemålinger og målinger på samlede vindueskonstruktioner. Denne forskel skyldes primært lydtransmission gennem vinduets karm/rammekonstruktion.



- 6-16-4 SF₆ i vindue af træ R_w 36 / 36,2 dB $R_{A,tr}$ 30 / 30,1 dB $R_{A,tr,s,A5}$ 36 / 36,3 dB
- 6-16-4 SF₆ i vindue af træ med tape R_w 38 / 38,0 dB $R_{A,tr}$ 31 / 30,6 dB $R_{A,tr,s,A5}$ 38 / 38,0 dB
- ▲— 6-16-4 atm. luft i vindue af træ R_w 35 / 35,6 dB $R_{A,tr}$ 30 / 30,3 dB $R_{A,tr,s,A5}$ 36 / 35,5 dB
- ◆— 6-16-4 atm. luft i vindue af træ med tape R_w 37 / 37,1 dB $R_{A,tr}$ 31 / 30,9 dB $R_{A,tr,s,A5}$ 37 / 36,9 dB

Figur 2.6
 Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af træ og i vindue af træ med tape.

I 6-12-44.1 ruden er det forholdsvis mindre hulrum, hvor indflydelsen af SF_6 generelt er mere begrænset, sandsynligvis medvirkende til den kun begrænsede positive effekt af SF_6 ved ruden målt alene, jf. Figur 2.7. Monteret i vinduet af træ ses en manglende effekt af SF_6 ved alle tre enkelttalsværdier – den lille positive effekt i mellemløstfrekvensområdet kan ikke opveje det dybe resonansdyk, se Figur 2.8. Generelt er der med dette vindue som følge af et kraftigt dyk i reduktionstalskurven i koincidenceområdet opnået en noget ringere lyd-isolation end forventet. Enkelttalsværdierne for denne rudetype adskiller sig således ikke væsentligt fra værdierne opnået med 6-16-4 ruden. På denne baggrund er der ikke i projektet arbejdet videre med 6-12-44.1 ruden.



Figur 2.7
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt alene.

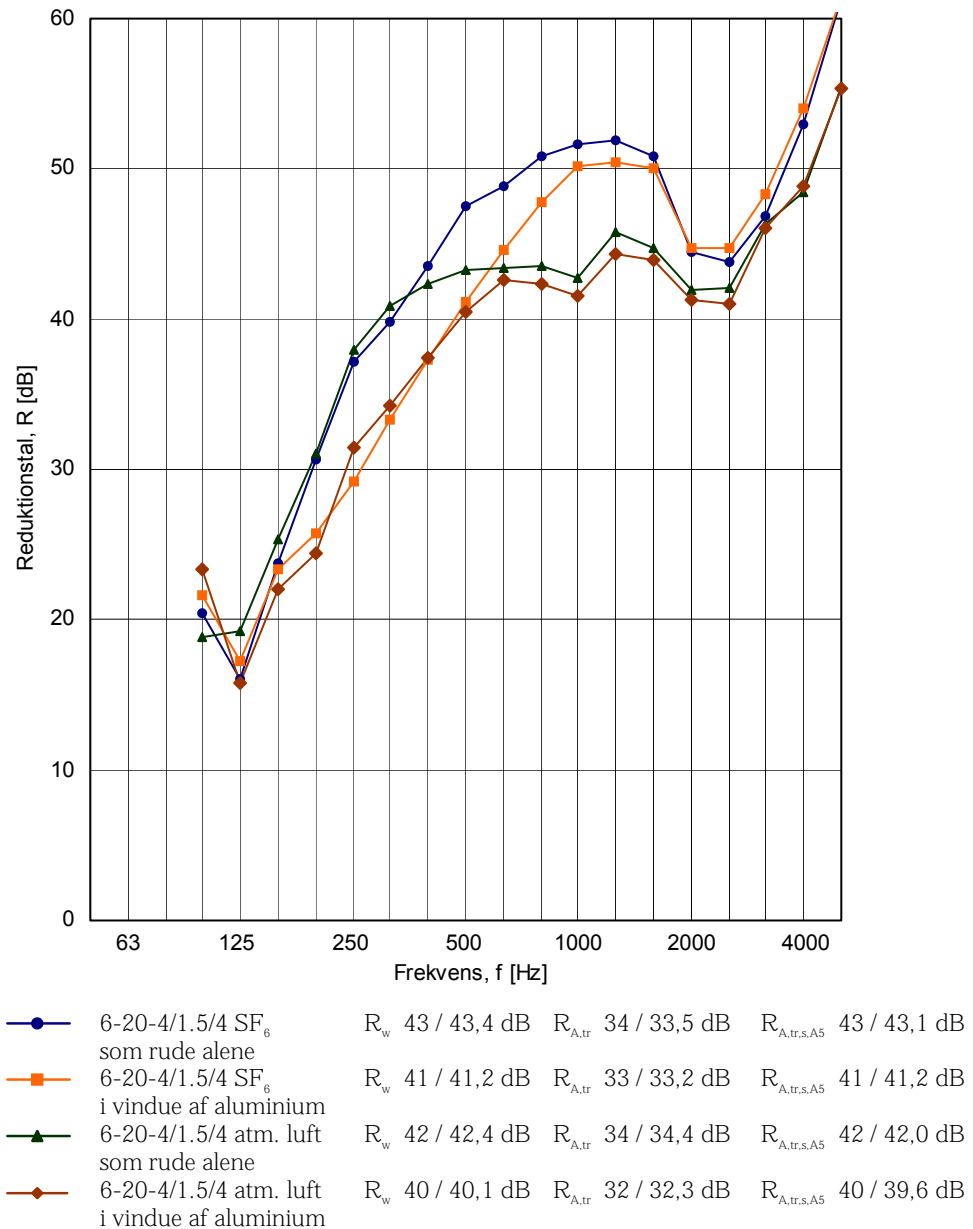


—●—	6-12-44.1 SF ₆ i vindue af træ	R _w 35 / 35,7 dB	R _{A,tr} 30 / 30,3 dB	R _{A,tr,s,A5} 36 / 36,0 dB
—■—	6-12-44.1 SF ₆ i vindue af træ med tape	R _w 37 / 37,6 dB	R _{A,tr} 31 / 31,0 dB	R _{A,tr,s,A5} 38 / 37,8 dB
—▲—	6-12-44.1 atm. luft i vindue af træ	R _w 36 / 36,5 dB	R _{A,tr} 32 / 32,2 dB	R _{A,tr,s,A5} 36 / 36,3 dB
—◆—	6-12-44.1 atm. luft i vindue af træ med tape	R _w 38 / 38,5 dB	R _{A,tr} 33 / 33,2 dB	R _{A,tr,s,A5} 38 / 38,4 dB

Figur 2.8
 Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af træ og i vindue af træ med tape.

Med 6-20-4/1.5/4 ruden er forholdene anderledes, idet der stort set er en positiv effekt på ca. 2 dB på alle enkelttalsværdier ved brug af SF_6 . For ruden alene udebliver effekten dog for $R_{A, tr}$ -værdien som følge af rudens kraftige resonansdyk, et dyk der udflades ved målingen i vinduet af aluminium. Resultaterne for denne rudetype er vist i Figur 2.9.

Som for trævinduet ses den tydelige indvirkning af lydtransmissionen gennem vinduets karmkonstruktion af aluminium ved frekvenser over 500 Hz.



Figur 2.9
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt alene og i vindue af aluminium.

Samlet peger måleresultaterne i retning af

- at der ikke for den almindelige termolydrude opnås en forbedring af lydisolationen mod vejtrafikstøj ved brug af SF₆.
- at der for den almindelige termolydrude i vinduet af træ kan opnås en forbedring af lydisolationen mod togstøj på ca. 1 dB ved brug af SF₆.
- at der for den specielle termorude med høj lydisolations monteret i vinduet af aluminium kan opnås en forbedring af lydisolationen for både vejtrafikstøj og togstøj på ca. 2 dB ved brug af SF₆.

2.4 Opsummering – mål for lydisolations

Med baggrund i kortlægningen beskrevet i Afsnit 2.1, den gennemførte analyse jf. Afsnit 2.2 og de fundne måleresultater i den første forsøgsserie, se Afsnit 2.3, er der truffet en række valg med hensyn til projektets mål og fremgangsmåde for udvikling af alternativer til brug af SF₆ i lydisolierende vinduer i projektets anden del.

For det første er det valgt helt at se bort fra termorudernes lydisolations målt alene; der fokuseres således på de samlede vindueskonstruktioners lydisolations. Som vinduestyper benyttes de allerede udpegede typiske vindueskonstruktioner af træ og af aluminium, og for ruderne tages der udgangspunkt i de afprøvede typer 6-16-4 og 6-20-4/1.5/4. Kravene til lydisolations skal tilgodeses både for vejtrafikstøj og togstøj, hvorimod R_w -værdien ikke vil være en afgørende parameter.

Mål for udviklingen af alternativer til SF₆ er således, at der med de mindste mulige ændringer af rudekonstruktionerne kan opnås de samme eller højere værdier af $R_{A,tr}$ og $R_{A,tr,s,A5}$ i forhold til dem, der opnås med SF₆-fyldning i de oprindelige termorudetypen. Lydisolations gælder de samlede vindueskonstruktioner.

2.4.1 Almindelige vinduer – moderate krav til lydisolations

Projektets mål for udvikling af alternativer til SF₆ opsummeres her for almindelige vinduer med moderate krav til lydisolations.

Der tages udgangspunkt i et vindue af træ, der som type repræsenterer en stor del af det nuværende danske marked for boligvinduer, med en almindelig type af termolydrude (her valgt som 6-16-4) og en R_w -værdi for den samlede vindueskonstruktion på ca. 35-38 dB.

For denne type af vindueskonstruktion har den første forsøgsserie vist, at der ikke er nogen fordel ved at anvende SF₆, når det drejer sig om vejtrafikstøj ($R_{A,tr}$ -værdier). Derimod kan der være en effekt på op til ca. 1 dB ved at anvende SF₆, når der er tale om togstøj ($R_{A,tr,s,A5}$ -værdier).

Målet er således at finde alternativer til brug af SF₆, der netop modsvarer denne effekt på ca. 1 dB for vindueskonstruktioner med termolydruder, der anvendes ved lydisolering mod togstøj.

2.4.2 Specielle vinduer – høje krav til lydisolation

For udvikling af alternativer til SF_6 for specielle vinduer med høje krav til lydisolation er projektets mål lidt mere krævende.

Der er her taget udgangspunkt i de store facadepartier med rammer af metal, der anvendes i forbindelse med nybyggeri af kontorer mv. Med specielle rudeopbygninger stræbes der her ofte efter en R_w -værdi for den samlede vindueskonstruktion på over 40 dB.

For denne type af vindueskonstruktion har den første forsøgsserie med en vinduesramme af aluminium og en rudetype 6-20-4/1.5/4 med et støbelaminat vist, at der, både når det drejer sig om vejtrafikstøj ($R_{A, tr}$ -værdier), og når der er tale om togstøj ($R_{A, tr, s, A5}$ -værdier), kan være en effekt på omkring 2 dB ved at anvende SF_6 .

Målet er således for denne specielle type af vinduer med høje krav til lydisolation at finde alternativer til brug af SF_6 , der netop modsvarer denne effekt på omkring 2 dB ved lydisolering mod henholdsvis vejtrafikstøj og togstøj.

3 Analyse og test af alternativer til brug af SF₆ i lydisolierende vinduer

3.1 Vurdering af mulige alternativer

I afsnit 2.4 er målene for lydisoleringen ved substitution af SF₆ i termoruder i lydisolierende vinduer opsummeret. For at nå disse mål er der i projektet foretaget en analyse og test af alternativer til anvendelse af SF₆ i termoruder.

Det er valgt udelukkende at analysere mulighederne for at ændre på termorudernes opbygning, idet der tages udgangspunkt i at anvende de tidligere i projektet udvalgte vinduestyper som repræsentative for det danske marked.

Generelt kan det dog ikke udelukkes, at der også ved ændringer af vinduestyper, herunder ved ændringer af vinduernes karm-/rammeudformning og -materiale eller antal, funktion og placering af tætningslister vil kunne opnås forbedringer af lydisoleringen, der kan kompensere for, at der ikke anvendes SF₆-fyldning i termoruderne. Vedrørende effekten af sådanne ændringer kan bl.a. henvises til [3].

Ved optimering af en 2-lags termorudes lydisolering er der, f.eks. i [1], dokumentation for, at følgende virkemidler giver en forbedring af en traditionel symmetrisk termorudes lydisolering: Asymmetri med hensyn til rudetykkelser, SF₆-fyldning af hulrum over 12 mm, laminering af det ene glas.

I de i dette projekt valgte rudetyper er disse midler allerede mere eller mindre taget i anvendelse, og det er derfor nødvendigt med en vurdering af andre virkemidler eller kombinationer heraf som alternativ til brug af SF₆.

I det følgende vurderes en række muligheder for at opnå en forbedring af lydisoleringen $R_{A,lr}$ eller $R_{A,lr,s,A5}$ for de i projektets første fase afprøvede ruder uden SF₆-fyldning. Mulighederne vil kunne anvendes hver for sig eller i indbyrdes kombination. Vurderingen af mulighederne er foretaget i samarbejde med Teknologisk Institut, Byggekomponenter.

- Som gasfyldning i rudens hulrum anses Argon og Krypton p.t. for de eneste realistiske alternativer til SF₆ og atmosfærisk luft. Argon forventes ikke at kunne bidrage til en forøgelse af lydisoleringen, Krypton kan måske i særlige tilfælde forbedre lydisoleringen. Valg af gasarter afhænger bl.a. af hulrumstykkelser og krav til varmeisolering.
- Det at ændre det traditionelle afstandsprofil i ruden til et mindre stift materiale eller en mindre stiv konstruktion kan måske også øge lydisoleringen.
- En væsentlig forøgelse af glasafstanden er en mulighed, der vil kunne forbedre lydisoleringen. Muligheden begrænses dog af ønsket om moderate hulrumstykkelser af hensyn til varmeisolering og af hensyn til glasfalsbredder i mange vinduestyper.

- En vægtforøgelse for rudens glaslag kan give problemer med hensyn til montage (arbejds miljø) og vindueskonstruktionens, herunder beslagenes bæreevne, men vil i mange tilfælde kunne forøge lydisoleringen.
- I stedet for at anvende et såkaldt sikkerhedslaminat vil der ved at ændre laminatet til et lydlaminat kunne opnås forbedringer af lydisoleringen.
- Kan der evt. benyttes to laminater (lydlaminater) i stedet for ét vil der kunne forventes yderligere forbedringer.
- Indbygning af en form for profilabsorbent, der kan virke som lydabsorbent ved randen af rudens hulrum kan forventes at forøge lydisoleringen. Forsøg med en slags resonator indbygget i den yderste del af hulrummet, se [7], har vist lovende resultater, men har ikke været færdigudviklet til forsøgene i det foreliggende projekt.
- Virkemidler som vakuum i rudens hulrum, anvendelse af en form for gel (som i glas til brandbeskyttende konstruktioner) eller opdeling af rudens hulrum med tynd folie eller plade (mindre vægt end en 3-lags termorude) har været drøftet som muligheder for at forbedre lydisoleringen, men anset for virkningsløse eller problematiske af andre konstruktions- eller varmeisoleringsmæssige årsager.

I de følgende afsnit konkretiseres principperne for mulige ændringer af ruder typerne til projektets anden forsøgsserie. Denne analyse har således ligget til grund for de senere valgte måleprogrammer.

3.1.1 Almindelige vinduer – moderate krav til lydisolering

For almindelige vinduer med moderate krav til lydisolering er der taget udgangspunkt i at forbedre en 6-16-4 rude i et vindue af træ. For denne rude-/vinduetype er der alene behov for at opnå en forbedring af lydisoleringen mod togstøj. Ændringerne af rudekonstruktionen skal modsvare en ændring på ca. 1 dB i $R_{A,ir,s,A5}$ -værdien for den samlede vindueskonstruktion.

Fyldning med Argon forventes stort set at give samme lydisolering som atmosfærisk luft, men medtages alligevel her for at vise forskellen mellem SF₆- og Argon-fyldning.

Alternativ gasfyldning med Krypton bør ligesom ændring af rudens afstandsprofiler afprøves som mulige løsninger.

Da det vurderes, at der helst ikke må ske en forøgelse af rudens totaltykkelse på 26 mm, og hvis dette alligevel er nødvendigt så maksimalt med 2 mm, er der ikke fundet anledning til at afprøve en forøgelse af rudens hulrum alene. En forøgelse fra 16 mm til 18 mm vil næppe kunne opfylde de stillede krav til lydisoleringen.

En vægtforøgelse med ca. 5 kg/m² fra ca. 25 kg/m² til ca. 30 kg/m² vurderes at kunne accepteres. Dette kan f.eks. opnås ved at udskifte 6 mm glasset med et 8 mm glas. For at holde totaltykkelsen kan hulrumsdybden evt. reduceres tilsvarende.

En anden mulighed vil være at erstatte 6 mm glasset med et lamineret glas. Ét eller to lag almindeligt sikkerhedslaminat vurderes ikke at være tilstrækkeligt, derimod flere lag eller specielle lydlaminate.

De to ovennævnte muligheder kan også kombineres med hensyn til vægtforøgelse og laminate.

3.1.2 Specielle vinduer – høje krav til lydisolations

De specielle vinduer med høje krav til lydisolations repræsenteres af en 6-20-4/1.5/4 rude i en ikke-oplukkelig vindueskonstruktion af aluminium. Målet for de følgende muligheder for ændringer af rudekonstruktionen har været at opnå en forbedring af lydisolations i form af $R_{A,Tr}$ - og $R_{A,Tr,s,A5}$ -værdierne for den samlede vindueskonstruktion på ca. 2 dB.

Gasfyldningerne Argon og Krypton bør afprøves, selv om de ikke umiddelbart forventes at kunne anvendes som mulige løsninger.

For de specielle vinduer er der ikke de samme bindinger med hensyn til rudens totaltykkelse som for almindelige vinduer af træ, jf. Afsnit 3.1.1. Det vurderes således, at rudetykkelser op til ca. 45 mm kan accepteres.

En forøgelse af glasafstanden på 10 mm vurderes at være minimum for at opnå den ønskede effekt. Så selv om en hulrumdybde på 30 mm næppe er acceptabel med hensyn til varmeisolering og formodentlig af samme årsag ikke findes som et standard afstandsprøfil, bør ruder med denne glasafstand afprøves. En mindre forøgelse svarende til de glasafstande, der anvendes i forbindelse med termoruder med indbygget persienne, vurderes således i sig selv at være utilstrækkelig.

En vægtforøgelse med ca. 5 kg/m² fra ca. 35 kg/m² til ca. 40 kg/m² vurderes at kunne accepteres. Dette kan f.eks. opnås ved at udskifte 6 mm glasset med et 8 mm glas. Løsninger med 10 kg/m² ekstra bør også medtages.

Afprøvninger af alternative laminate til det oprindelige støbelaminat er også en mulighed. Ruder med to laminate må dog forventes at kunne give en større forbedring.

Kombinationer af de ovennævnte muligheder med hensyn til glasafstand, vægt og laminate kan også indgå.

En eventuel opdeling af store hulrum, så der bliver tale om en egentlig 3-lags rude, kan vise sig interessant for at tilgodese både varmeisolering og lydforhold, men det er valgt ikke at lade 3-lags ruder indgå som løsninger generelt.

3.2 Anden forsøgsserie – alternativer til brug af SF₆

Formålet med anden forsøgsserie er at teste, om en række mulige alternativer til brug af SF₆-fyldning kan opfylde de i Afsnit 2.4 opstillede mål for lydisolations.

Det er valgt udelukkende at fokusere på ændringer af termoruderne, jf. de i Afsnit 3.1 opstillede principper, herunder de gengivne vurderinger med hensyn til begrænsninger af rudetykkelse (glasfalsbredde), vægt af ruder mv.

Vedrørende målemetode mv. henvises til beskrivelsen i Afsnit 2.3.2 for første forsøgsserie.

3.2.1 Vindues- og rudetyper

I anden forsøgsserie benyttes, som det er valgt i forbindelse med fastlæggelse af målene for udvikling af alternativer til brug af SF₆, jf. Afsnit 2.4, de samme vinduestyper som i første forsøgsserie.

Målingerne på vinduet af træ suppleres også i denne forsøgsserie med målinger, hvor karm-/rammefugen og bundglaslisten er tætnet med tape. Herved kan også virkningerne af rudeændringerne i en lydæssigt mere optimal vindueskonstruktion blive belyst, jf. Afsnit 2.3.1.

Der tages, som omtalt i Afsnit 3.1, udgangspunkt i to af de tidligere afprøvede rudetyper: 6-16-4 og 6-20-4/1.5/4.

I forhold til disse rudetyper har det primære mål været med de mindste mulige ændringer af ruderne – for de samlede vindueskonstruktioner – at opnå de samme eller højere værdier af $R_{A, tr}$ og $R_{A, tr, s, A5}$, som der fås ved SF₆-fyldning.

Alle måleresultaterne er således i det følgende sammenlignet med de ved SF₆-fyldning af de to rudetyper opnåede resultater for lydisolationen mod vejtrafikstøj og togstøj.

De udvalgte mulige alternative rudetyper fremgår af måleprogrammerne i Afsnit 3.2.2 og 3.2.5.

Alle ruder er som udgangspunkt i denne projektfase valgt med Argon-fyldning i hulrummet. Dette anses for at være den p.t. foretrukne fyldning som følge af kravene til termoruders varmeisolering.

3.2.2 Måleprogram – vindue af træ

Måleprogrammet i Tabel 3.1 omfatter en række mulige ændringer af 6-16-4 ruden monteret i et vindue af træ. Målingerne blev gennemført i sommeren og efteråret 2001. Alle ruder blev leveret og testet med Argon-fyldning. I én rude blev fyldningen efterfølgende erstattet med Krypton.

Ændring af rudekonstruktion	Rudetype [mm]	Vægt [kg/m ²]	Tykkelse [mm]
Gasfyldning	6-16-4	25	26
	6-16-4 Krypton	25	26
Afstandsprofil	6-16-4 TPS	25	26
Vægtforøgelse	8-14-4	30	26
Laminat	33.4-16-4	25	26
	33.1-16-4 (sg)	25	26
Laminat + vægtforøgelse	33.1-16-6 (sg)	30	28
	4/1.5/4-16-4	30	29

Tabel 3.1
Måleprogram for mulige forbedringer af 6-16-4 rude i vindue af træ. Hvor intet andet er anført, er gasfyldningen Argon.

Som gasfyldninger er valgt Argon og Krypton. Som eksempel på et mindre stift afstandsprofil er der afprøvet et TPS butylprofil.

Vægtforøgelsen er afprøvet ved at erstatte 6 mm glasset med et 8 mm glas og samtidigt reducere glasafstanden for at holde rudens totaltykkelse.

Som laminater er der valgt fire lag almindeligt sikkerhedsfolie eller ét lag lyd-folie.

Kombinationen af laminat og vægtforøgelse er afprøvet med lydaminat og støbelaminat og med forøgelsen af glastykkelsen på henholdsvis det massive glas og laminatet. Disse ruder er dog 2-3 mm tykkere end den oprindelige konstruktion.

Ud over det i Tabel 3.1 opstillede måleprogram omfattede forsøgsserien kontrolmålinger med Argon og med SF₆ af en 6-16-4 rude af et andet fabrikat end den i første forsøgsserie anvendte rude. Denne rude blev målt i vinduet af træ med henblik på at sikre, at slitage af måleobjektet, genmontage og valg af leverandør ikke havde væsentlig indflydelse på projektets resultater.

3.2.3 Måleresultater – vindue af træ

I Tabel 3.2 er måleresultaterne for det i Tabel 3.1 viste måleprogram for ruder monteret i vindue af træ gengivet. Medtaget i tabellen er heltalsværdier og værdier med én decimal af R_w , $R_{A,tr}$ og $R_{A,tr,s,A5}$. Herudover er den fundne effekt (forskellen mellem enkelttalsværdierne) af de testede ændringer i forhold til resultatet fra første forsøgsserie for vinduet med den oprindelige rudetype med SF₆-fyldning gengivet. En negativ effekt betyder, at den testede ændring af rudeopbygningen giver en dårligere enkelttalsværdi end den oprindelige rude med SF₆, mens en positiv effekt indikerer, at det med denne ændring er muligt at opnå de samme eller bedre resultater end med SF₆-fyldning.

Rudetype	R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]	Effekt i forhold til 6-16-4 med SF ₆		
				R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]
6-16-4 SF ₆	36 / 36,2	30 / 30,1	36 / 36,3			
6-16-4	35 / 35,2	31 / 30,7	35 / 34,9	-1 / -1,0	1 / 0,6	-1 / -1,4
6-16-4 Krypton	35 / 35,5	31 / 30,5	36 / 35,6	-1 / -0,7	1 / 0,4	0 / -0,7
6-16-4 TPS	35 / 35,7	30 / 30,3	35 / 35,1	-1 / -0,5	0 / 0,2	-1 / -1,2
8-14-4	35 / 35,7	31 / 30,7	35 / 35,4	-1 / -0,5	1 / 0,6	-1 / -0,9
33.4-16-4	37 / 37,4	32 / 32,1	37 / 36,8	1 / 1,2	2 / 2,0	1 / 0,5
33.1-16-4 (sg)	37 / 37,4	32 / 31,9	37 / 36,9	1 / 1,2	2 / 1,8	1 / 0,6
33.1-16-6 (sg)	38 / 38,2	33 / 33,4	37 / 37,3	2 / 2,0	3 / 3,3	1 / 1,0
4/1.5/4-16-4	38 / 38,1	33 / 32,7	37 / 37,4	2 / 1,9	3 / 2,6	1 / 1,1

Tabel 3.2
Måleresultater for ruder i vindue af træ. Hvor intet andet er anført, er gasfyldningen Argon.

Måleresultaterne for den tætningsmæssigt forbedrede vindueskonstruktion af træ er vist i Tabel 3.3. Det fremgår, at R_w - og $R_{A,tr,s,A5}$ -heltalsværdierne for vinduet tætnet med tape er 1-4 dB højere end for vinduet uden tape. $R_{A,tr}$ -værdierne, hvor de lave frekvenser har større indflydelse, er tilsvarende kun 0-2 dB højere. Den fundne effekt af de forskellige rudeændringer i forhold til den SF₆-fyldte rude udviser de samme tendenser i vinduet af træ med tape-tætning som uden.

Rudetype	R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]	Effekt i forhold til 6-16-4 med SF ₆		
				R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]
6-16-4 SF ₆	38 / 38,0	31 / 30,6	38 / 38,0			
6-16-4	36 / 36,5	31 / 31,0	36 / 36,1	-2 / -1,5	0 / 0,4	-2 / -1,9
6-16-4 Krypton	36 / 36,8	31 / 30,7	37 / 36,9	-2 / -1,2	0 / 0,1	-1 / -1,1
6-16-4 TPS	37 / 37,4	31 / 30,9	37 / 36,5	-1 / -0,6	0 / 0,3	-1 / -1,5
8-14-4	37 / 37,6	31 / 31,3	37 / 37,3	-1 / -0,4	0 / 0,7	-1 / -0,7
33.4-16-4	39 / 39,7	33 / 32,9	39 / 39,2	1 / 1,7	2 / 2,3	1 / 1,2
33.1-16-4 (sg)	39 / 39,4	32 / 32,4	39 / 38,8	1 / 1,4	1 / 1,8	1 / 0,8
33.1-16-6 (sg)	41 / 41,6	35 / 34,6	41 / 40,7	3 / 3,6	4 / 4,0	3 / 2,7
4/1.5/4-16-4	40 / 40,5	33 / 33,3	40 / 40,0	2 / 2,5	2 / 2,7	2 / 2,0

Tabel 3.3
Måleresultater for ruder i vindue af træ med tape over karm-/rammefugen indvendigt og udvendigt samt over bundglaslisten. Hvor intet andet er anført, er gasfyldningen Argon.

Måleresultaterne pr. 1/3 oktav findes på kurvebladene i Bilag B.

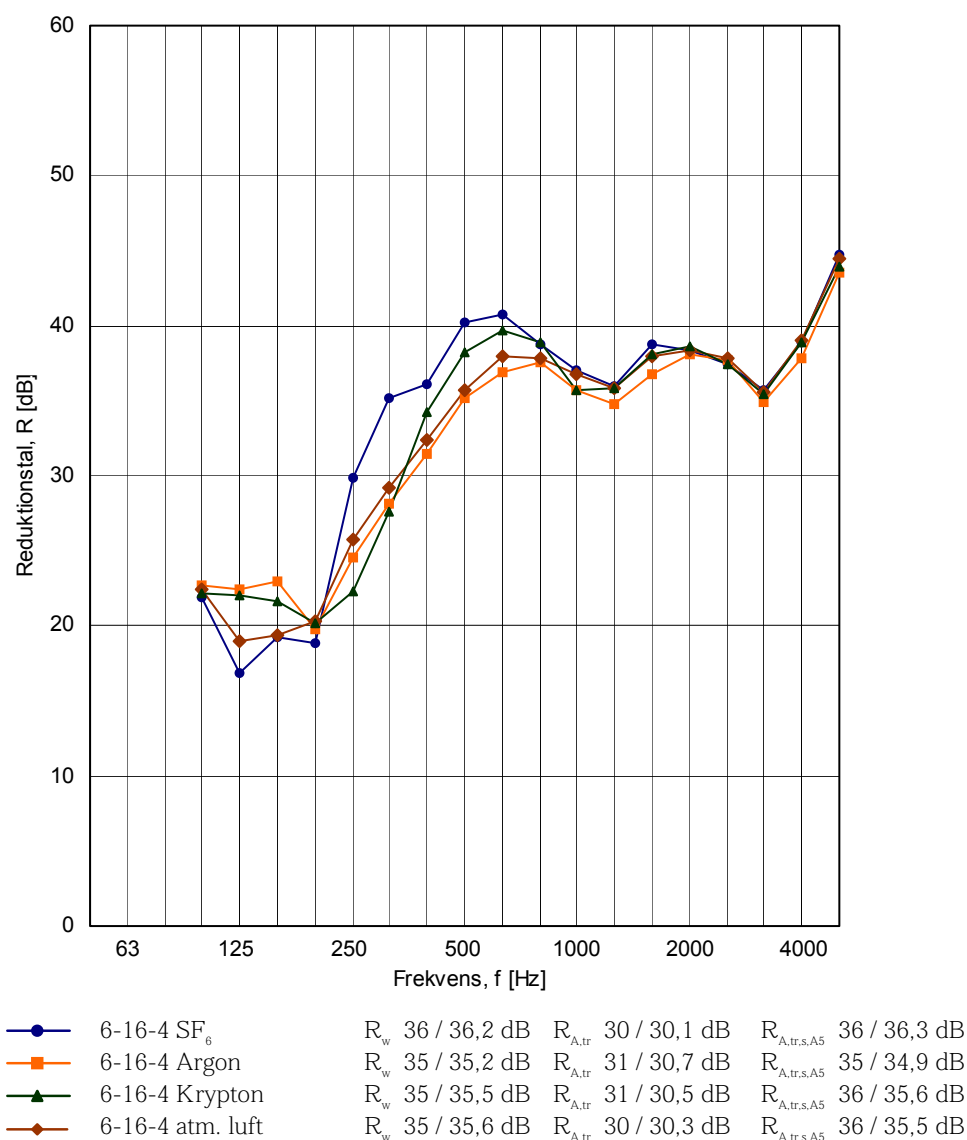
3.2.4 Vurdering af måleresultater – vindue af træ

Som det fremgår tidligere, jf. Afsnit 2.3.5, er der for denne vindues- og rude-type ikke nogen positiv effekt af SF₆-fyldning, når der er tale om vejtrafikstøj. Alle de testede alternativer giver således også højere R_{A,tr}-værdier end den oprindelige rude med SF₆.

Målsætningen er således for dette vindue koncentreret om at opnå samme lydisolations med hensyn til togstøj (R_{A,tr,s,A5}-værdier), som der fås med SF₆-fyldning.

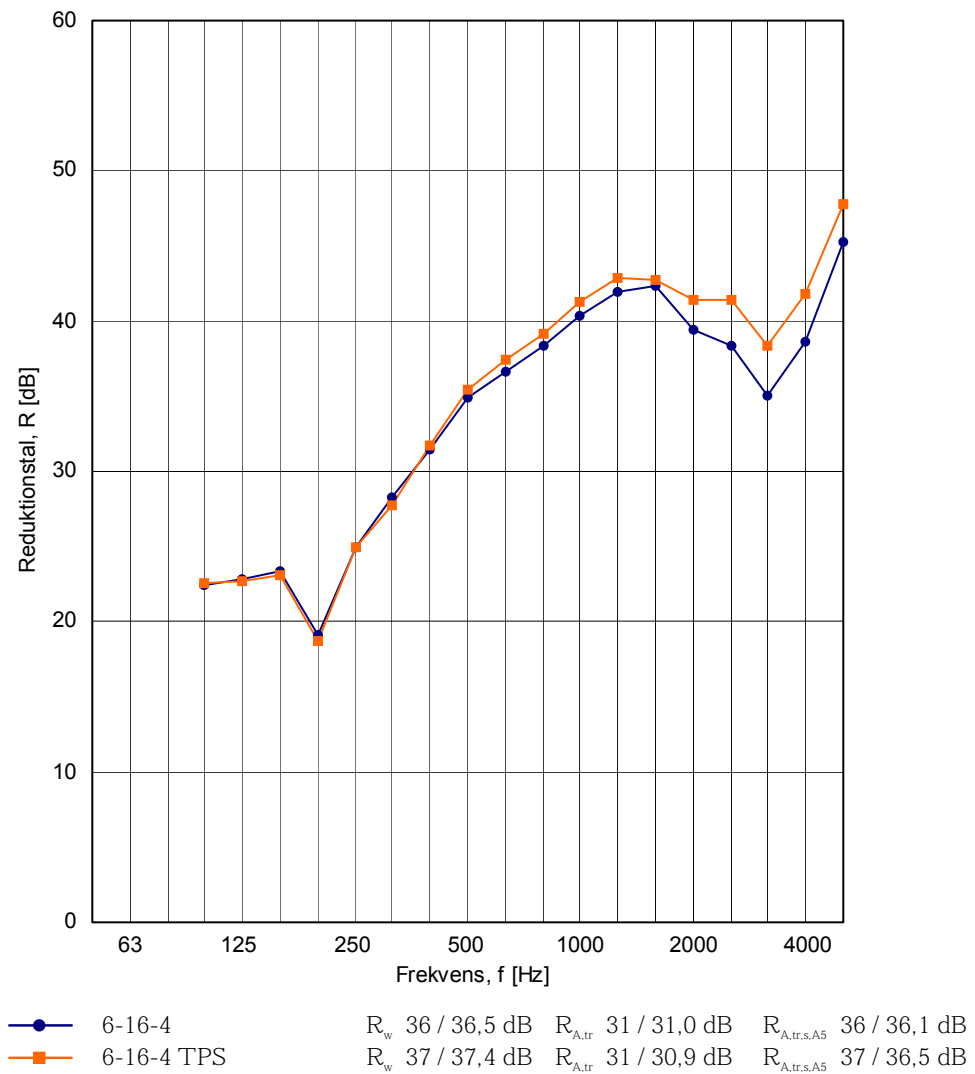
Resultaterne for vinduet af træ med tape udviser de samme tendenser som for vinduet uden tape, og i det følgende er måleresultaterne for de enkelte typer af rudeændringer, jf. Tabel 3.2 og 3.3 i Afsnit 3.2.3, vurderet under ét.

I Figur 3.1 er der vist en sammenligning af vinduet af træ målt med en 6-16-4 rude med forskellige gasfyldninger. Det ses, at resultaterne for atmosfærisk luft og Argon som forventet ligger meget tæt. Hverken atmosfærisk luft, Argon eller Krypton kan helt opfylde målsætningen for togstøj.



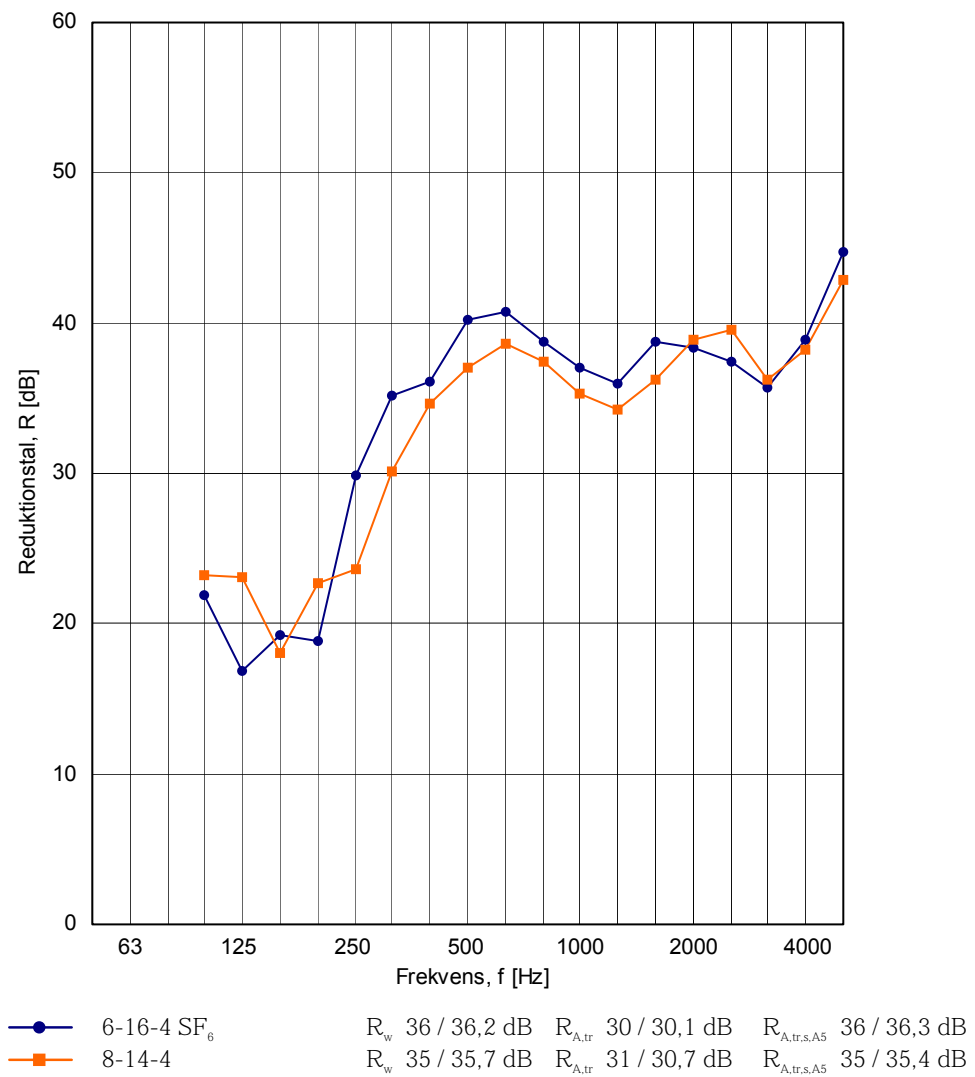
Figur 3.1
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af træ.

Anvendelsen af et alternativt afstandsprofil af TPS i ruden gav heller ikke tilstrækkelige forbedringer med hensyn til lydisolations mod togstøj. Figur 3.2 gengiver resultaterne fra vinduet tætnet med tape med henholdsvis traditionelt afstandsprofil af aluminium og afstandsprofil af TPS butylgummi. Det fremgår, at der er en tydelig effekt af det blødere afstandsprofil, men kun ved høje frekvenser og primært omkring glassenes koincidensfrekvenser.



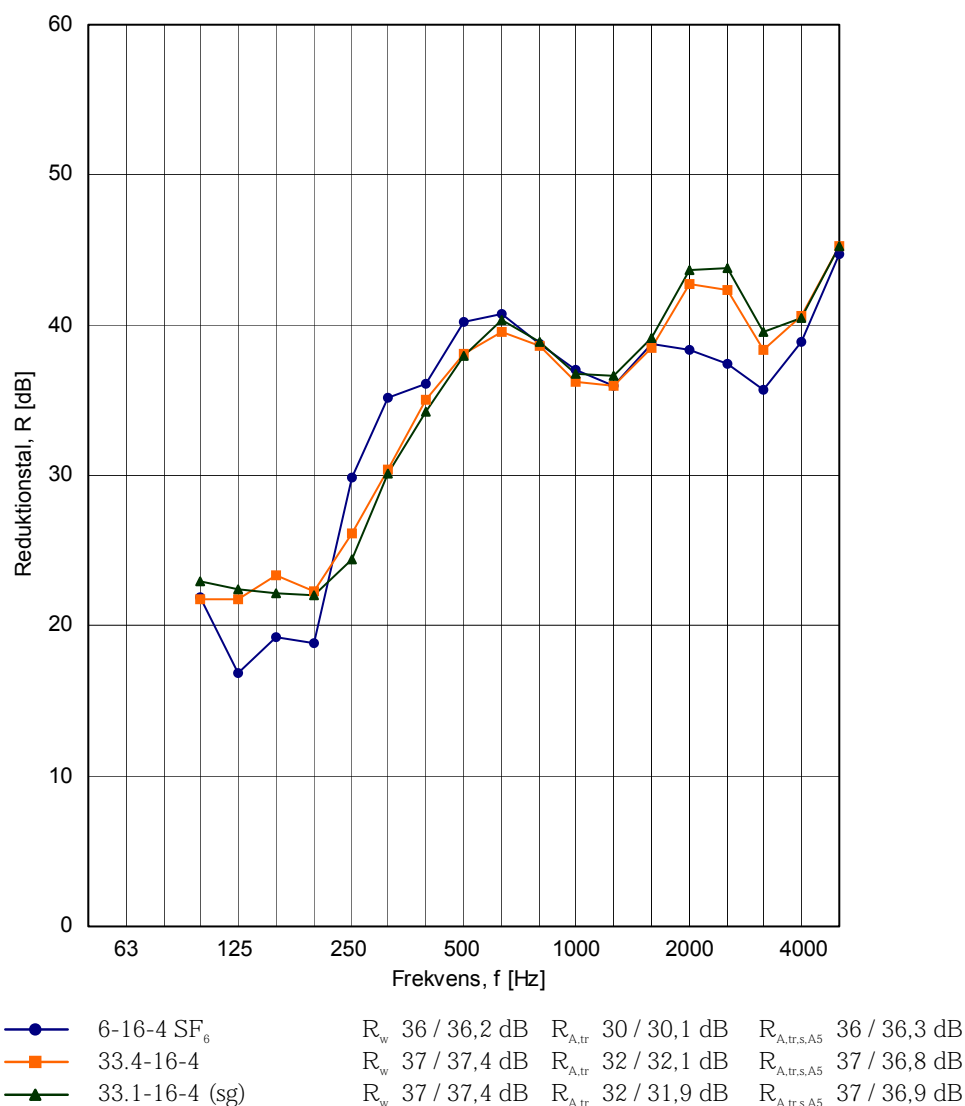
Figur 3.2
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af træ med tape.

Den lille vægtforøgelse på ca. 5 kg/m^2 ved at øge glastykkelsen med 2 mm med fastholdt totaltykkelse for ruden kan ikke leve op til værdierne for SF_6 -fyldning, når det drejer sig om togstøj. I Figur 3.3 er denne tungere rude sammenlignet med den SF_6 -fyldte rude.



Figur 3.3
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af træ.

Indførelse af et lamineret glas i stedet for 6 mm glasset giver en lille forbedring på ca. 1 dB med hensyn til lydisoleringen mod togstøj i forhold til vinduet med 6-16-4 ruden med SF₆. Lydisoleringen for de to testede rudetyper ligger således over målsætningen. Figur 3.4 og 3.5 viser for vinduet af træ og for vinduet tætnet med tape resultaterne for de to testede ruder med laminat og for ruden med SF₆. Det ses, at ruderne med laminat giver væsentligt højere lydisolering end SF₆-fyldningen ved lave frekvenser i rudens resonansområde, men også ved glassenes koincidencefrekvenser. Lydisoleringen for vejtrafikstøj er ca. 2 dB bedre end for ruden med SF₆. De to laminattyper indbyrdes giver stort set kun forskellige resultater omkring glassenes koincidencefrekvenser. Dette ses tydeligst for vinduet med tape (Figur 3.5).



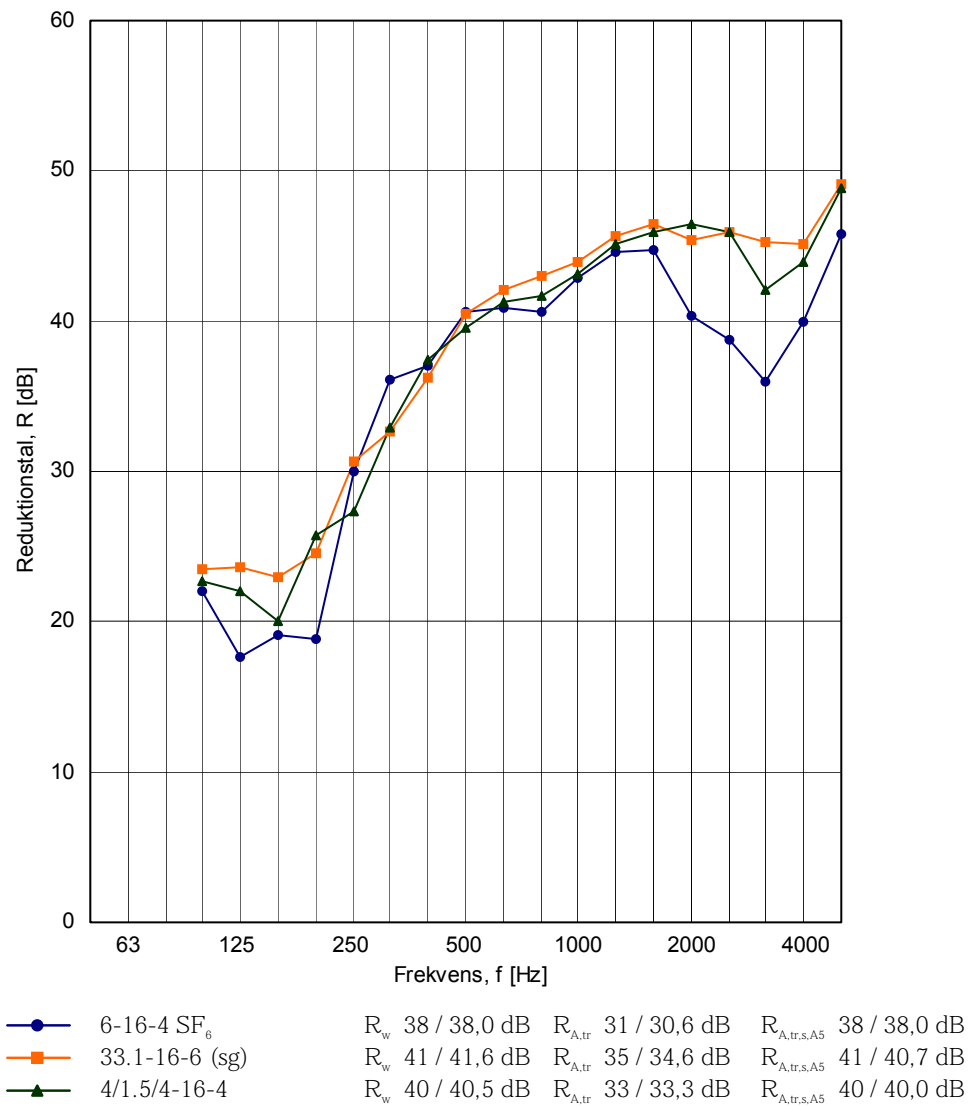
Figur 3.4
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af træ.



● 6-16-4 SF ₆	R_w 38 / 38,0 dB	$R_{A,tr}$ 31 / 30,6 dB	$R_{A,tr,s,A5}$ 38 / 38,0 dB
■ 33.4-16-4	R_w 39 / 39,7 dB	$R_{A,tr}$ 33 / 32,9 dB	$R_{A,tr,s,A5}$ 39 / 39,2 dB
▲ 33.1-16-4 (sg)	R_w 39 / 39,4 dB	$R_{A,tr}$ 32 / 32,4 dB	$R_{A,tr,s,A5}$ 39 / 38,8 dB

Figur 3.5
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af træ med tape.

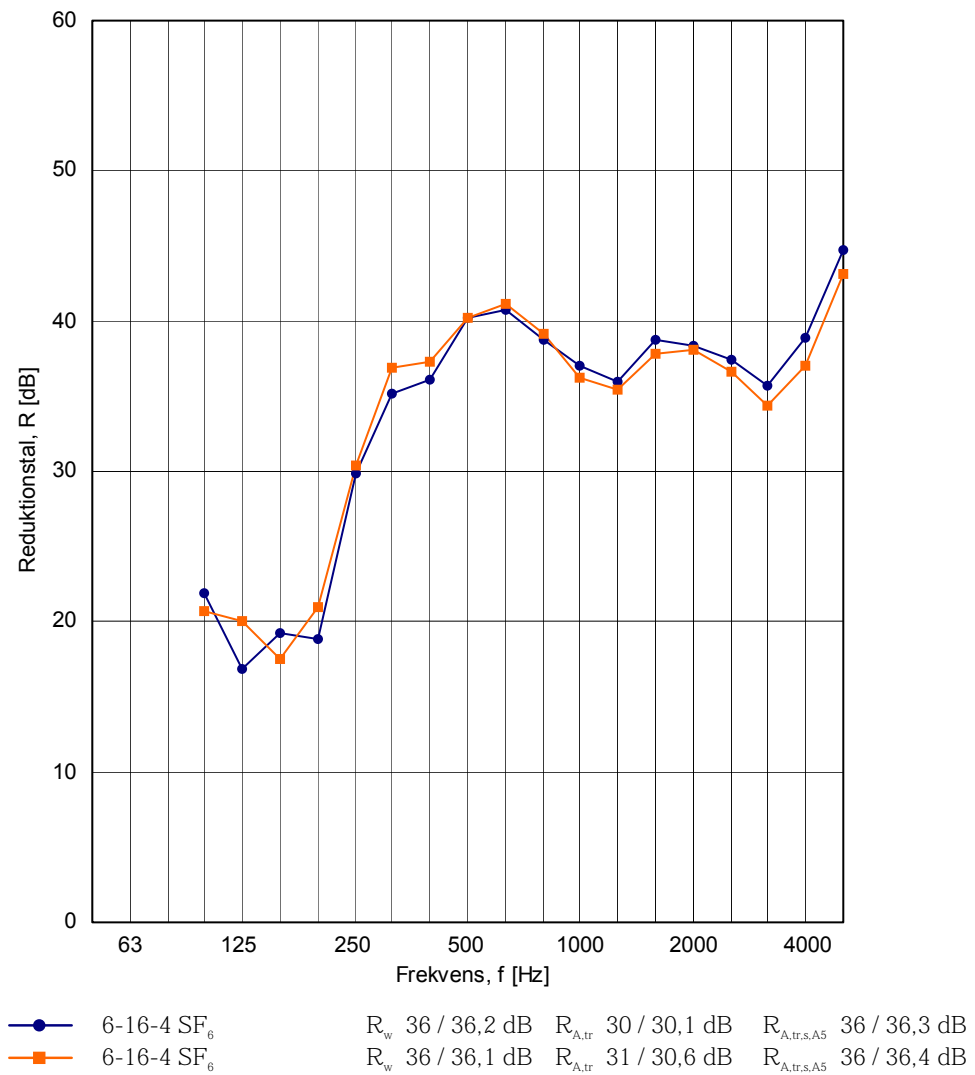
Ved kombineret brug af laminat og vægtforøgelse er der opnået væsentlige forbedringer i forhold til ruden med SF_6 , og disse rudetyper opfylder således målsætningen for lydisolationen med god margin, men repræsenterer ikke de mindste mulige ændringer af ruden, idet et laminat alene, jf. ovenfor, vil kunne opfylde kravet til lydisolationen. Specielt for det tætnede vindue opnås forskelle på 2-4 dB på alle enkelttalsværdier. Figur 3.6 viser en sammenligning af disse reduktionstalskurver.



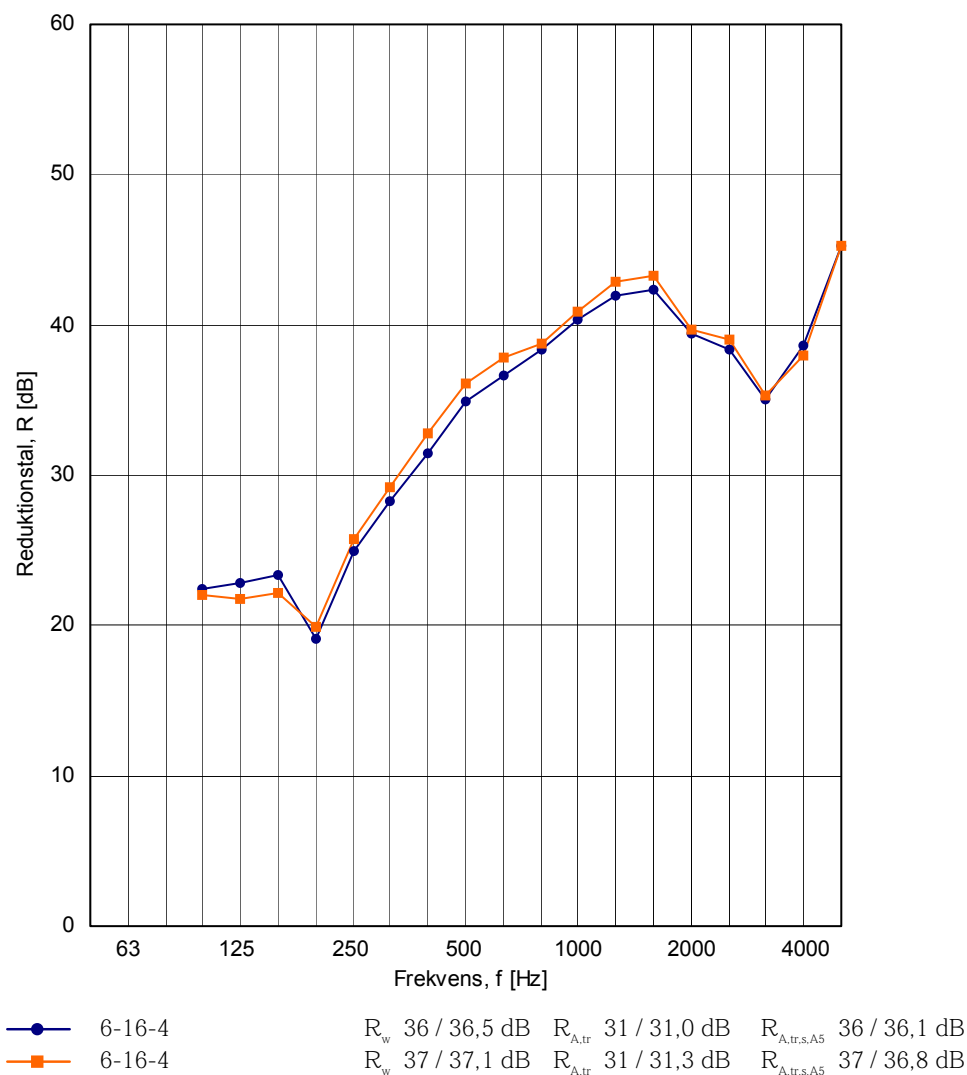
Figur 3.6
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af træ med tape.

Som omtalt ovenfor i Afsnit 3.2.2 blev der supplerende i denne måleserie udført et antal målinger til at illustrere betydningen af målemetode, valg af rudeleverandør mv.

I Figur 3.7 vises resultaterne for rudetype 6-16-4 SF₆ i vindue af træ for to forskellige rundefabrikater. Tilsvarende illustrerer Figur 3.8 forskellen mellem rundefabrikater for rudetypen 6-16-4 med Argon i vinduet med tape.



Figur 3.7
 Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder af forskellige fabrikater målt i vindue af træ.



Figur 3.8
 Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder af forskellige fabrikater målt i vindue af træ med tape.

Figureerne viser som forventeligt for denne type målinger ikke sammenfaldende kurver for de to rundefabrikater, men principielt dog ens kurveforløb og enkelttalsværdier, der kun afviger op til 1 dB. De største forskelle forekommer i rudens resonansområde. Det skal bemærkes, at afvigelserne ikke kun skyldes selve ruderne, men også kan skyldes forskelle ved montering, måleubestemt-hed mv.

3.2.5 Måleprogram – vindue af aluminium

Måleprogrammet for de udvalgte mulige ændringer af 6-20-4/1.5/4 ruden monteret i et ikke-oplukkeligt vindue af aluminium fremgår af Tabel 3.4. Målingerne blev gennemført i sommeren og efteråret 2001. Alle ruder blev leveret og testet med Argon-fyldning. I en rude blev fyldningen efterfølgende erstattet med Krypton. Glasafstandene på 30 mm er opnået ved sammensætning af to afstandsprofiler.

Ændring af rudekonstruktion	Rudetype [mm]	Vægt [kg/m ²]	Tykkelse [mm]
Gasfyldning	6-20-4/1.5/4	35	35
	6-20-4/1.5/4 Krypton	35	35
Ændret laminat	6-20-44.1 (sg)	35	34
	6-20-44.2 (pi)	35	34
	6-20-44.2 (sg)	35	34
Glasafstand	6-30-44.1 (sg)	35	44
Vægtforøgelse	8-20-44.1 (sg)	40	36
	8-20-44.2 (pi)	40	36
	6-20-66.2 (pi)	45	38
To laminater	33.1-20-44.1 (sg)	35	34
To laminater + glasafstand	33.1-30-44.1 (sg)	35	44
To laminater + vægtforøgelse	4/1.5/4-20-4/1.5/4	40	38
To laminater + 3-lags konstruktion	33.1-20-4-6-33.1 (sg)	40	42

Tabel 3.4

Måleprogram for mulige forbedringer af 6-20-4/1.5/4 rude i vindue af aluminium. Hvor intet andet er anført, er gasfyldningen Argon.

Argon og Krypton er valgt som gasfyldninger.

I de testede ændrede laminattyper indgår ét eller to lag lydfolie af forskellige fabrikater. Herved er det også muligt at vurdere forskelle med hensyn til antal og fabrikat.

Som alternativ glasafstand er valgt 30 mm, selv om dette profil ikke kunne leveres, men måtte sammenstykkedes af to profiler.

Vægtforøgelsen er afprøvet både ved at erstatte 6 mm glasset med et 8 mm glas og ved at benytte et 12 mm lydaminat.

Kombinationen af to laminater er afprøvet med uændret vægt og totaltykkelse, med uændret vægt og forøget totaltykkelse og med forøget vægt og totaltykkelse. Her indgår enten lydaminater eller støbelaminater.

Endelig omfatter måleprogrammet en 3-lags rude, hvor det er muligt at opnå en stor totaltykkelse uden et – af hensyn til varmeisolering – for stort hulrum i ruden.

Ud over det gengivne måleprogram omfattede forsøgsserien en gentagelse af målingen af 6-20-4/1.5/4 ruden med SF₆-fyldning fra første forsøgsserie. Denne måling er i det følgende brugt som sammenligningsgrundlag for de ændrede rudekonstruktioner.

Yderligere er der gennemført en måling med supplerende tape over glasfugen med henblik på kontrol af vinduets tæthed.

3.2.6 Måleresultater – vindue af aluminium

I Tabel 3.5 er måleresultaterne for de gennemførte målinger i anden forsøgsserie for ruder monteret i vindue af aluminium gengivet. I tabellen er hel-

talsværdier og værdier med én decimal af R_w , $R_{A,tr}$ og $R_{A,tr,s,A5}$ gengivet. Herudover er den fundne effekt (forskellen mellem enkelttalsværdierne) af de testede ændringer i forhold til resultatet for vinduet med 6-20-4/1.5/4 rudetype med SF₆-fyldning anført.

Rudetype	R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]	Effekt i forhold til 6-20-4/1.5/4 rude med SF ₆		
				R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]
6-20-4/1.5/4 SF ₆	41 / 41,6	35 / 34,8	42 / 41,5			
6-20-4/1.5/4	39 / 39,7	33 / 32,8	39 / 39,4	-2 / -1,9	-2 / -2,0	-3 / -2,1
6-20-4/1.5/4 Krypton	40 / 40,7	34 / 34,1	41 / 40,7	-1 / -0,9	-1 / -0,7	-1 / -0,8
6-20-44.1 (sg)	39 / 39,9	33 / 33,1	40 / 39,5	-2 / -1,7	-2 / -1,7	-2 / -2,0
6-20-44.2 (pi)	39 / 39,6	33 / 33,0	39 / 39,3	-2 / -2,0	-2 / -1,8	-3 / -2,2
6-20-44.2 (sg)	39 / 39,9	33 / 33,1	40 / 39,6	-2 / -1,7	-2 / -1,7	-2 / -1,9
6-30-44.1 (sg)	40 / 40,7	33 / 33,1	40 / 40,1	-1 / -0,9	-2 / -1,7	-2 / -1,4
8-20-44.1 (sg)	41 / 41,2	35 / 35,4	41 / 40,7	0 / -0,4	0 / 0,6	-1 / -0,8
8-20-44.2 (pi)	40 / 40,9	35 / 35,0	40 / 40,4	-1 / -0,7	0 / 0,2	-2 / -1,1
6-20-66.2 (pi)	40 / 40,5	35 / 35,3	40 / 40,2	-1 / -1,1	0 / 0,5	-2 / -1,3
33.1-20-44.1 (sg)	41 / 41,5	35 / 35,1	41 / 40,9	0 / -0,1	0 / 0,3	-1 / -0,6
33.1-30-44.1 (sg)	42 / 42,9	35 / 35,4	42 / 42,2	1 / 1,3	0 / 0,6	0 / 0,7
4/1.5/4-20-4/1.5/4	42 / 42,9	38 / 37,8	42 / 42,2	1 / 1,3	3 / 3,0	0 / 0,7
33.1-20-4-6-33.1 (sg)	42 / 42,2	35 / 35,1	42 / 41,5	1 / 0,6	0 / 0,3	0 / 0,0

Tabel 3.5
Måleresultater for ruder i vindue af aluminium. Hvor intet andet er anført, er gasfyldningen Argon.

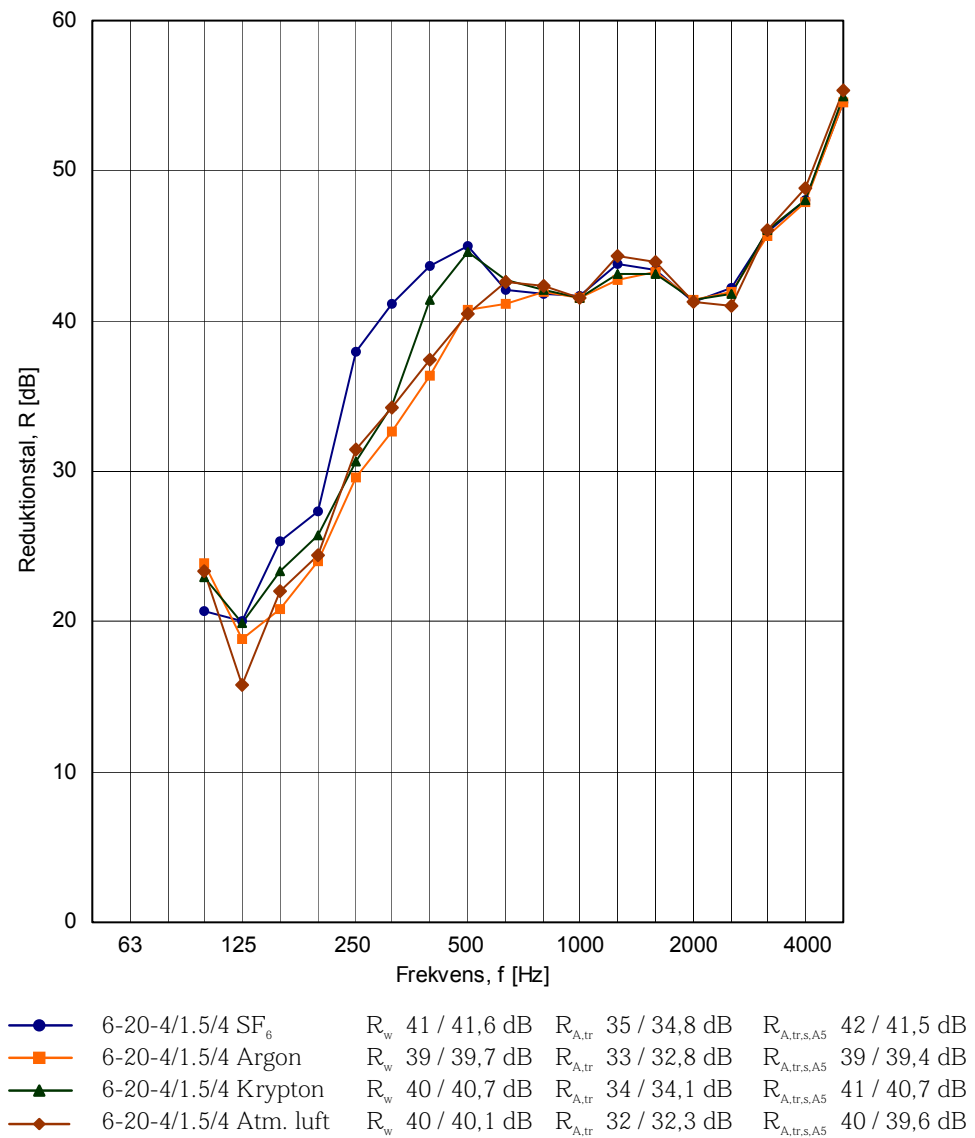
I Bilag C er måleresultaterne gengivet som reduktionstal pr. 1/3 oktav.

3.2.7 Vurdering af måleresultater – vindue af aluminium

Målsætningen er at opnå samme lydisolationsniveau med hensyn til vejtrafikstøj ($R_{A,tr}$ -værdier) og togstøj ($R_{A,tr,s,A5}$ -værdier), som der fås med SF₆-fyldning af den oprindelige rudetype. I forhold til en rude fyldt med atmosfærisk luft skal lydisolationsniveauet forbedres med ca. 2 dB for begge typer af støjklæder.

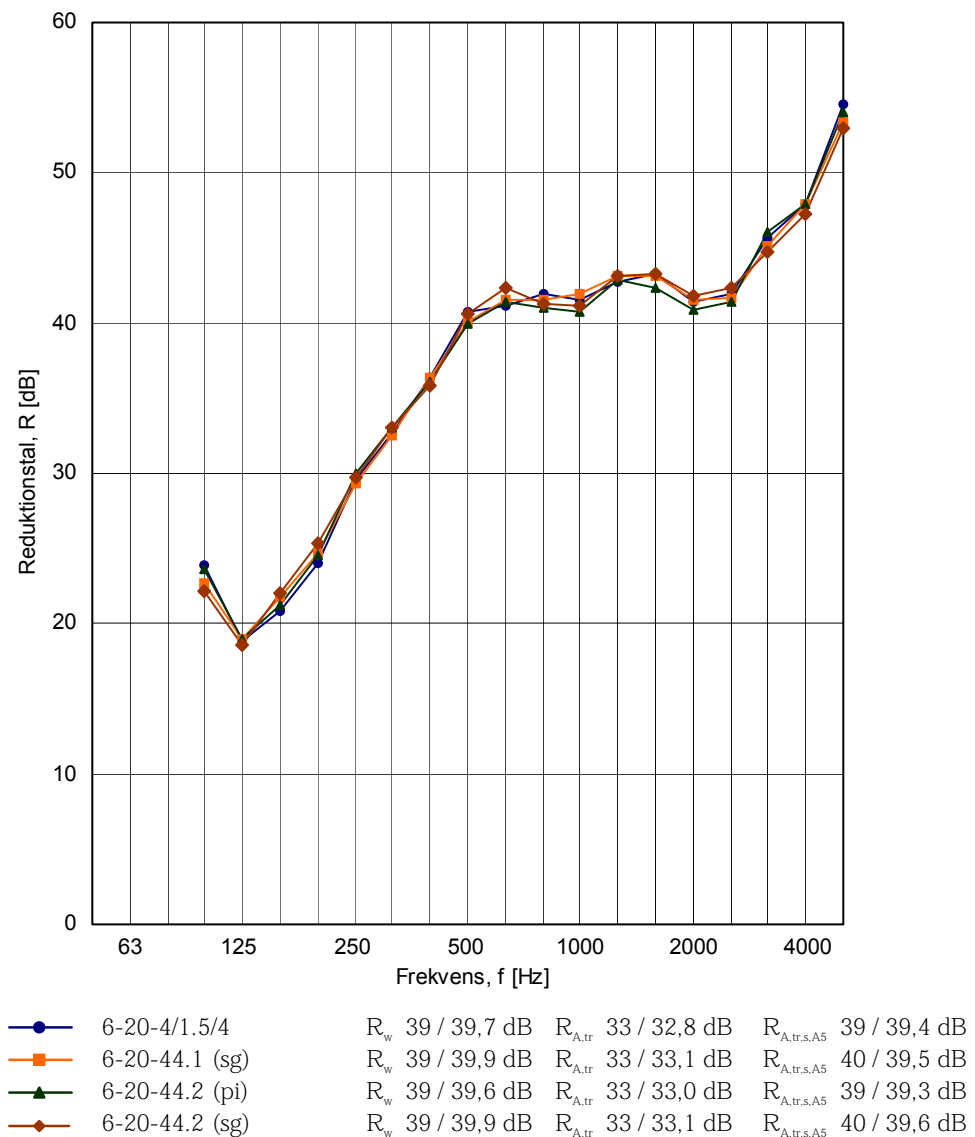
Måleresultaterne for de enkelte typer af rudeændringer, jf. Tabel 3.5 i Afsnit 3.2.6, er i det følgende vurderet og illustreret gennem sammenligninger af reduktionstalskurver.

Resultaterne for de testede gasfyldninger (Argon og Krypton) er som forventet ikke tilstrækkelige til at opfylde målsætningen hverken for vejtrafikstøj eller for togstøj. Med Krypton opnås ca. 1 dB højere værdier end med Argon. I Figur 3.9 er der vist en sammenligning af vinduet af aluminium målt med en 6-20-4/1.5/4 rude med fire forskellige gasfyldninger. Det fremgår også heraf, at værdierne for Argon og atmosfærisk luft ligger meget tæt.



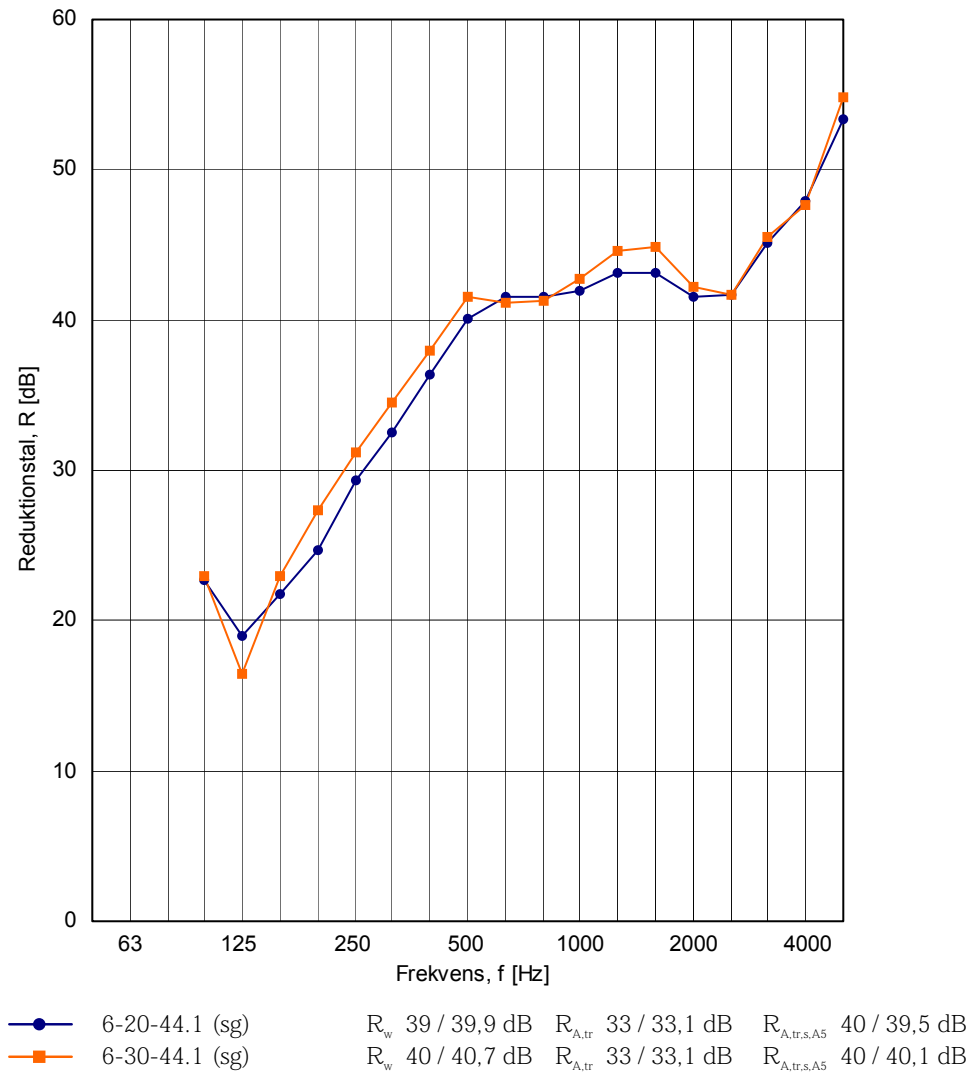
Figur 3.9
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af aluminium.

Ændring af typen af laminat er illustreret i Figur 3.10. De fire testede lamina-
ter (støbelaminat eller et til to lag lydfolie) giver stort set samme resultater, og
det at ændre laminatet er således ikke tilstrækkeligt til at nå de stillede mål for
lydisolationen.



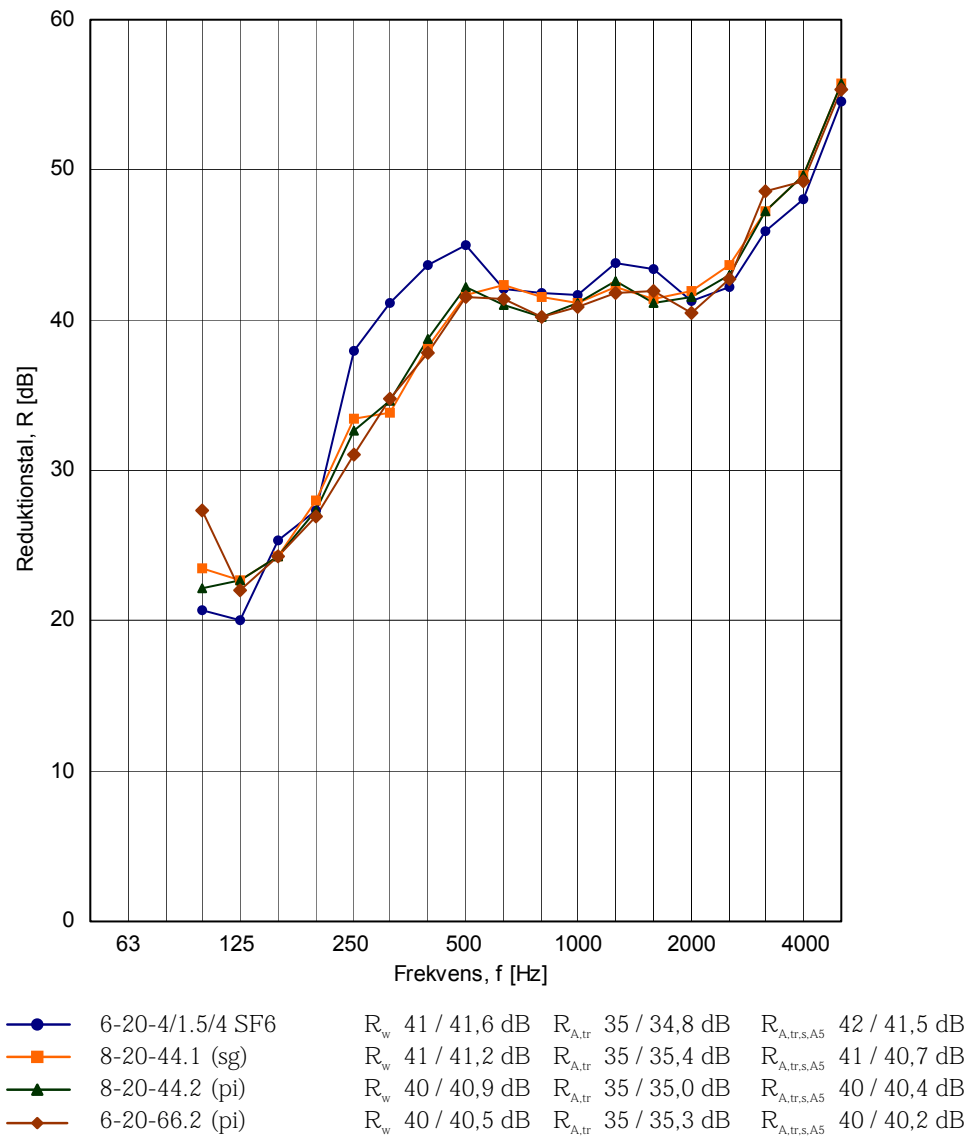
Figur 3.10
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af aluminium.

Forøgelse af glasafstanden fra 20 mm til 30 mm giver heller ikke tilstrækkelig effekt. Figur 3.11 viser dog en forøgelse af lydisolationen i stort set hele frekvensområdet bortset fra ved rudens resonansfrekvens.

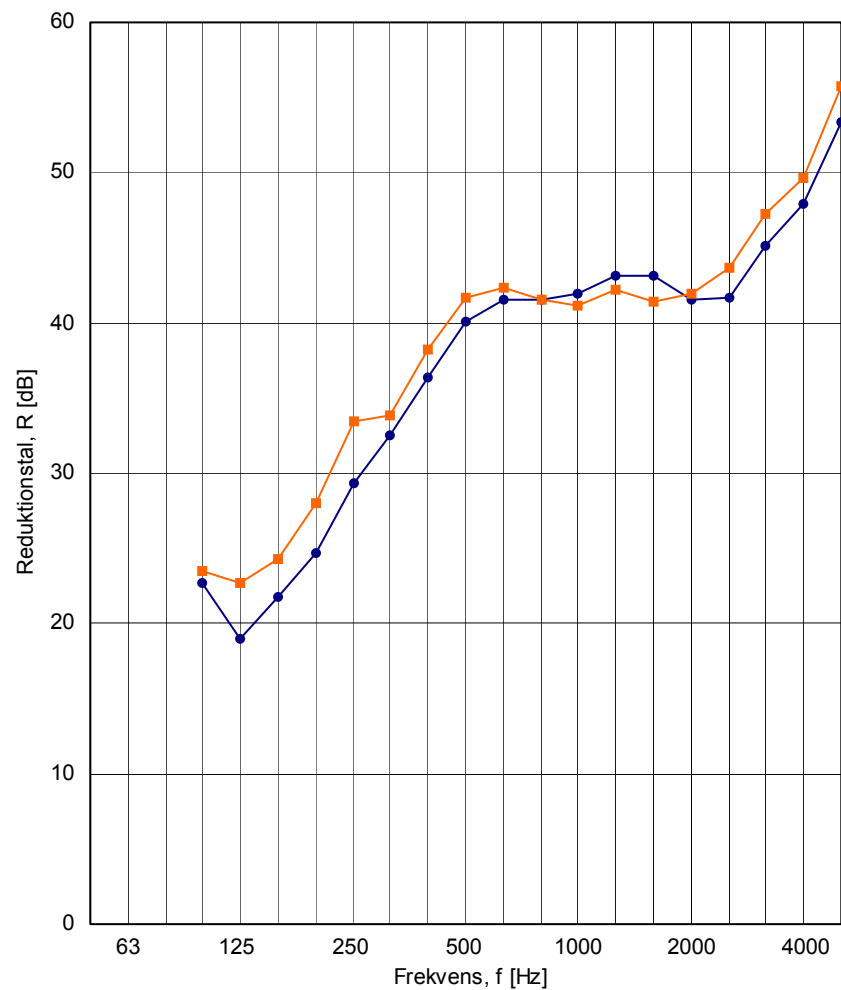


Figur 3.11
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af aluminium.

Den lille vægtforøgelse på ca. 5 kg/m^2 ved at øge glastykkelsen med 2 mm er lige netop tilstrækkelig til at leve op til værdierne for SF_6 -fyldning, når det drejer sig om vejtrafikstøj, men klarer ikke målsætningen for togstøj. I Figur 3.12 er de tre ruder, der klarer kravet til vejtrafikstøj sammenlignet med den SF_6 -fyldte rude. Figur 3.13 viser den markante forøgelse, der opnås i frekvensområdet under 500 Hz ved at øge tykkelsen af et 6 mm glas til 8 mm, og Figur 3.14 illustrerer den samme effekt, her opnået ved at ændre et lydlaminat fra 44.2 til 66.2. I begge tilfælde reduceres lydisolationen i området omkring 1000 Hz som følge af ændrede koincidensforhold.

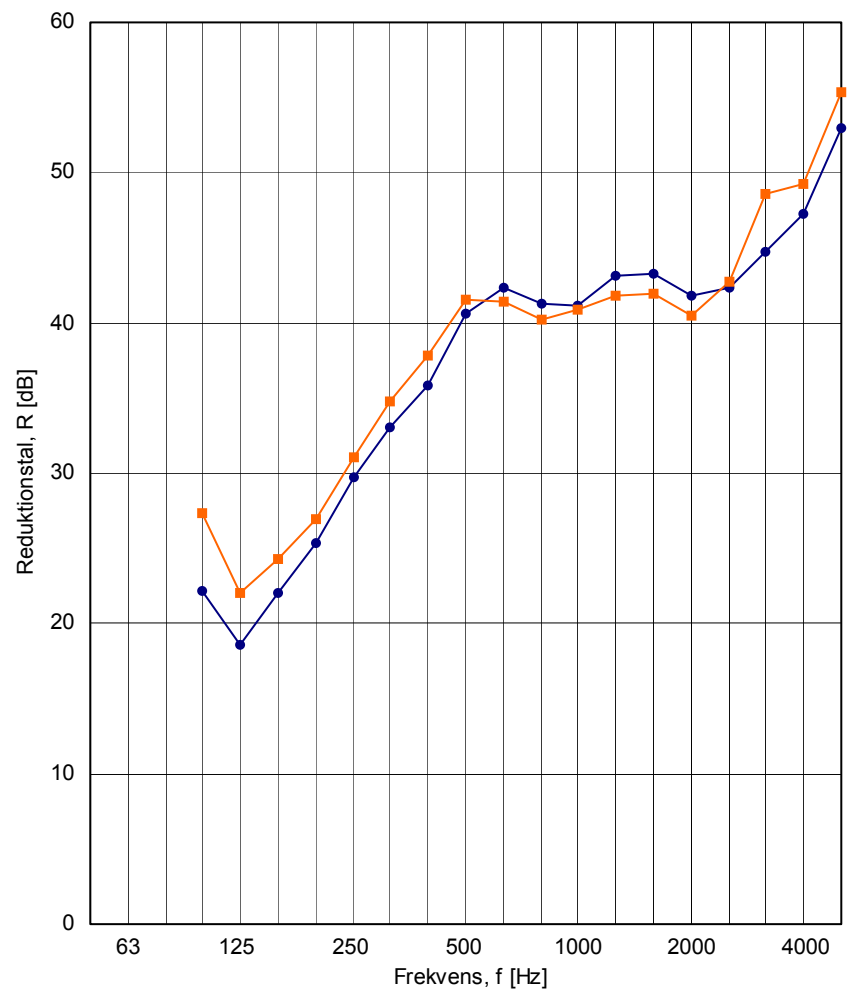


Figur 3.12
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af aluminium.



—●—	6-20-44.1 (sg)	R_w 39 / 39,9 dB	$R_{A,tr}$ 33 / 33,1 dB	$R_{A,tr,s,A5}$ 40 / 39,5 dB
—■—	8-20-44.1 (sg)	R_w 41 / 41,2 dB	$R_{A,tr}$ 35 / 35,4 dB	$R_{A,tr,s,A5}$ 41 / 40,7 dB

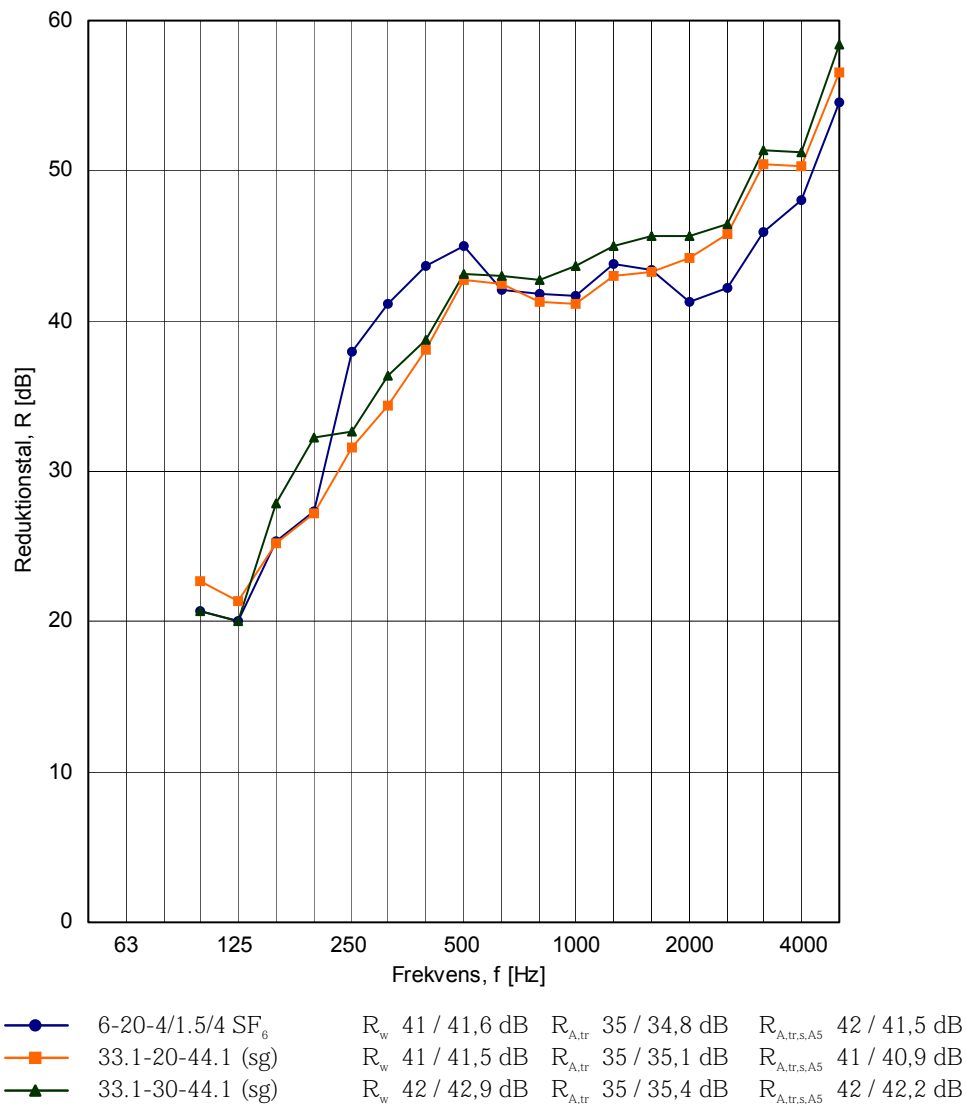
Figur 3.13
 Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af aluminium.



—●—	6-20-44.2 (sg)	R_w 39 / 39,9 dB	$R_{A,tr}$ 33 / 33,1 dB	$R_{A,tr,s,A5}$ 40 / 39,6 dB
—■—	6-20-66.2 (pi)	R_w 40 / 40,5 dB	$R_{A,tr}$ 35 / 35,3 dB	$R_{A,tr,s,A5}$ 40 / 40,2 dB

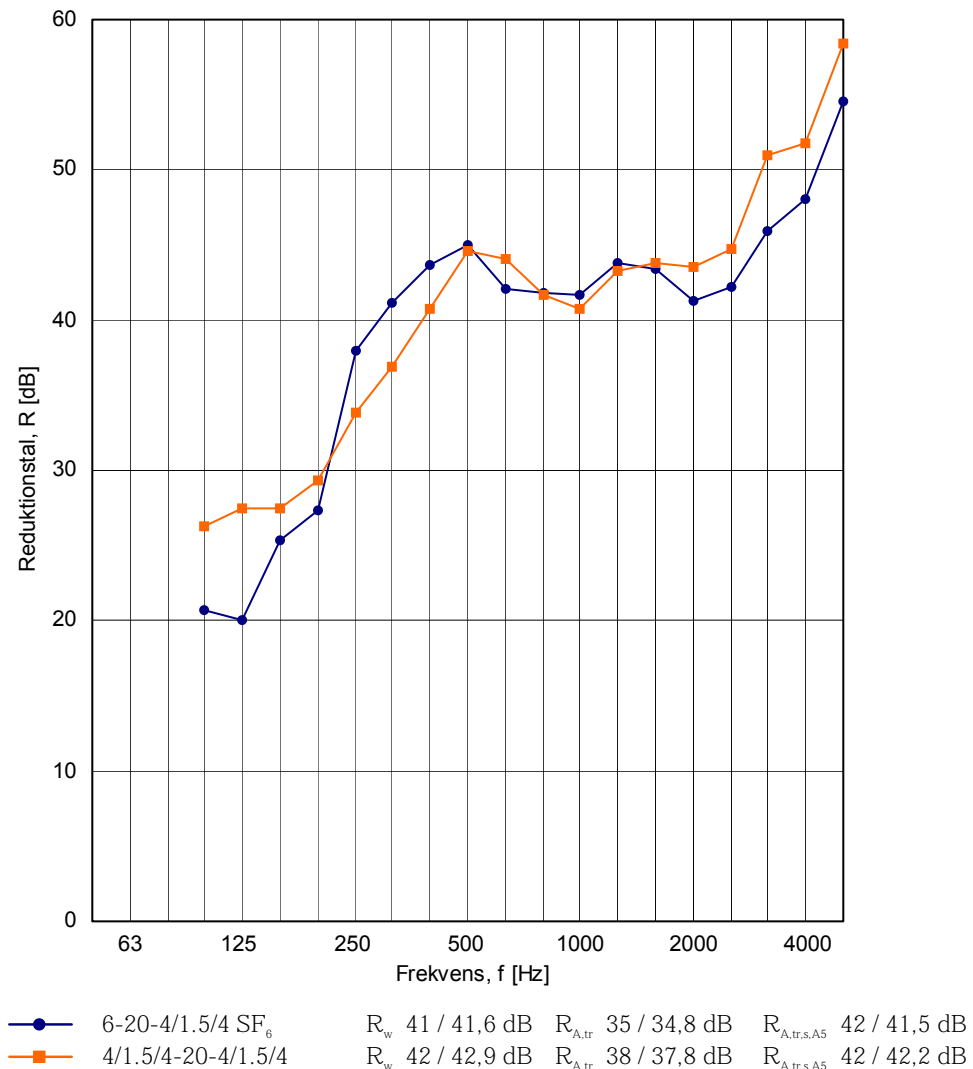
Figur 3.14
 Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af aluminium.

Indførelse af to laminater i stedet for ét massivt glas og ét laminat opfylder målsætningen med hensyn til vejtrafikstøj, men ikke for togstøj. Suppleres med en forøgelse af glasafstanden fra 20 mm til 30 mm er også målsætningen for togstøjtallet nået. Virkningen fremgår af Figur 3.15. Det vurderes, at også en forøgelse af glasafstanden med ca. 5 mm lige akkurat vil kunne tilgode kravet med hensyn til togstøj.



Figur 3.15
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af aluminium.

Ved at kombinere to støbelaminater og en vægtforøgelse er der opnået væsentlige forbedringer i forhold til ruden med SF_6 , og denne rudetype opfylder således målsætningen for lydisoleringen med god margin for vejtrafikstøj og med en lille forbedring for togstøj. Figur 3.16 viser en sammenligning af reduktionstalskurverne for de to rudetyper i aluminiumsvinduet. Kun i frekvensområdet 250-400 Hz giver SF_6 fyldningen højere værdier.

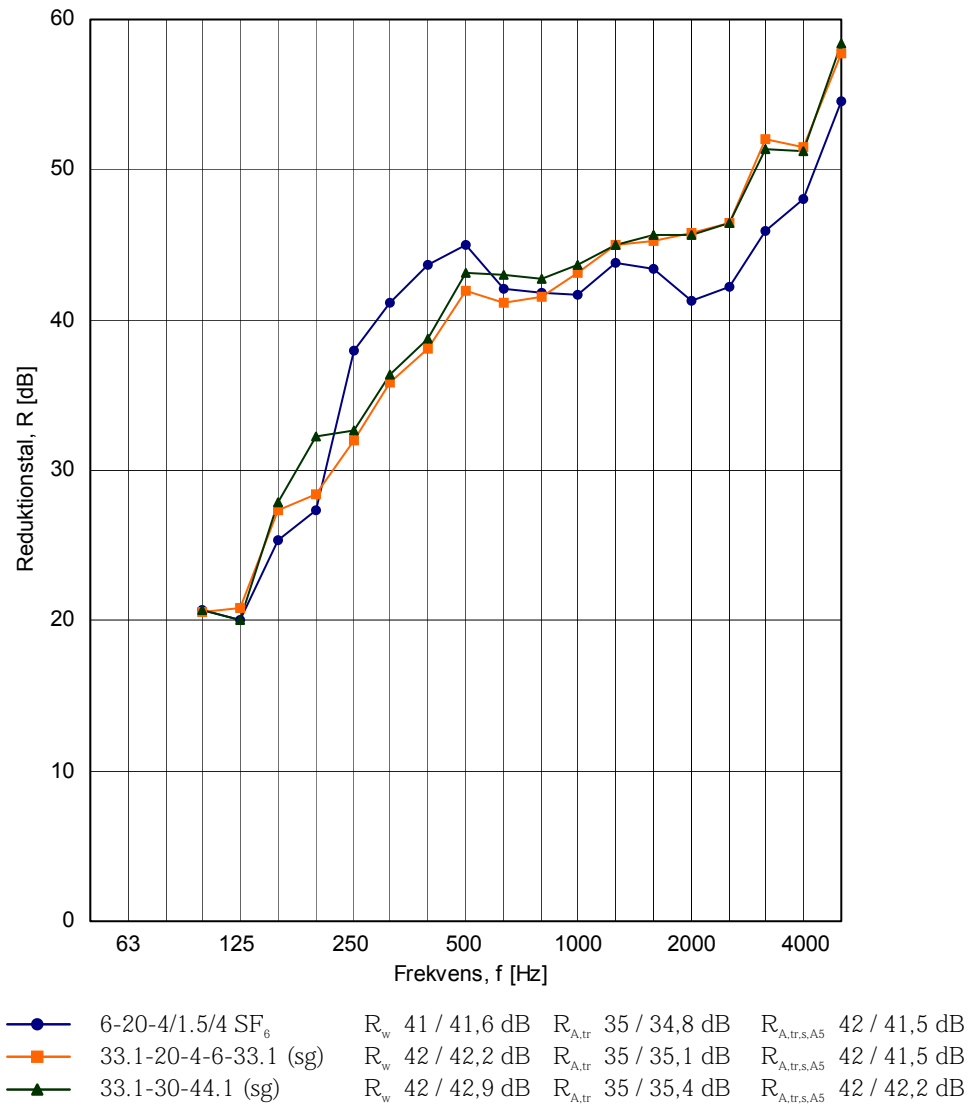


Figur 3.16
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af aluminium.

Da der som tidligere vist ikke synes at være de store forskelle på de testede laminatyper, vil også ruder med to laminater med lydfolie og en mindre vægtforøgelse kunne forventes at opfylde målsætningen for både vejtrafikstøj og togstøj for vinduet af aluminium.

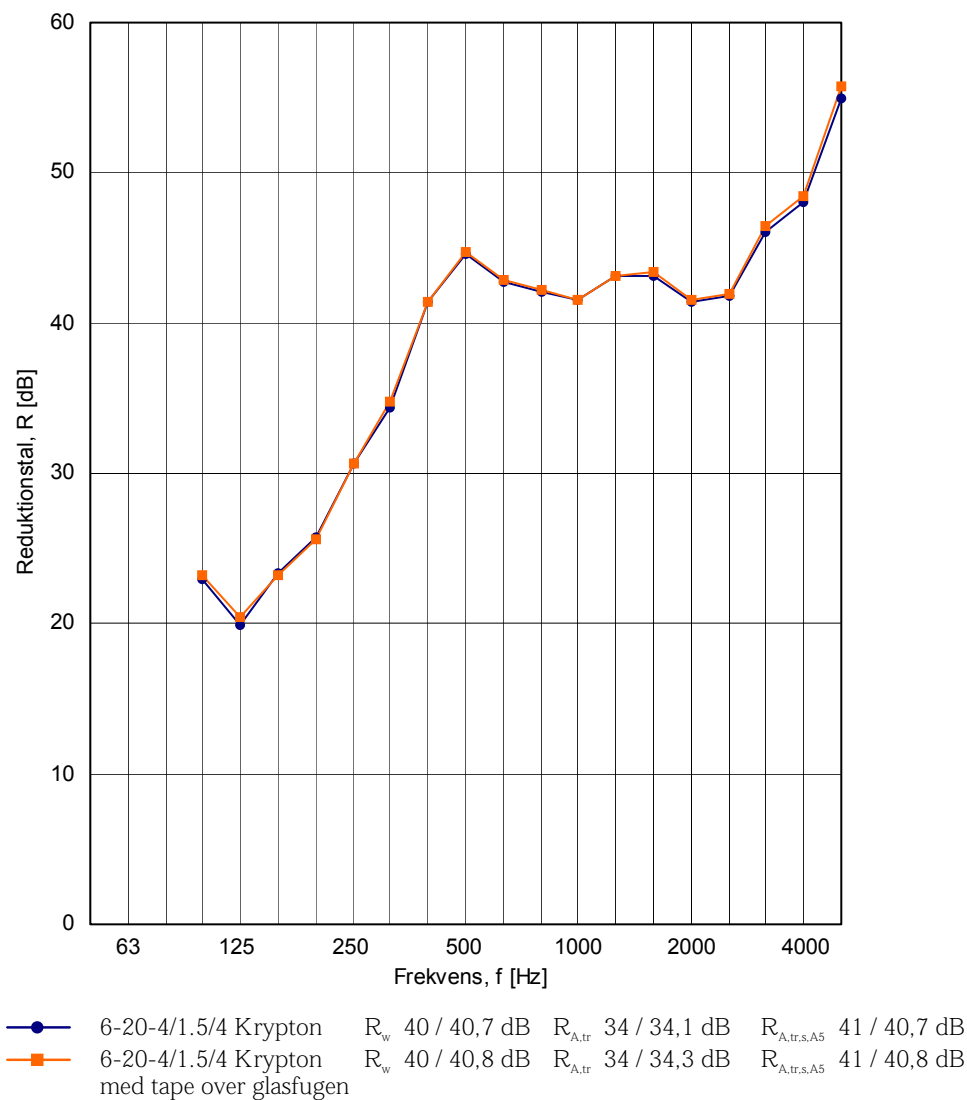
Den sidste testede ændring af rudetyper i vinduet af aluminium var en 3-lags rude med to laminater. Denne rudetype kan lige netop opfylde den givne målsætning. Det må forventes, at andre evt. tungere 3-lags ruder vil kunne opfylde kravene til lydisolering for vinduet af aluminium, men det har ikke været intentionen generelt at inddrage 3-lags ruder, og den afprøvede type er derfor blot et enkelt eksempel herpå. 3-lags ruden er sammenlignet med den tilsva-

rende 2-lags rude med stor glasafstand og to laminaer og med den SF₆-fyldte rude i Figur 3.17. Forskellene mellem de to tykke rudetyper er begrænset.



Figur 3.17
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af aluminium.

Figur 3.18 viser resultaterne af en gentagelse af en måling af vinduet af aluminium med en 6-20-4/1.5/4 Krypton rude, hvor den eneste ændring er en påsætning af tape over glasfugen indvendigt. Det ses, at der kun er minimale forskelle mellem de to resultater, der således illustrerer, at målingerne har en meget god repeterbarhed, og at der ikke er betydende utætheder ved glasfugen.



Figur 3.18
Reduktionstal pr. 1/3 oktav for ruder målt i vindue af aluminium.

3.3 Opsummering – analyse og test af alternativer

Den gennemførte analyse og test af alternativer til brug af SF₆ i lydisolerende vinduer viser, at det med forholdsvis enkle tekniske midler er muligt at substituere anvendelsen af SF₆ ved ændringer af rudetyper.

3.3.1 Almindelige vinduer

For almindelige vinduer med moderate krav til lydisolering ($R_w = 35-38$ dB), hvor SF_6 er anvendt i standard termolydruder, viser den gennemførte analyse og test af en 6-16-4 rude i et vindue af træ med og uden supplerende tætning med tape følgende muligheder for at opnå samme lydisolierende effekt uden brug af SF_6 og med fastholdt rudetykkelse:

- Når det drejer sig om lydisolering mod vejtrafikstøj, giver SF_6 -anvendelsen ingen fordele og kan således udelades uden ændringer af rudetypen.
- Er der tale om togstøj, vil en ændring af rudens tykke glas til et lydmæssigt egnet lamineret glas være tilstrækkeligt til at substituere anvendelsen af SF_6 .

Derimod giver de testede ændringer (med fastholdt rudetykkelse) af henholdsvis gasfyldning, afstandsprofil og forøgelse af rudens vægt med ca. 5 kg/m^2 ikke i sig selv tilstrækkelige forbedringer med hensyn til togstøj. Tabel 3.6 giver et samlet overblik over de testede rudetyper i vinduet af træ. Måleresultaterne for vinduet af træ med tape er ikke medtaget.

	Rudetype [mm]	Vægt [kg/m ²]	Tykkelse [mm]	R_w [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$R_{A,tr,s,A5}$ [dB]
Udgangspunkt	6-16-4 SF_6	25	26	36 / 36,3	30 / 30,1	36 / 36,3
Ændring af rudekonstruktion						
Gasfyldning	6-16-4	25	26	35 / 35,2	31 / 30,7	35 / 34,9
	6-16-4 Krypton	25	26	35 / 35,5	31 / 30,5	36 / 35,6
Afstandsprofil	6-16-4 TPS	25	26	35 / 35,7	30 / 30,3	35 / 35,1
Vægtforøgelse	8-14-4	30	26	35 / 35,7	31 / 30,7	35 / 35,4
Laminat	33.4-16-4	25	26	37 / 37,4	32 / 32,1	37 / 36,8
	33.1-16-4 (sg)	25	26	37 / 37,4	32 / 31,9	37 / 36,9
Laminat + vægtforøgelse	33.1-16-6 (sg)	30	28	38 / 38,2	33 / 33,4	37 / 37,3
	4/1.5/4-16-4	30	29	38 / 38,1	33 / 32,7	37 / 37,4

Tabel 3.6
Måleresultater for ruder i vindue af træ. Hvor intet andet er anført, er gasfyldningen Argon. De fremhævede felter angiver resultater for rudetyper, der opfylder de i projektet opstillede mål for substitution af SF_6 med hensyn til lydisolering mod vejtrafikstøj og togstøj .

3.3.2 Specielle vinduer

For specielle vinduer med høje krav til lydisolering ($R_w \geq 40$ dB), hvor effekten af at anvende SF_6 er større, viser den gennemførte analyse og test af en 6-20-4/1.5/4 rude i et ikke-oplukkeligt vindue af aluminium følgende muligheder for at opnå samme lydisolierende effekt uden brug af SF_6 :

- En forøgelse af rudens vægt med ca. 5 kg/m^2 eller anvendelse af yderligere ét lydmæssigt egnet laminat klarer lydisoleringen mod vejtrafikstøj.
- Med hensyn til togstøj vil en kombination af at anvende yderligere ét lydmæssigt egnet laminat og enten en forøgelse af glasafstanden med 10 mm

eller af vægten med ca. 5 kg/m² være nødvendig for at opnå samme lydiso-
lation som med SF₆.

Målingerne viser tillige, at flere af de muligheder, der ved analysen blev ud-
valgt til test, ikke i sig selv formår at tilfredsstille den opstillede målsætning
med hensyn til lydisolations. Disse mulige ændringer omfatter de testede gas-
fyldninger, de alternative lydlaminater, forøgelse af glasafstanden med 10 mm
og – når det gælder togstøj – også forøgelse af vægten med 5-10 kg/m².

	Rudetype [mm]	Vægt [kg/m ²]	Tykkelse [mm]	R _w [dB]	R _{A,Tr} [dB]	R _{A,Tr,A5} [dB]
Udgangspunkt	6-20-4/1.5/4 SF ₆	35	35	41 / 41,6	35 / 34,8	42 / 41,5
Ændring af rudekonstruktion						
Gasfyldning	6-20-4/1.5/4	35	35	39 / 39,7	33 / 32,8	39 / 39,4
	6-20-4/1.5/4 Krypton	35	35	40 / 40,7	34 / 34,1	41 / 40,7
Ændret laminat	6-20-44.1 (sg)	35	34	39 / 39,9	33 / 33,1	40 / 39,5
	6-20-44.2 (pi)	35	34	39 / 39,6	33 / 33,0	39 / 39,3
	6-20-44.2 (sg)	35	34	39 / 39,9	33 / 33,1	40 / 39,6
Glasafstand	6-30-44.1 (sg)	35	44	40 / 40,7	33 / 33,1	40 / 40,1
Vægtforøgelse	8-20-44.1 (sg)	40	36	41 / 41,2	35 / 35,4	41 / 40,7
	8-20-44.2 (pi)	40	36	40 / 40,9	35 / 35,0	40 / 40,4
	6-20-66.2 (pi)	45	38	40 / 40,5	35 / 35,3	40 / 40,2
To laminater	33.1-20-44.1 (sg)	35	34	41 / 41,5	35 / 35,1	41 / 40,9
To laminater + glasafstand	33.1-30-44.1 (sg)	35	44	42 / 42,9	35 / 35,4	42 / 42,2
To laminater + vægtforøgelse	4/1.5/4-20-4/1.5/4	40	38	42 / 42,9	38 / 37,8	42 / 42,2
To laminater + 3-lags konstruktion	33.1-20-4-6-33.1 (sg)	40	42	42 / 42,2	35 / 35,1	42 / 41,5

Tabel 3.7

Måleresultater for ruder i vindue af aluminium. Hvor intet andet er anført, er gasfyldningen Argon. De fremhævede felter angiver resultater for rudetyper, der opfylder de i projektet opstillede mål for substitution af SF₆ med hensyn til lydisolations mod vejtrafikstøj og togstøj .

4 Eksempler på mulige alternativer til brug af SF₆ i lydisolierende vinduer

4.1 Mulige alternativer

De nedenfor i Afsnit 4.4 og 4.5 anførte eksempler på mulige alternativer til brug af SF₆ i lydisolierende vinduer er med hensyn til de lydmæssige egenskaber dokumenteret gennem projektets forsøgsserier.

De heri testede konstruktioner er ikke nødvendigvis fyldestgørende for det store antal af mulige vindues- og rudekonstruktioner og -kombinationer, der allerede findes eller vil kunne udvikles på det danske vinduesmarked.

Men eksemplerne er fremkommet som resultater af en omfattende analyse af dels anvendelsen af ruder med SF₆-fyldning, dels mulige, realistiske ændringer af rudeopbygninger med henblik på substitution af SF₆. På baggrund heraf er der truffet en række valg med hensyn til, hvilke vindues- og rudetyper projekttet skulle fokusere på.

Grundlaget er således et afprøvet udvalg af realistiske løsninger for nogle få, men relevante vindues- og rudetyper.

Både for de i projektet foreslåede og for andre mulige alternativer til at benytte SF₆ gælder, at det er vigtigt ved en konkret anvendelse at kunne dokumentere det samlede vindues lydisolations i relation til de lydkrav, der stilles. De nedenfor givne eksempler kan ikke benyttes som en sådan dokumentation.

4.2 Bygge- og energiteknisk vurdering

Eksemplerne på mulige alternativer til brug af SF₆ i lydisolierende vinduer er primært udvalgt under hensyn til de lydmæssige egenskaber. Ved analysen af mulige ændringer af termorudeopbygninger er der dog foretaget en bygge- og energiteknisk vurdering, jf. Afsnit 3.1.

Der er derimod ikke foretaget anvendelses- eller holdbarhedsrelaterede afprøvninger eller dokumentation af andre – for anvendelse som byggekomponenter i klimaskærmen – relevante parametre. De anførte delkomponenter og sammenbygninger i både ruderne og af ruder og vinduer er dog alle gængse materialer og metoder, der på projekttidspunktet markedsføres som byggevarer i Danmark.

Som altid påhviler det fabrikanten at dokumentere det samlede produkts egenskaber. Dette vil blive tydeliggjort gennem CE-mærkning af vinduer i henhold til byggevedirektivet og omfatte en række relevante parametre samlet i en produktstandard.

Der er primært anvendt den p.t. af hensyn til varmeisoleringen foretrukne gasfyldning med Argon i termorudernes hulrum, men der er ikke arbejdet med energiruder med belægninger på glassene, idet belægningen vurderes at være uden betydning for lydisolationen.

Der er i en række af eksemplerne arbejdet med en mindre vægtforøgelse, idet glastykkelsen for et af termorudens glas er øget med 2-4 mm. Forøgelse af vægten med 5-10 kg/m² kan have betydning for arbejdsmiljøet ved montage og håndtering, ligesom det stiller krav til vinduesrammens og beslagenes bæreevne. Yderligere vil en vægtforøgelse kunne have betydning for energiforbruget ved produktion og ved transport. Der er ikke foretaget en yderligere analyse af dette forhold.

Dette gælder også de øvrige miljømæssige aspekter, idet det ikke inden for projektets rammer har været muligt at undersøge forhold som livscyklus, toksikologi mv. for de testede konstruktioner.

4.3 Økonomisk vurdering

En vigtig parameter ved substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer er selvfølgelig de evt. meromkostninger ved de ændrede konstruktioner. I projektet er der udelukkende arbejdet med ændringer af rudekonstruktioner, og det vurderes, at disse ændringer kun i mindre omfang påvirker prisen for vinduet uden rude eller omkostningerne ved transport, montage mv.

Nedenfor i Tabel 4.1 er der opstillet nogle prisniveauer for udvalgte eksempler på ændringer af termoruders opbygning. De orienterende prisniveauer tager udgangspunkt i de to i projektet udvalgte rudetyper, der har dannet baggrund for analyser og test. For hver rudetype er ruden med Argon-fyldning sat til prisniveau 100. De anførte prisniveauer skal tages med forbehold, idet det ikke har været muligt at gå i detaljer omkring prisdannelsen for byggematerialer.

Rudetype	Prisniveau	
Ruder til almindelige vinduer:	6-16-4	100
	6-16-4 SF6	140
	6-16-4 Krypton	150
	33.1-16-4 lydaminat	200
Ruder til specielle vinduer:	6-20-4/1.5/4	100
	6-20-4/1.5/4 SF6	130
	6-20-44.1 lydaminat	100
	8-20-44.1 lydaminat	110
	33.1-20-44.1 lydaminat	150
	4/1.5/4-20-4/1.5/4	160

Tabel 4.1
Orientierende prisniveauer for termorudeopbygninger. Hvor intet andet er anført, er gasfyldningen Argon.

For ruder til almindelige vinduer med moderate krav til lydisolering mod togstøj kan der, jf. Tabel 4.1, måske blive tale om merudgifter på ca. 40% af

selve rudens pris ved at substituere anvendelsen af SF₆ med et lydaminat. Omvendt vil der være en væsentlig besparelse ved lydisolering mod vejtrafikstøj, hvor SF₆ kan erstattes af Argon.

Med hensyn til specielle vinduer med høje krav til lydisolering mod vejtrafikstøj vil den mindre vægtforøgelse, der kan substituere anvendelsen af SF₆, kunne gennemføres uden meromkostninger, mens indførelse af et ekstra lydaminat eller kombination af disse to ændringer, hvilket kan være nødvendigt i forbindelse med togstøj, vil medføre meromkostninger på op til ca. 25% af rudens pris.

4.4 Mulige alternativer til brug af SF₆ Almindelige vinduer – moderate krav til lydisolering

Ved et almindeligt vindue med moderate krav til lydisolering forstås i denne rapport et oplukkeligt vindue med en standard termolydrude, der for den samlede vindueskonstruktion giver en R_w-værdi på 35-38 dB.

Udgangspunkt for eksemplerne nedenfor er projektets målinger af et vindue af træ med ét tætningsplan med en 6-16-4 rude med SF₆. Eksemplerne opererer ikke med en forøgelse af rudens tykkelse, da det ofte er vanskeligt at anvende tykkere ruder i almindelige vinduer. En oversigt med resultater for de testede rudetyper er vist i Tabel 3.6.

4.4.1 Vejtrafikstøj

SF₆-fyldning har ikke nogen positiv effekt på lydisolering mod vejtrafikstøj, R_{A,tr}-værdien, for denne rude- og vinduestype. Som det fremgår nedenfor er et muligt alternativ derfor blot at udelade SF₆.

- Udgangspunkt (rude målt i vindue af træ):
6-16-4 SF₆ R_w = 36 dB ; R_{A,tr} = 30 dB
- Muligt alternativ til brug af SF₆:
Erstatning af SF₆ med atmosfærisk luft eller Argon
- Eksempel fra projektet (rude målt i vindue af træ):
6-16-4 Argon R_w = 35 dB ; R_{A,tr} = 31 dB

4.4.2 Togstøj

Med hensyn til togstøj giver anvendelsen af SF₆ en forbedring af R_{A,tr,s,A5}-værdien for den samlede vindueskonstruktion på ca. 1 dB. Dette kan de nedenfor viste eksempler på ændringer af rudekonstruktionen rigeligt modsvare. Det har derimod ikke kunnet opnås med de testede ændringer af gasfyldning, afstandsprofil eller forøgelse af rudens vægt.

En forøgelse af rudens hulrum, evt. kombineret med en forøgelse af rudens vægt eller med anvendelse af Krypton, har ikke indgået i projektets forsøgsserie, men kunne tænkes at opfylde målsætningen. Problemer med rudens totaltykkelse i forhold til glasfalsen i vinduer af træ må dog forudses.

- Udgangspunkt (rude målt i vindue af træ):
6-16-4 SF₆ $R_w = 36 \text{ dB}$; $R_{A, \text{tr.s.A5}} = 36 \text{ dB}$
- Muligt alternativ til brug af SF₆:
Ændring af rudens tykke glas til et lydmæssigt egnet lamineret glas (lydlaminat, støbelaminat eller 3-4 lag sikkerhedsfolie)
- Eksempler fra projektet (ruder målt i vindue af træ):
33.1-16-4 (sg) $R_w = 37 \text{ dB}$; $R_{A, \text{tr.s.A5}} = 37 \text{ dB}$
33.4-16-4 $R_w = 37 \text{ dB}$; $R_{A, \text{tr.s.A5}} = 37 \text{ dB}$

4.5 Mulige alternativer til brug af SF₆. Specielle vinduer – høje krav til lydisolation

De specielle vinduer omfatter f.eks. facadepartier med vinduesrammer af metal og med særlige rudekonstruktioner, der kan opfylde høje krav til lydisolation for den samlede konstruktion ($R_w > 40 \text{ dB}$).

Som udgangspunkt for de følgende eksempler tjener projektets målinger af et ikke-oplukkeligt vindue af aluminium med en 6-20-4/1.5/4 rude med SF₆.

Da effekten af at anvende SF₆ er forholdsvis stor for denne rude- og vinduestype, er de mulige alternativer, specielt når det gælder togstøj, mere omfattende med hensyn til ændringer af rudetypen. En oversigt med resultater for de testede rudetyper kan ses i Tabel 3.7.

4.5.1 Vejtrafikstøj

Anvendelsen af SF₆ giver en forbedring på ca. 2 dB for lydisolation mod vejtrafikstøj, $R_{A, \text{tr}}$ -værdien, for den samlede konstruktion. De viste eksempler modsvarer denne effekt. Mindre omfattende ændringer som forøgelse af glafsafstanden eller ændring af gasfyldning eller laminattype har derimod ikke kunnet opfylde målsætningen.

- Udgangspunkt (rude målt i vindue af aluminium):
6-20-4/1.5/4 SF₆ $R_w = 41 \text{ dB}$; $R_{A, \text{tr}} = 35 \text{ dB}$
- Mulige alternativer til brug af SF₆:
a) Forøgelse af rudens vægt med ca. 5 kg/m² (2 mm ekstra glastykkelse)
b) Anvendelse af to lydmæssigt egnede laminaer (lydlaminaer eller støbelaminaer)
- Eksempler fra projektet (ruder målt i vindue af aluminium)*:
a) 8-20-44.1 (sg) $R_w = 41 \text{ dB}$; $R_{A, \text{tr}} = 35 \text{ dB}$
 8-20-44.2 (pi) $R_w = 40 \text{ dB}$; $R_{A, \text{tr}} = 35 \text{ dB}$
b) 33.1-20-44.1 (sg) $R_w = 41 \text{ dB}$; $R_{A, \text{tr}} = 35 \text{ dB}$

* De testede støbe- og lydlaminaer giver stort set ens resultater. Det er således ikke afgørende, hvilke laminatyper der er anvendt i de forskellige rudetyper; disse kan blot ses som eksempler.

4.5.2 Togstøj

Anvendelsen af SF_6 giver også med hensyn til togstøj en forbedring af lydisolationen, $R_{A, tr, s, A5}$, for den samlede konstruktion på ca. 2 dB. Nedenfor anføres de fundne eksempler på alternativer, der med mindst mulige ændringer modsvare denne effekt.

Mindre omfattende ændringer som forøgelse af glasafstanden eller ændring af gasfyldning eller type af laminat har, ligesom de ovenfor for vejtrafikstøj angivne eksempler på alternativer, ikke kunnet opfylde målsætningen med hensyn til togstøj. Disse ændringer i kombination med anvendelsen af Krypton har ikke indgået i projektets forsøgsserie, men de gennemførte målinger indikerer, at nogle kombinationer af denne type måske kunne opfylde målsætningen for togstøj.

- Udgangspunkt (rude målt i vindue af aluminium):
6-20-4/1.5/4 SF_6 $R_w = 41$ dB ; $R_{A, tr, s, A5} = 42$ dB
- Mulige alternativer til brug af SF_6 :
 - a) Kombination af anvendelse af to lydmæssigt egnede laminater (lydlaminater eller støbelaminater) og forøgelse af glasafstanden
 - b) Kombination af anvendelse af to lydmæssigt egnede laminater (lydlaminater eller støbelaminater) og forøgelse af rudens vægt med ca. 5 kg/m^2 (2 mm ekstra glastykkelse)
- Eksempler fra projektet (ruder målt i vindue af aluminium)*:
 - a) 33.1-30-44.1 (sg) $R_w = 42$ dB ; $R_{A, tr, s, A5} = 42$ dB
 - b) 4/1.5/4-20-4/1.5/4 $R_w = 42$ dB ; $R_{A, tr, s, A5} = 42$ dB

* De testede støbe- og lydlaminater giver stort set ens resultater. Det er således ikke afgørende, hvilke laminatyper der er anvendt i de forskellige rudetyper; disse kan blot ses som eksempler.

Den testede forøgelse af glasafstanden på 10 mm kan sandsynligvis begrænses til ca. det halve, hvorved standard afstandsprofiler til persienneruder kan benyttes. Alternativt kan ruden opbygges som en asymmetrisk 3-lags rude ved at indsætte et ekstra 4 mm glas, men så forøges vægten tilsvarende.

5 Konklusion

Projektet har omfattet to hoveddele. Den første del, der fastlægger målene for udvikling af alternativer til brug af SF_6 i lydisolerende vinduer, omfatter en vurdering af dagens forbrug af SF_6 , en analyse af problemstilling, omfang og behov samt projektets første forsøgsserie. Der opsummeres følgende mål for udvikling af alternativer:

- Fokus på lydisolation mod vejtrafikstøj i byområder og støj fra jernbanetrafik ved høje hastigheder, ikke på R_w -værdien
- Fokus på det samlede vindues lydisolation, ikke på rudens alene
- Almindelige vinduer (vindue af træ, moderate lydkrav, termolydrude):
 - Vejtrafikstøj:
Ingen fordel ved at anvende SF_6 .
 - Togstøj:
Skal modsvare en effekt på op til ca. 1 dB ved at anvende SF_6 .
- Specielle vinduer (vindue af aluminium, høje lydkrav, rude med støbelaminat):
 - Vejtrafikstøj og togstøj:
Skal modsvare en effekt på omkring 2 dB ved at anvende SF_6 .

Den anden del af projektet omfatter analyse og test af alternativer til brug af SF_6 i lydisolerende vinduer. På baggrund af de gennemførte målinger for de valgte vindues- og rudetyper gives følgende eksempler på mulige alternativer, hvor der uden brug af SF_6 kan opnås samme lydisolerende effekt. De ændrede rudetyper er i projektet målt med Argon.

- Almindelige vinduer (moderate lydkrav, rudetype 6-16-4 SF_6):
 - Vejtrafikstøj:
 SF_6 kan udelades uden ændringer af rudetyper.
 - Togstøj:
Rudens tykke glas ændres til lydlaminat eller støbelaminat
- Specielle vinduer (høje lydkrav, rudetype 6-20-4/1.5/4 SF_6)
 - Vejtrafikstøj:
Forøgelse af rudens samlede glastykkelse med ca. 2 mm eller anvendelse af to lydmæssigt egnede laminaer i stedet for ét.
 - Togstøj:
Kombination af to lydmæssigt egnede laminaer og forøgelse enten af glasafstanden på 5-10 mm eller af rudens samlede glastykkelse med ca. 2 mm

Rapportens eksempler på mulige alternativer kan ikke gøre det ud for en fyldestgørende gennemgang af alle forekommende vindues- og rudekonstruktioner, men viser på baggrund af et afprøvet udvalg af realistiske løsninger for relevante vindues- og rudetyper, at det med forholdsvis enkle tekniske midler er muligt at substituere anvendelsen af SF_6 i lydisolerende vinduer gennem ændringer af rudeopbygningen.

6 Referencer

- [1] "Optimering af lydisolation for 2-lags termoruder", Rapport nr. 113, Birgit Rasmussen, Lydteknisk Institut, Lyngby 1984.
- [2] "Substitutes for Potent Greenhouse Gases (HFCs, PFCs and SF₆)", Final Report udarbejdet af Per Henrik Pedersen, Dansk Teknologisk Institut, Energi, Taastrup 1998.
- [3] "Optimering af vinduers lydisolation. Karm/rammekonstruktioner", Rapport nr. 144, Dan Hoffmeyer, Lydteknisk Institut, Lyngby 1990.
- [4] DS/EN ISO 140-3:1995, "Akustik. Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningsselementer. Del 3: Måling af bygningsselementers luftlydisolation i laboratorium", Dansk Standard, København 1995.
- [5] DS/EN ISO 717-1:1997, "Akustik. Vurdering af lydisolation i bygninger og af bygningsdele. Del 1: Luftlydisolation", Dansk Standard, København 1997.
- [6] NT ACOU 061, "Windows: Traffic Noise Reduction Indices", Nordtest Method, Nordtest, Finland 1987.
- [7] "Improvement of Sound Insulation of Double Glazings by Using Wave Guide Systems within the Air Space", M. Rehfeld and D. Mottelet, Inter-Noise, Frankrig 2000.

Måleresultater fra første forsøgsserie

Indhold

Måleresultater pr. 1/3 oktav for 6-16-4 rude med og uden SF₆ målt alene samt i vindue af træ.

6-16-4 SF ₆ som rude alene.....	74
6-16-4 atm. luft som rude alene.....	75
6-16-4 SF ₆ i vindue af træ.....	76
6-16-4 atm. luft i vindue af træ.....	77
6-16-4 SF ₆ i vindue af træ med tape.....	78
6-16-4 atm. luft i vindue af træ med tape.....	79

Måleresultater pr. 1/3 oktav for 6-12-44.1 rude med og uden SF₆ målt alene samt i vindue af træ.

6-12-44.1 SF ₆ som rude alene.....	80
6-12-44.1 atm. luft som rude alene.....	81
6-12-44.1 SF ₆ i vindue af træ.....	82
6-12-44.1 atm. luft i vindue af træ.....	83
6-12-44.1 SF ₆ i vindue af træ med tape.....	84
6-12-44.1 atm. luft i vindue af træ med tape.....	85

Måleresultater pr. 1/3 oktav for 6-20-4/1.5/4 rude med og uden SF₆ målt alene samt i vindue af aluminium.

6-20-4/1.5/4 SF ₆ som rude alene.....	86
6-20-4/1.5/4 atm. luft som rude alene.....	87
6-20-4/1.5/4 SF ₆ i vindue af aluminium.....	88
6-20-4/1.5/4 atm. luft i vindue af aluminium.....	89

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

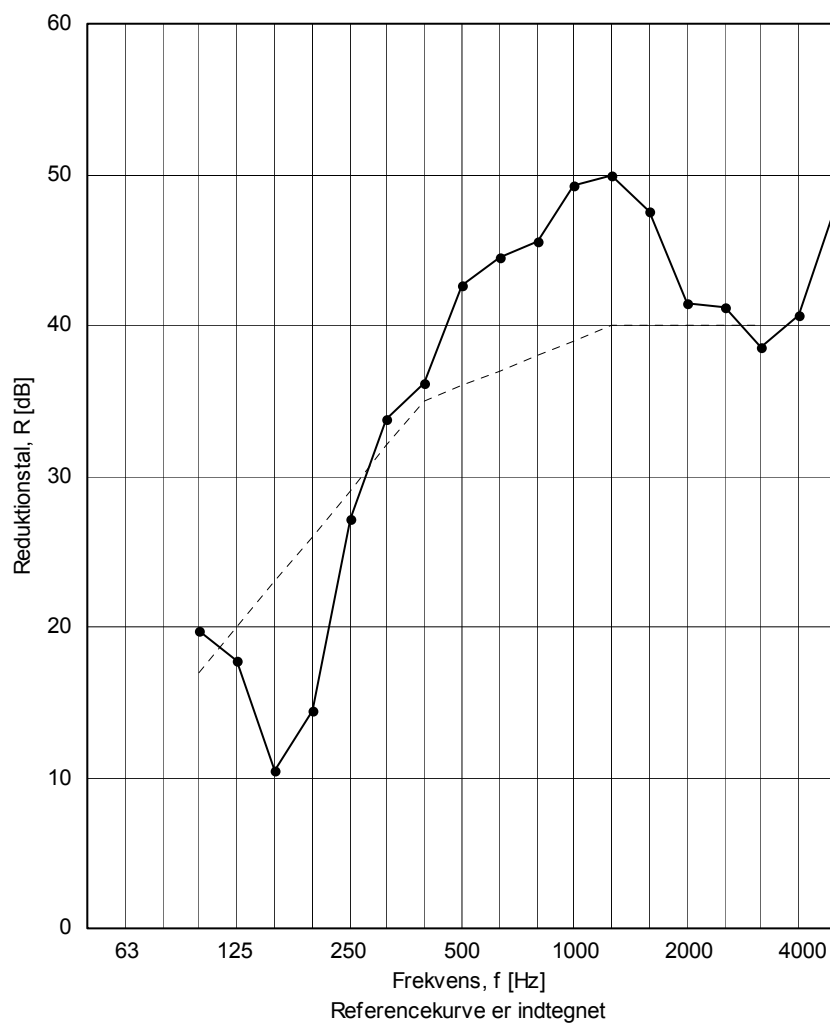
Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer
 Test år: 2000

Prøveemne: 6-16-4 SF₆
 Termorude med SF₆, monteret i kit.

Rudemål: 1230 mm × 1480 mm

Tykkelse af rude: 26 mm
 Fladevægt af rude: 25 kg/m²
 Areal af prøveåbning: 1,88 m²
 Senderumsvolumen: 118 m³
 Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	19,8
125	17,7
160	10,4
200	14,5
250	27,1
315	33,8
400	36,2
500	42,6
630	44,5
800	45,5
1000	49,3
1250	49,9
1600	47,5
2000	41,5
2500	41,2
3150	38,6
4000	40,6
5000	48,1



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 36 (-5; -10) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

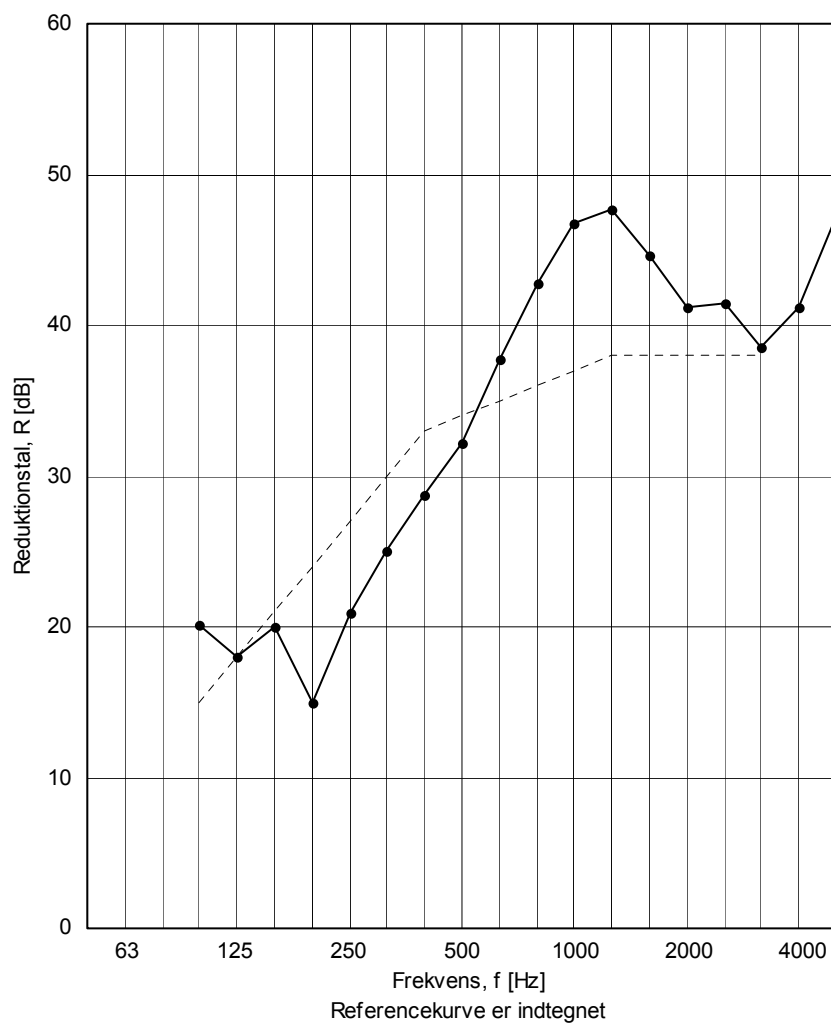
Test år: 2000

Prøveemne: 6-16-4 atm. luft
Termorude med atm. luft, monteret i kit.

Rudemål: 1230 mm × 1480 mm

Tykkelse af rude: 26 mm
Fladevægt af rude: 25 kg/m²
Areal af prøveåbning: 1,88 m²
Senderumsvolumen: 118 m³
Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	20,1
125	18,0
160	20,0
200	15,0
250	20,9
315	25,0
400	28,7
500	32,2
630	37,7
800	42,8
1000	46,8
1250	47,7
1600	44,6
2000	41,2
2500	41,5
3150	38,5
4000	41,2
5000	47,3



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 34 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2000

Prøveemne: 6-16-4 SF₆

Termorude med SF₆, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

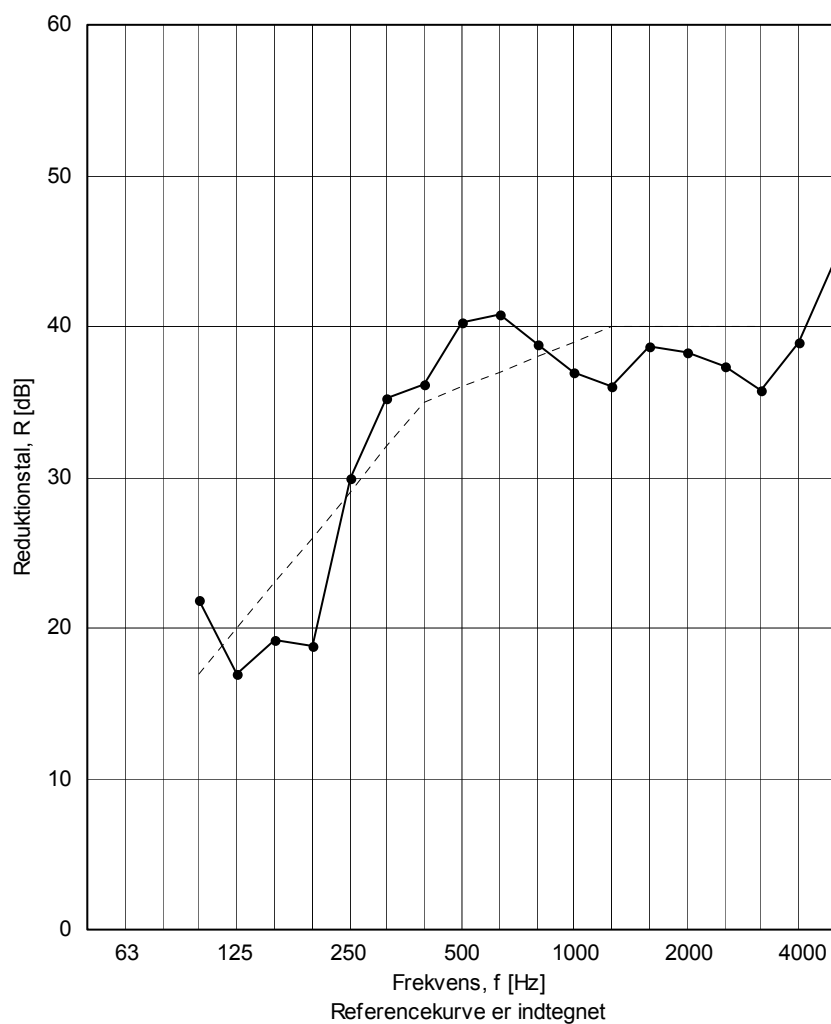
Fladevægt af rude: 25 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	21,9
125	16,9
160	19,2
200	18,8
250	29,9
315	35,2
400	36,1
500	40,2
630	40,8
800	38,8
1000	37,0
1250	36,0
1600	38,7
2000	38,3
2500	37,4
3150	35,7
4000	38,9
5000	44,7



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 36 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

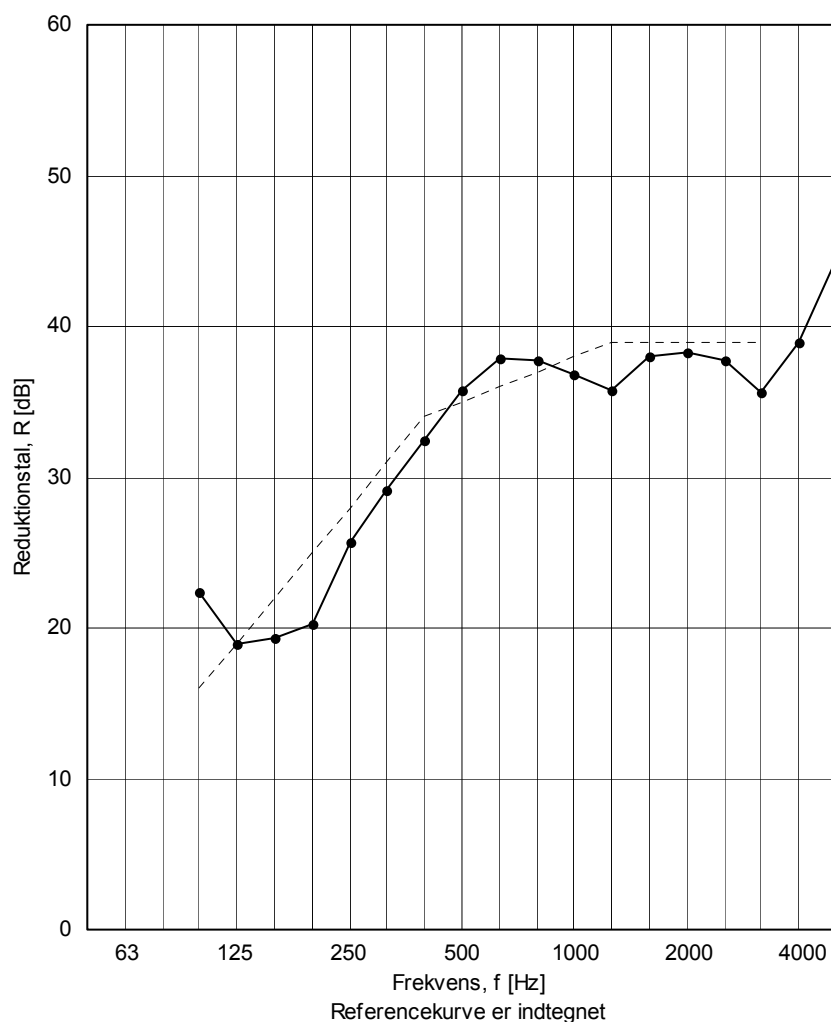
Test år: 2000

Prøveemne: 6-16-4 atm. luft
Termorude med atm. luft, monteret i vindue af træ.
Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm
Fladevægt af rude: 25 kg/m²
Areal af prøveåbning: 1,88 m²
Senderumsvolumen: 118 m³
Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,4
125	19,0
160	19,4
200	20,3
250	25,7
315	29,2
400	32,4
500	35,7
630	37,9
800	37,8
1000	36,8
1250	35,8
1600	38,0
2000	38,3
2500	37,8
3150	35,6
4000	39,0
5000	44,5



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 35 (-1; -5) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratoriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2000

Prøveemne: 6-16-4 SF₆.

Termorude med SF₆, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

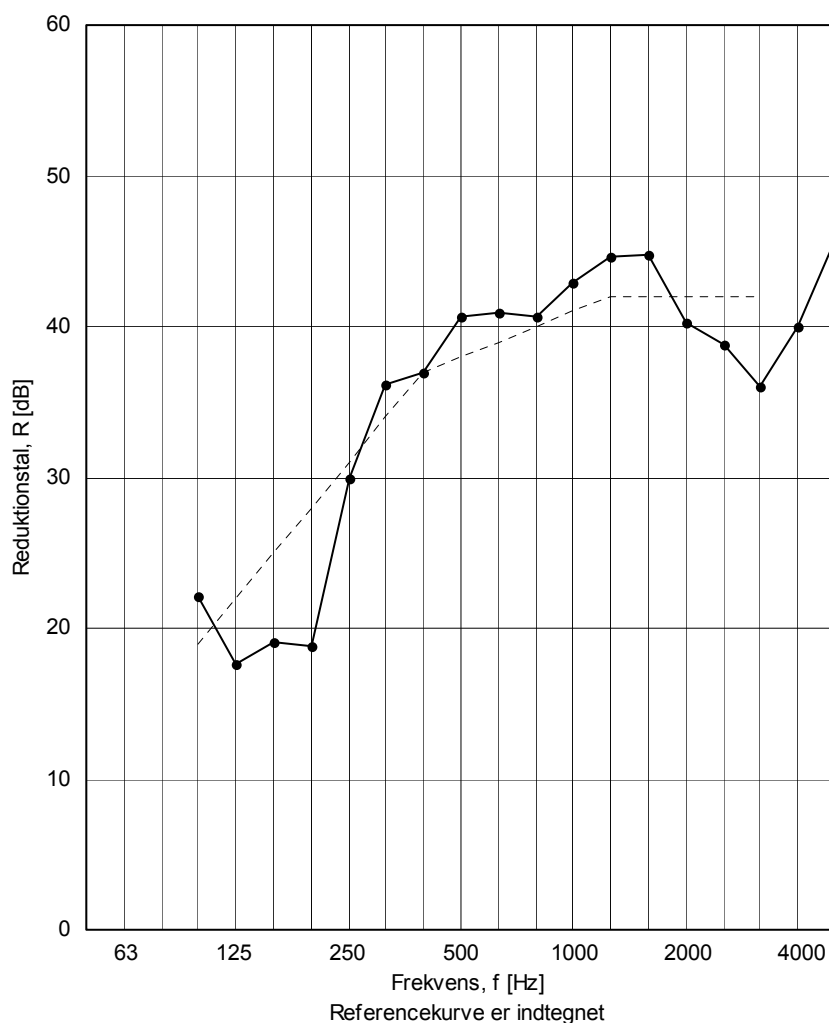
Fladevægt af rude: 25 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,1
125	17,6
160	19,1
200	18,8
250	30,0
315	36,1
400	37,0
500	40,6
630	40,9
800	40,6
1000	42,9
1250	44,6
1600	44,8
2000	40,3
2500	38,8
3150	36,0
4000	40,0
5000	45,8



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 38 (-3;-7) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

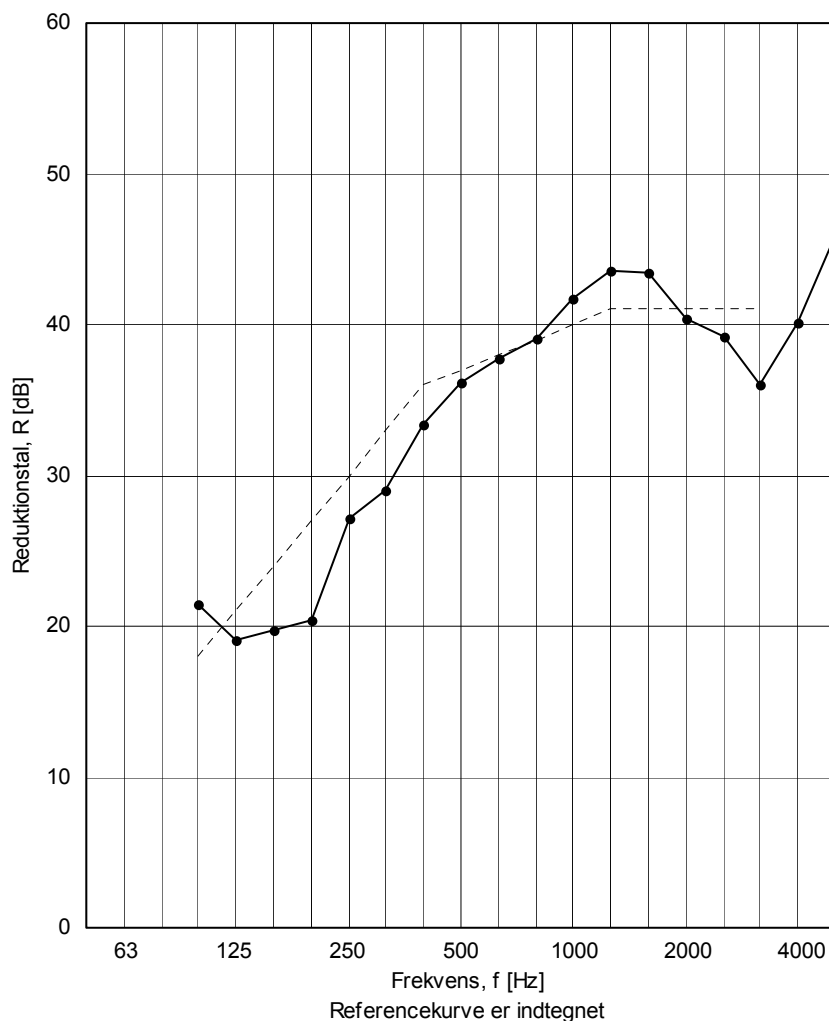
Test år: 2000

Prøveemne: 6-16-4 atm. luft
 Termorude med atm. luft, monteret i vindue af træ.
 Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.
 Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm
 Fladevægt af rude: 25 kg/m²
 Areal af prøveåbning: 1,88 m²
 Senderumsvolumen: 118 m³
 Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	21,5
125	19,1
160	19,7
200	20,4
250	27,2
315	29,0
400	33,4
500	36,2
630	37,7
800	39,1
1000	41,7
1250	43,6
1600	43,4
2000	40,4
2500	39,2
3150	36,0
4000	40,1
5000	45,9



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 37 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2000

Prøveemne: 6-12-44.1 SF₆

Termorude med SF₆ og sikkerhedslaminat, monteret i kit.

Rudemål: 1230 mm × 1480 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

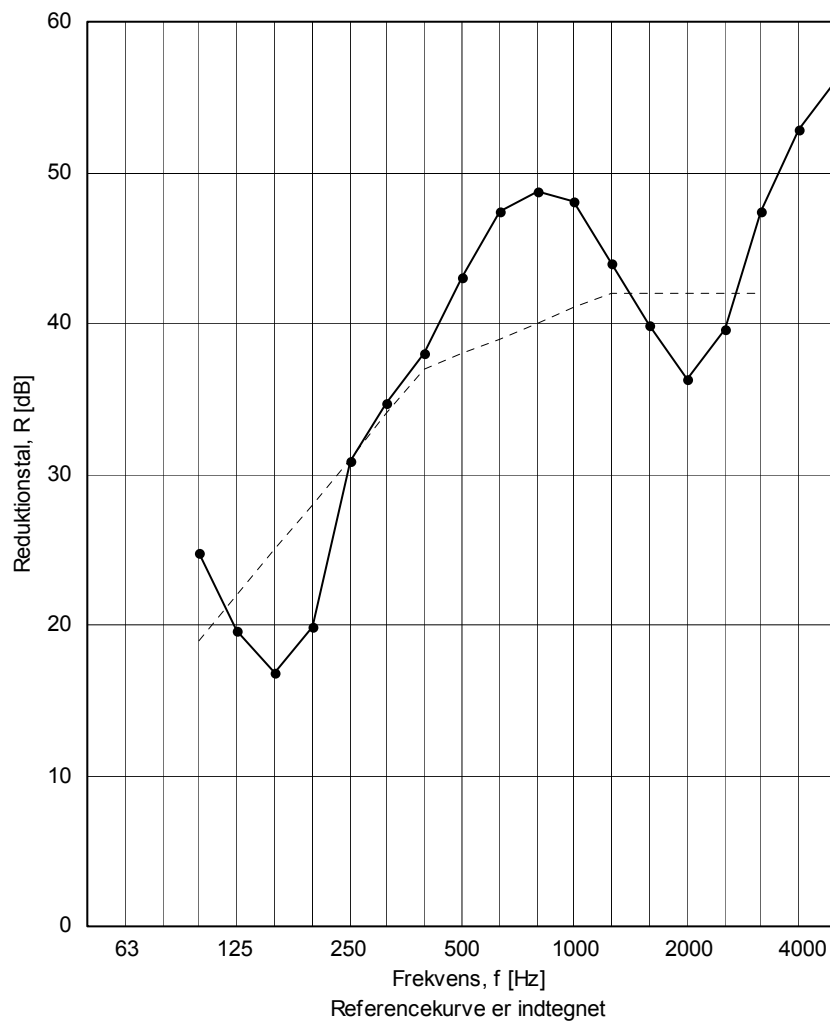
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	24,8
125	19,6
160	16,8
200	19,9
250	30,8
315	34,7
400	38,0
500	43,0
630	47,4
800	48,7
1000	48,1
1250	44,0
1600	39,9
2000	36,3
2500	39,6
3150	47,4
4000	52,9
5000	56,2



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 38 (-3; -7) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2000

Prøveemne: 6-12-44.1 atm. luft

Termorude med atm. luft og sikkerhedslaminat, monteret i kit.

Rudemål: 1230 mm × 1480 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

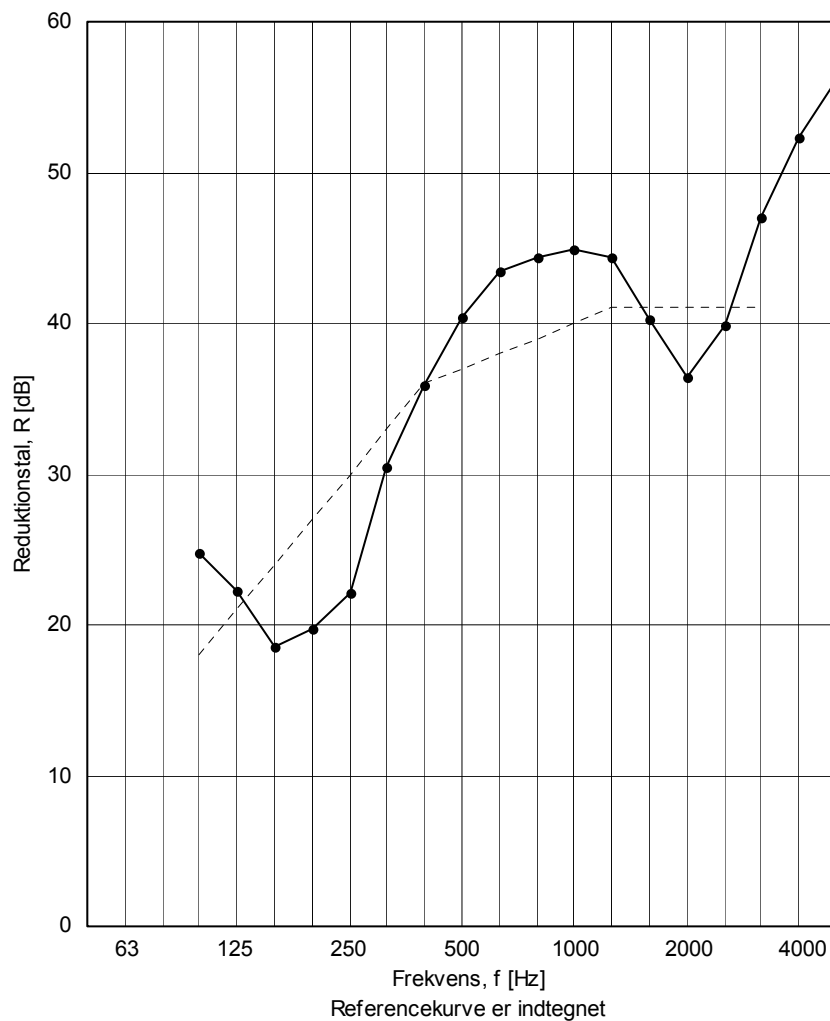
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	24,8
125	22,3
160	18,5
200	19,7
250	22,1
315	30,5
400	35,9
500	40,4
630	43,4
800	44,4
1000	44,9
1250	44,4
1600	40,3
2000	36,4
2500	39,9
3150	47,0
4000	52,3
5000	56,2



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 37 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2000

Prøveemne: 6-12-44.1 SF₆

Termorude med SF₆ og sikkerhedslaminat, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

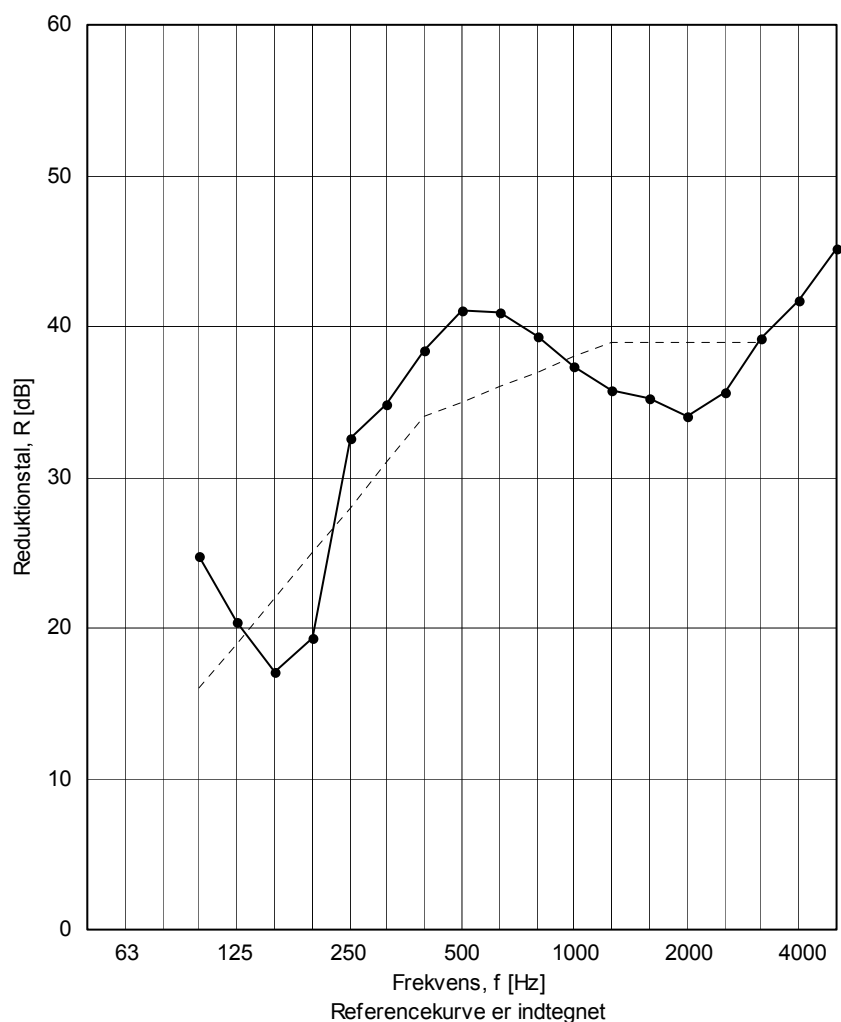
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	24,8
125	20,4
160	17,1
200	19,4
250	32,6
315	34,9
400	38,4
500	41,0
630	40,9
800	39,3
1000	37,3
1250	35,7
1600	35,2
2000	34,1
2500	35,6
3150	39,2
4000	41,7
5000	45,1



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 35 (-1; -5) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2000

Prøveemne: 6-12-44.1 atm. luft

Termorude med atm. luft og sikkerhedslaminat, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

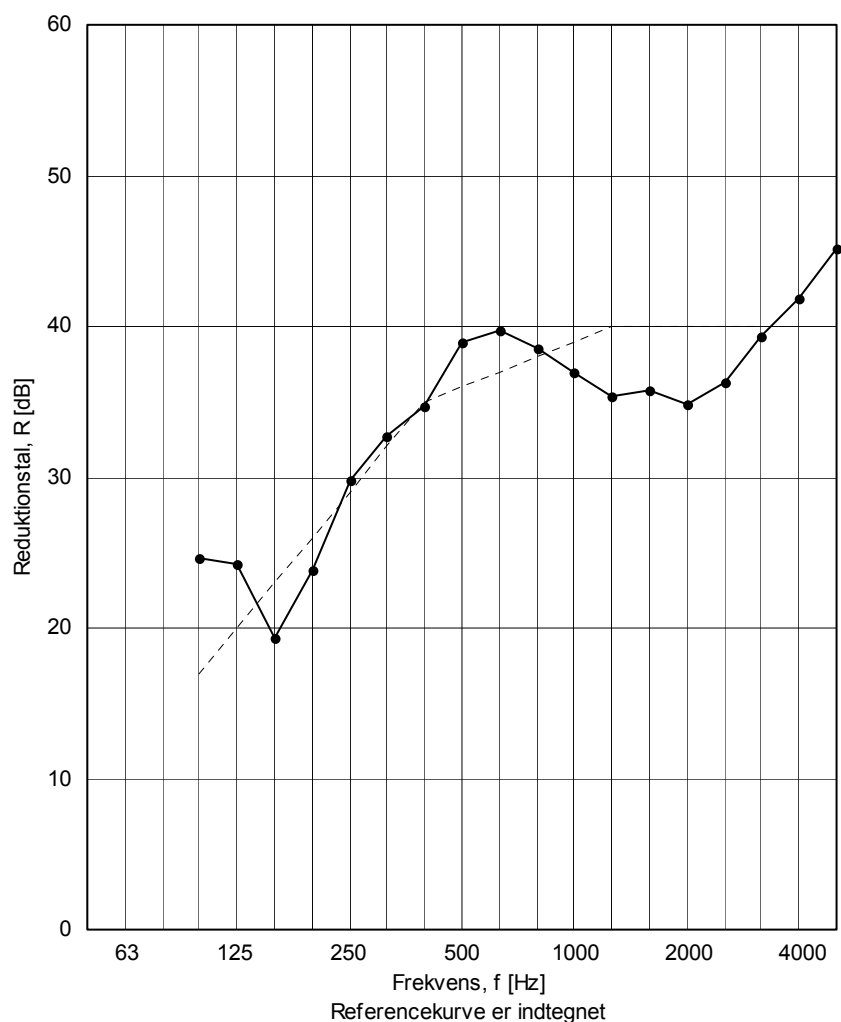
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	24,6
125	24,3
160	19,4
200	23,9
250	29,8
315	32,7
400	34,7
500	38,9
630	39,7
800	38,5
1000	36,9
1250	35,3
1600	35,7
2000	34,8
2500	36,3
3150	39,4
4000	41,9
5000	45,2



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 36 (-1;-4) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratoriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2000

Prøveemne: 6-12-44.1 SF₆

Termorude med SF₆ og sikkerhedslaminat, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

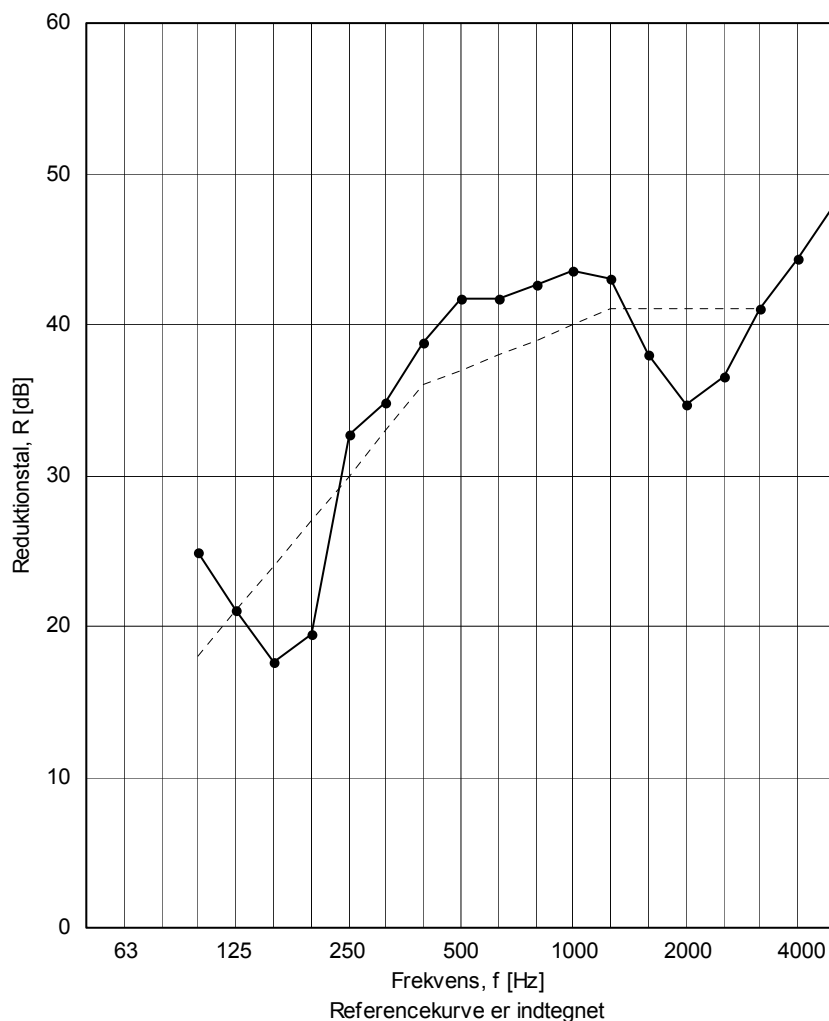
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	24,9
125	21,0
160	17,6
200	19,5
250	32,7
315	34,9
400	38,8
500	41,7
630	41,7
800	42,7
1000	43,6
1250	43,1
1600	38,0
2000	34,7
2500	36,5
3150	41,1
4000	44,4
5000	48,1



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 37 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratoriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2000

Prøveemne: 6-12-44.1 atm. luft

Termorude med atm. luft og sikkerhedslaminat, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

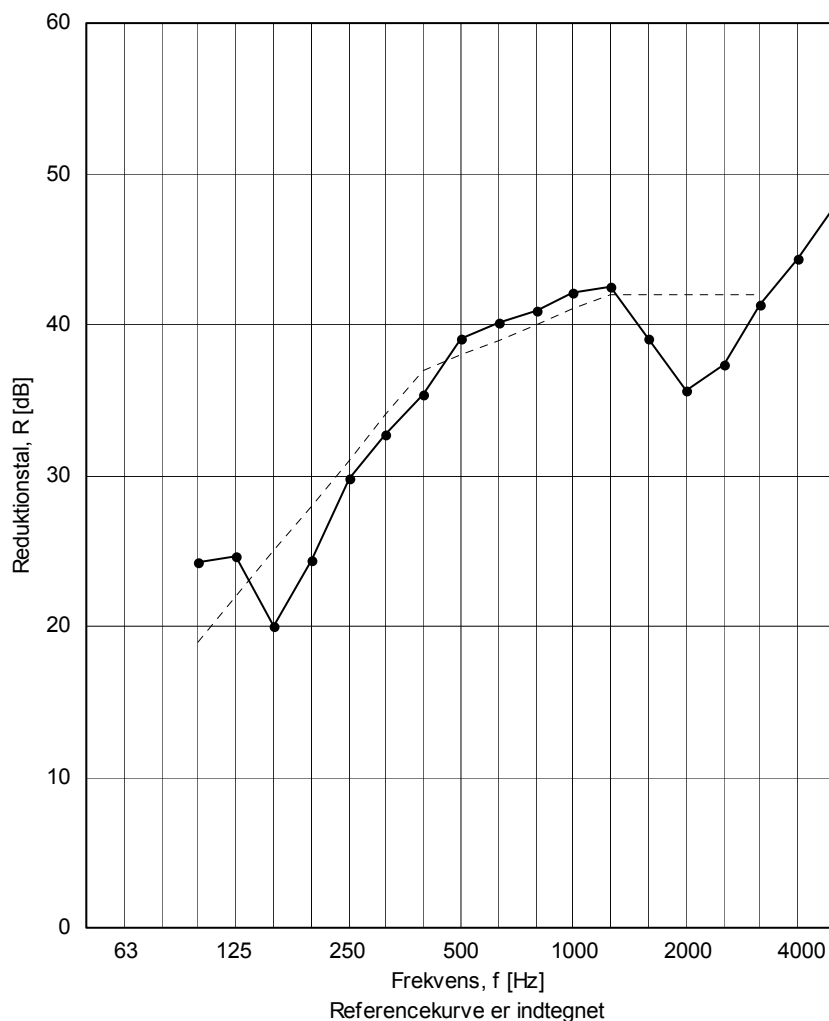
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	24,3
125	24,6
160	20,0
200	24,4
250	29,8
315	32,7
400	35,3
500	39,1
630	40,1
800	40,9
1000	42,1
1250	42,5
1600	39,1
2000	35,6
2500	37,4
3150	41,3
4000	44,4
5000	48,0



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 38 (-2; -5) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

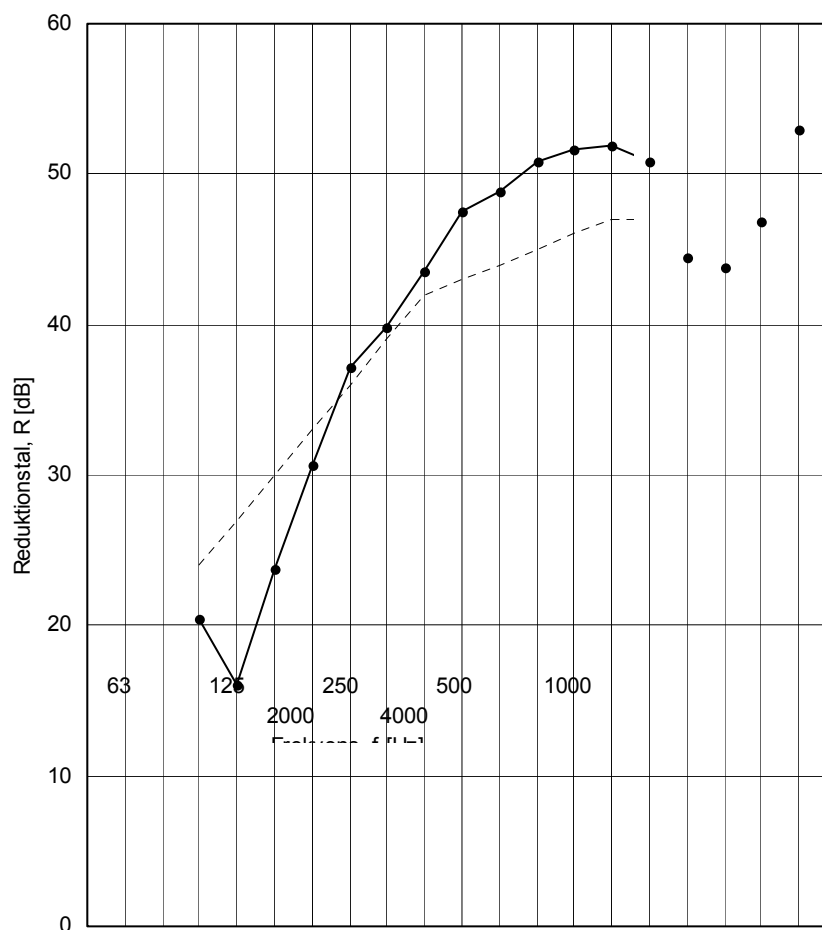
Test år: 2000

Prøveemne: 6-20-4/1.5/4 SF₆
Termorude med SF₆ og støbelaminat, monteret i kit.

Rudemål: 1230 mm × 1480 mm

Tykkelse af rude: 35 mm
Fladevægt af rude: 35 kg/m²
Areal af prøveåbning: 1,88 m²
Senderumsvolumen: 118 m³
Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	20,4
125	16,1
160	23,8
200	30,6
250	37,2
315	39,8
400	43,6
500	47,5
630	48,9
800	50,9
1000	51,7
1250	51,9
1600	50,8
2000	44,5
2500	43,8
3150	46,9
4000	52,9
5000	61,3



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 43 (-4; -9) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2000

Prøveemne: 6-20-4/1.5/4 atm. luft

Termorude med atm. luft og støbelaminat, monteret i kit.

Rudemål: 1230 mm × 1480 mm

Tykkelse af rude: 35 mm

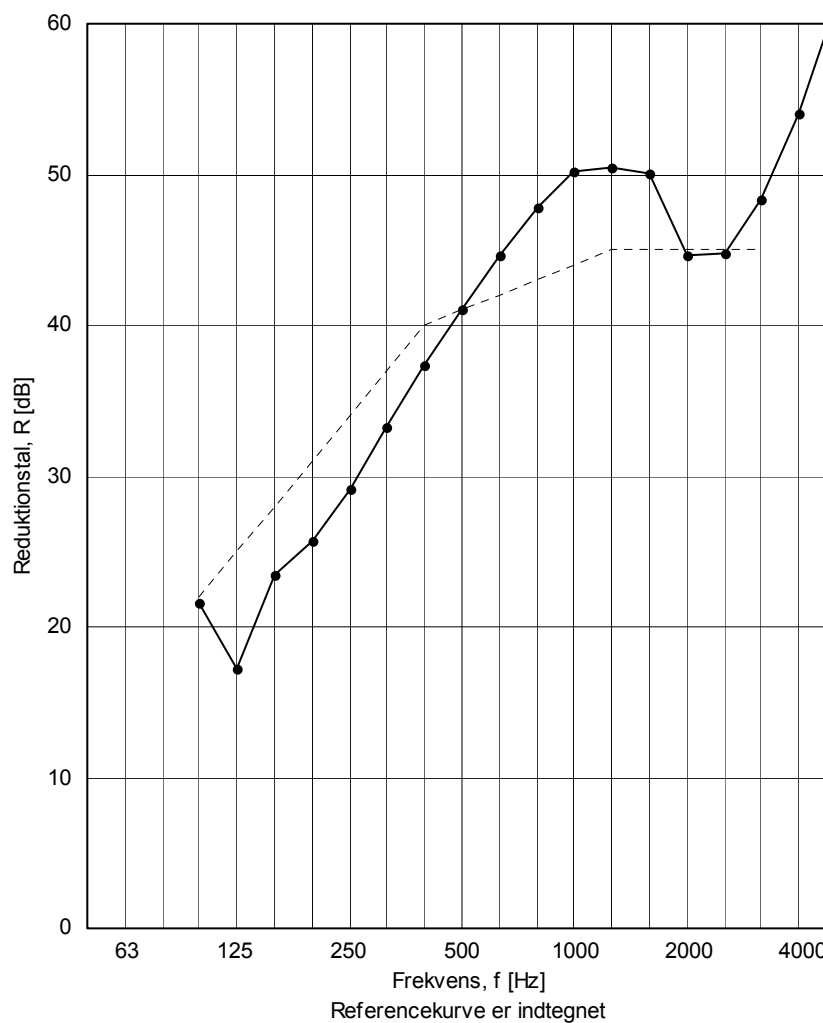
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	21,6
125	17,2
160	23,4
200	25,7
250	29,2
315	33,3
400	37,3
500	41,1
630	44,6
800	47,8
1000	50,2
1250	50,5
1600	50,1
2000	44,7
2500	44,8
3150	48,3
4000	54,0
5000	61,4



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 41 (-3; -8) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

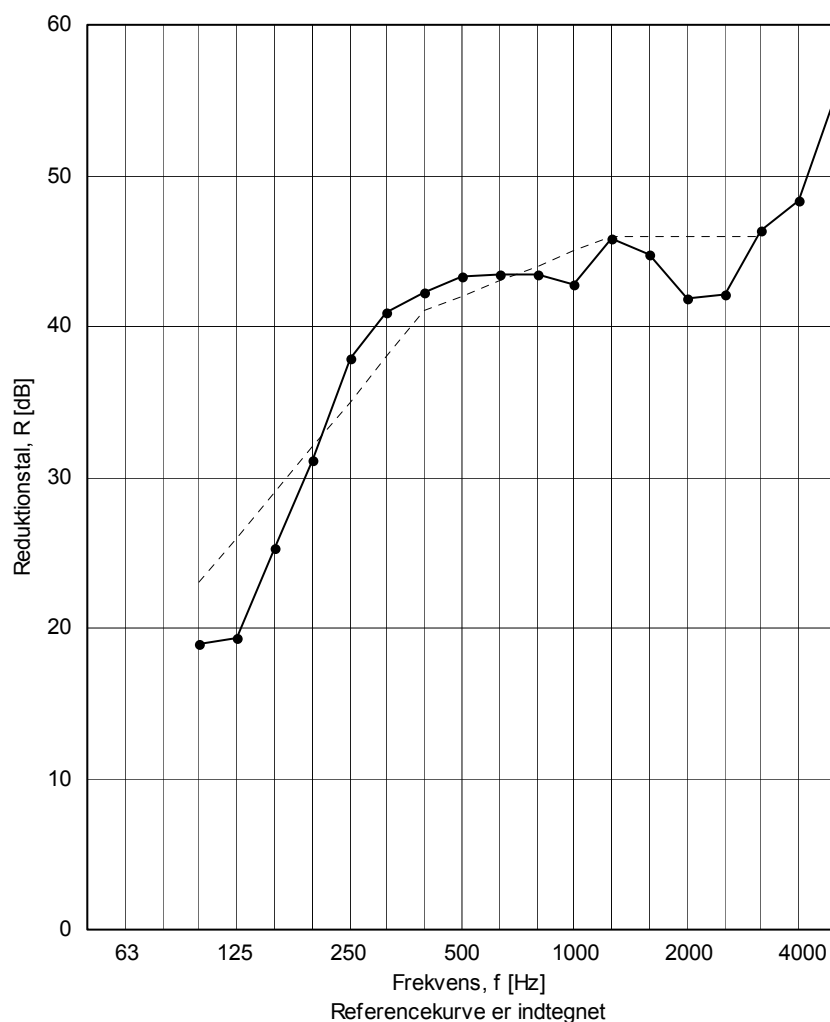
Test år: 2000

Prøveemne: 6-20-4/1.5/4 SF₆
Termorude med SF₆ og støbelaminat, monteret i vindue af aluminium.
Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 35 mm
Fladevægt af rude: 35 kg/m²
Areal af prøveåbning: 1,88 m²
Senderumsvolumen: 118 m³
Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	18,9
125	19,3
160	25,3
200	31,1
250	37,9
315	40,9
400	42,3
500	43,3
630	43,4
800	43,5
1000	42,8
1250	45,8
1600	44,8
2000	41,9
2500	42,1
3150	46,3
4000	48,4
5000	55,5



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 42 (-2; -8) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2000

Prøveemne: 6-20-4/1.5/4 atm. luft

Termorude med atm. luft og støbelaminat, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 35 mm

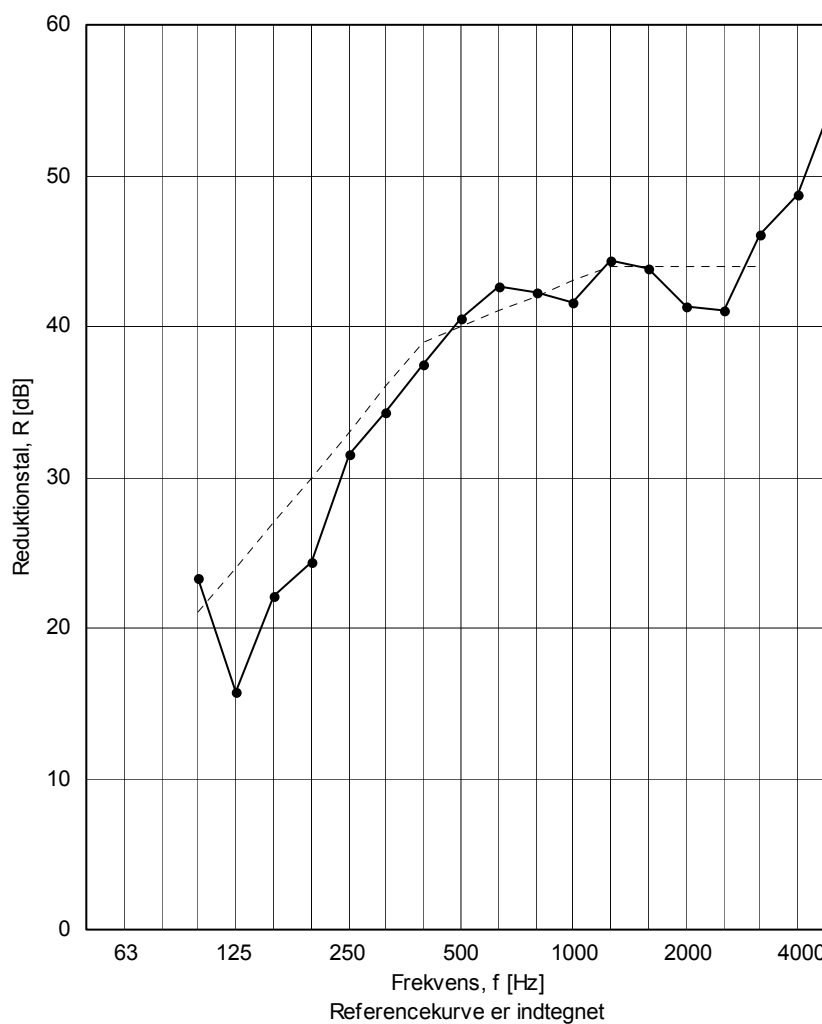
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	23,3
125	15,8
160	22,1
200	24,4
250	31,5
315	34,3
400	37,5
500	40,5
630	42,6
800	42,3
1000	41,6
1250	44,4
1600	43,9
2000	41,3
2500	41,0
3150	46,1
4000	48,8
5000	55,4



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 40 (-3;-8) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Måleresultater fra anden forsøgsserie. Vindue af træ

Indhold

Måleresultater pr. 1/3 oktav for ruder i vindue af træ. Hvor intet andet er anført, er gasfyldningen Argon.

6-16-4 SF ₆	92
6-16-4	93
6-16-4 Krypton.....	94
6-16-4 TPS.....	95
8-14-4	96
33.4-16-4	97
33.1-16-4 (sg)	98
33.1-16-6 (sg)	99
4/1.5/4-16-4	100

Måleresultater pr. 1/3 oktav for ruder i vindue af træ med tape over karm-/rammefugen indvendigt og udvendigt samt over bundglaslisten. Hvor intet andet er anført, er gasfyldningen Argon.

6-16-4 SF ₆	101
6-16-4	102
6-16-4 Krypton.....	103
6-16-4 TPS.....	104
8-14-4	105
33.4-16-4	106
33.1-16-4 (sg)	107
33.1-16-6 (sg)	108
4/1.5/4-16-4	109

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2000

Prøveemne: 6-16-4 SF₆

Termorude med SF₆, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

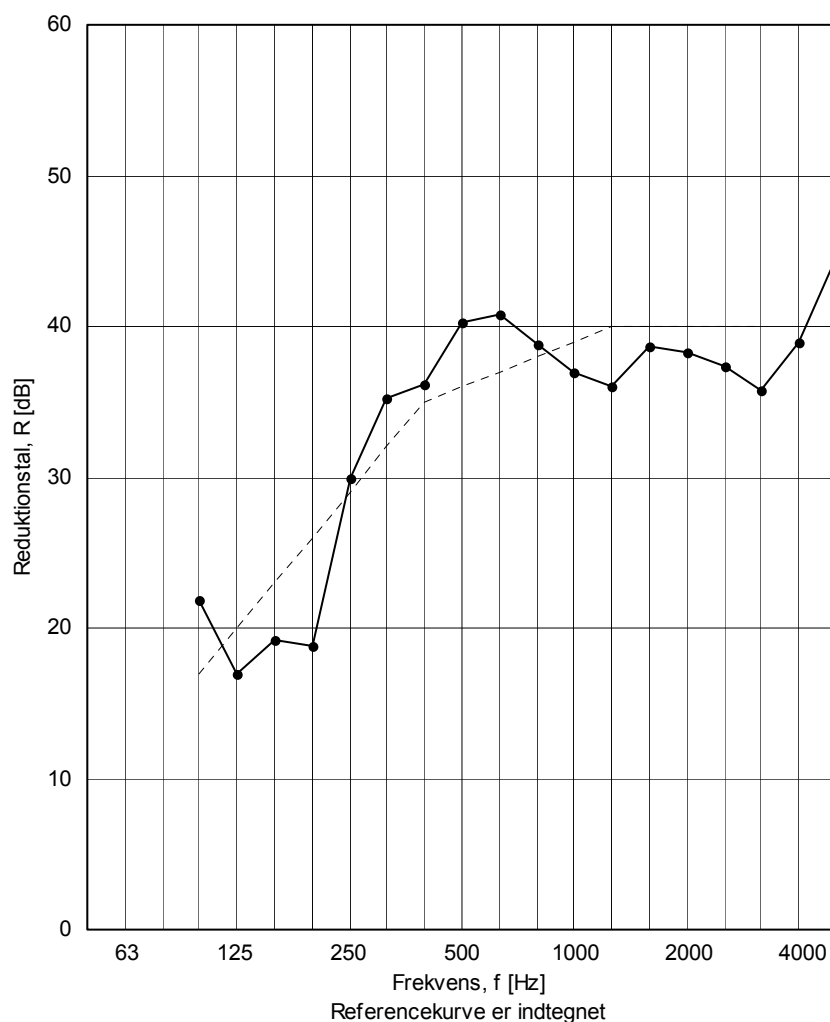
Fladevægt af rude: 25 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	21,9
125	16,9
160	19,2
200	18,8
250	29,9
315	35,2
400	36,1
500	40,2
630	40,8
800	38,8
1000	37,0
1250	36,0
1600	38,7
2000	38,3
2500	37,4
3150	35,7
4000	38,9
5000	44,7



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 36 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 6-16-4

Termorude med Argon, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

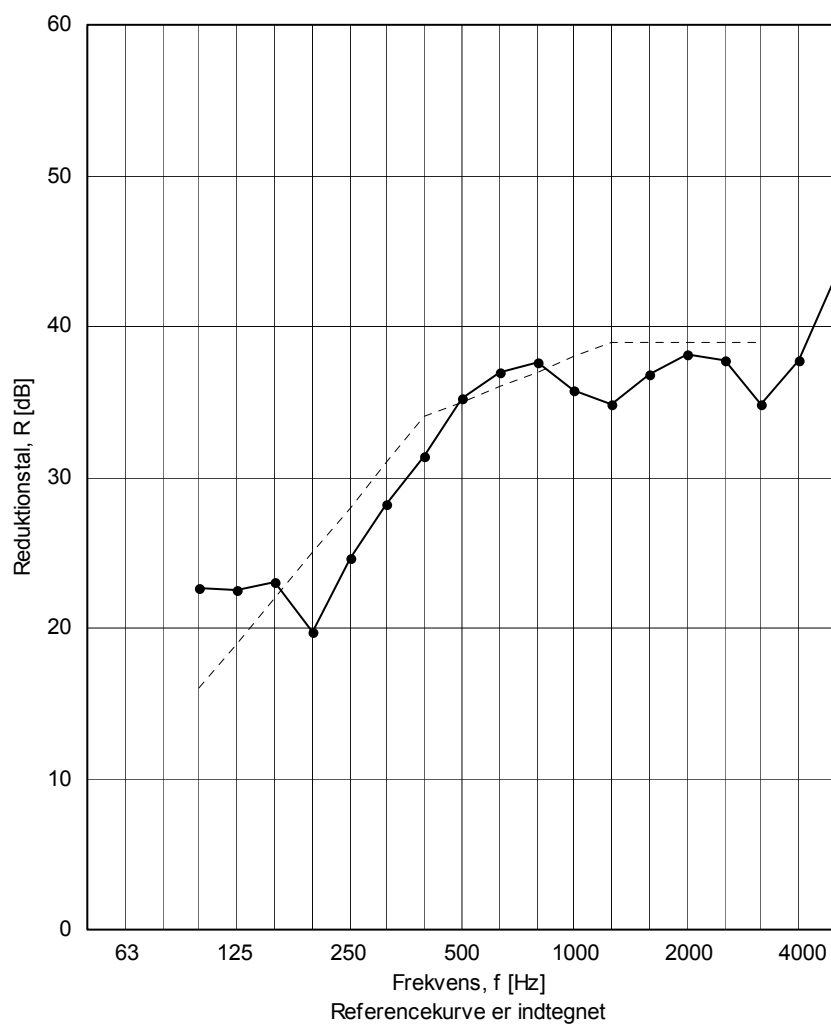
Fladevægt af rude: 25 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,7
125	22,5
160	23,0
200	19,8
250	24,6
315	28,2
400	31,4
500	35,2
630	36,9
800	37,6
1000	35,7
1250	34,8
1600	36,8
2000	38,1
2500	37,7
3150	34,9
4000	37,8
5000	43,5



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 35 (-1; -4) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

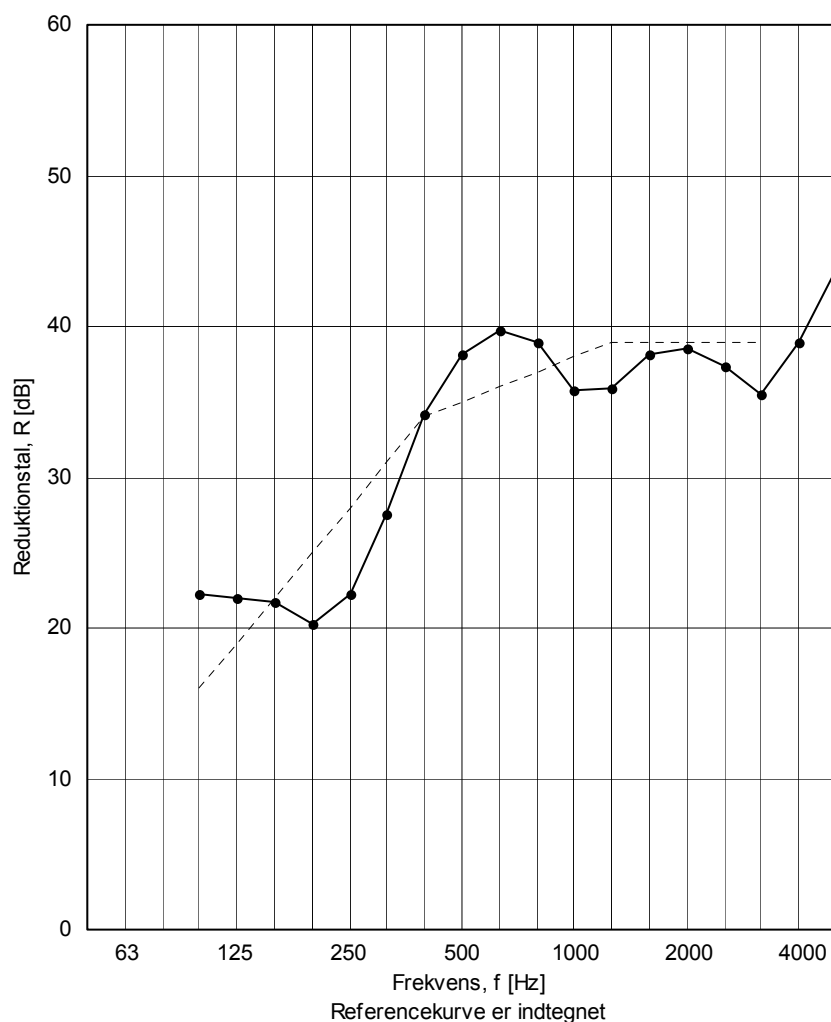
Test år: 2001

Prøveemne: 6-16-4 Krypton
Termorude med Krypton, monteret i vindue af træ.
Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm
Fladevægt af rude: 25 kg/m²
Areal af prøveåbning: 1,88 m²
Senderumsvolumen: 118 m³
Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,2
125	22,0
160	21,7
200	20,2
250	22,3
315	27,6
400	34,2
500	38,2
630	39,7
800	38,9
1000	35,7
1250	35,9
1600	38,1
2000	38,6
2500	37,4
3150	35,5
4000	38,9
5000	43,9



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 35 (-1; -4) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 6-16-4 TPS

Termorude med TPS-afstandsprofil, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

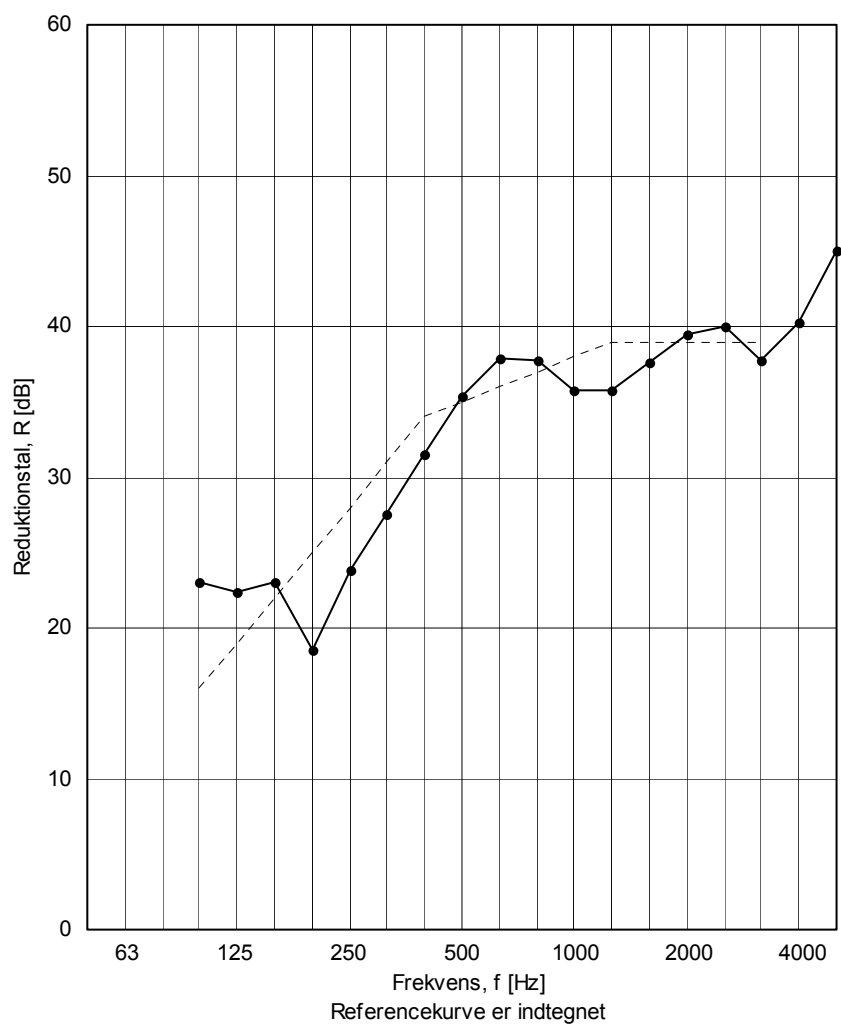
Fladevægt af rude: 26 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	23,1
125	22,4
160	23,0
200	18,6
250	23,8
315	27,5
400	31,5
500	35,3
630	37,9
800	37,7
1000	35,7
1250	35,7
1600	37,6
2000	39,5
2500	40,0
3150	37,8
4000	40,2
5000	45,0



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 35 (-1; -5) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 8-14-4

Termorude med Argon, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

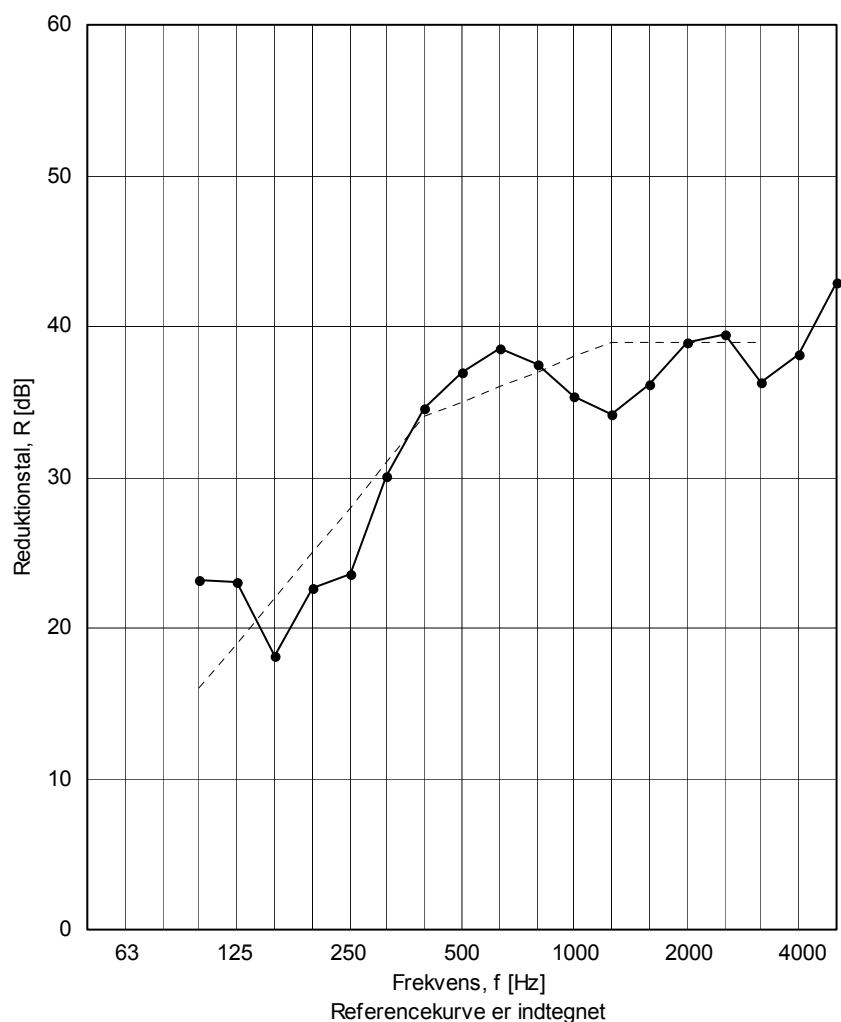
Fladevægt af rude: 30 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	23,2
125	23,1
160	18,1
200	22,7
250	23,6
315	30,1
400	34,6
500	37,0
630	38,6
800	37,5
1000	35,3
1250	34,2
1600	36,2
2000	38,9
2500	39,5
3150	36,3
4000	38,2
5000	42,9



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 35 (-1; -4) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 33.4-16-4

Termorude med Argon og sikkerhedslaminat, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

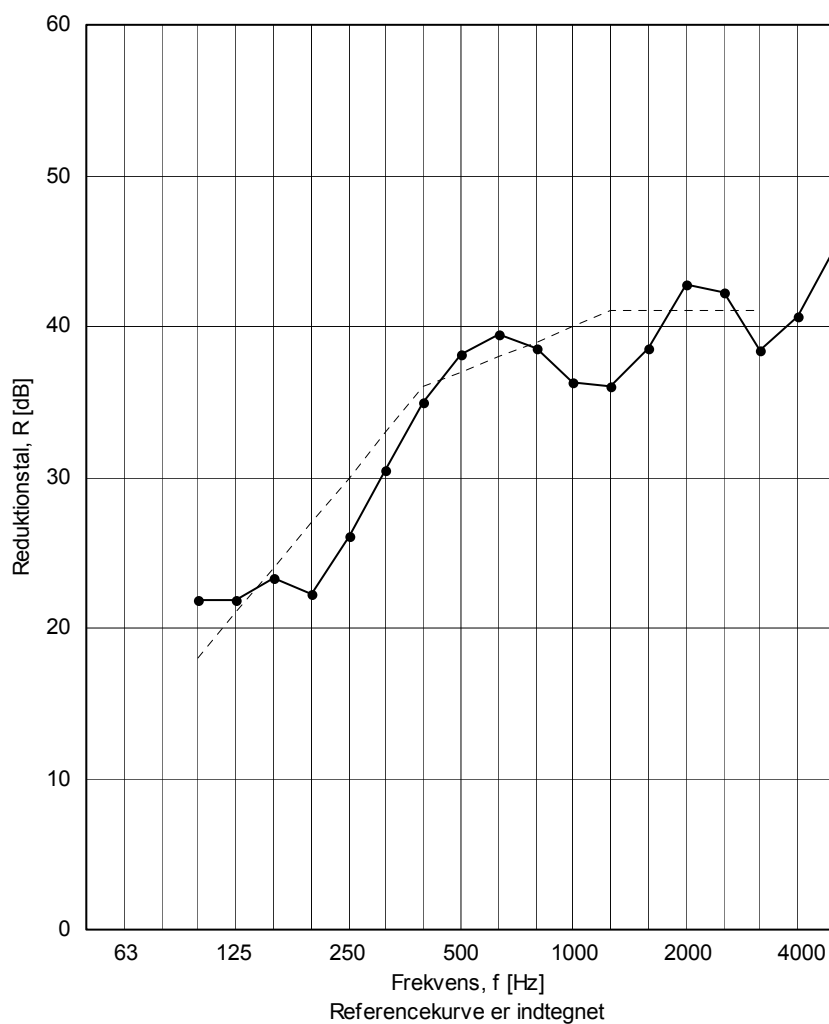
Fladevægt af rude: 25 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	21,8
125	21,8
160	23,3
200	22,3
250	26,1
315	30,4
400	35,0
500	38,1
630	39,5
800	38,6
1000	36,3
1250	36,0
1600	38,5
2000	42,8
2500	42,3
3150	38,4
4000	40,6
5000	45,3



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 37 (-1; -5) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 33.1-16-4 (sg)

Termorude med Argon og lydaminat, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

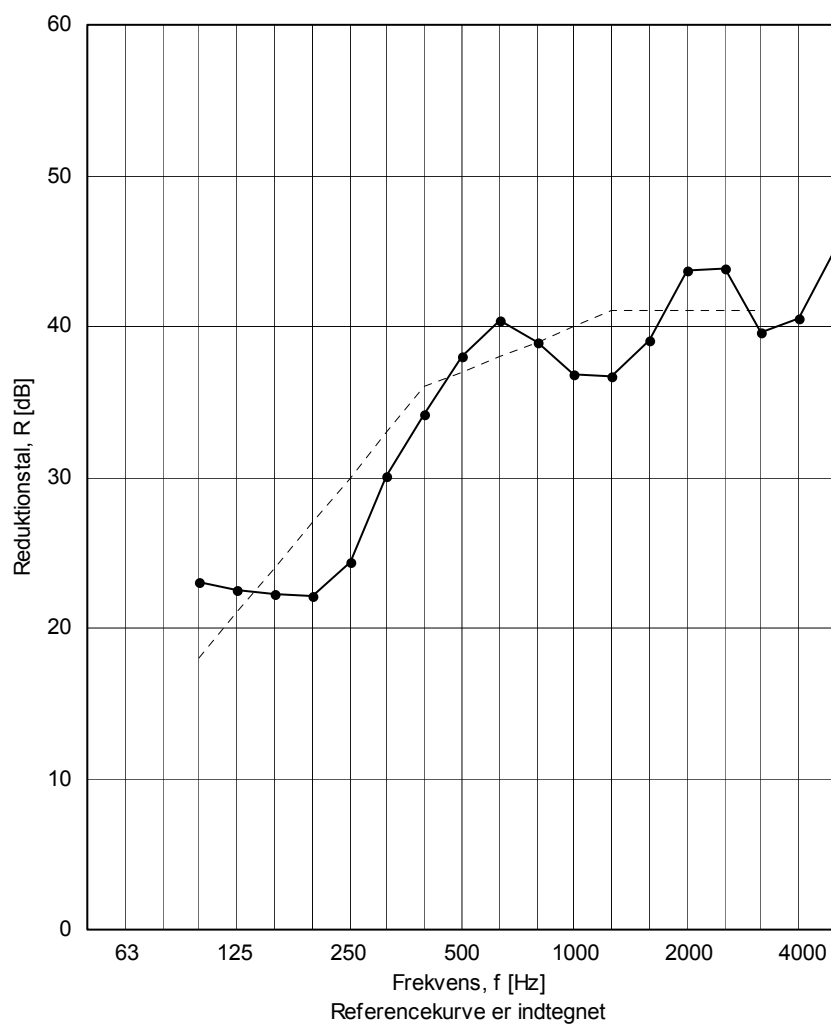
Fladevægt af rude: 25 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	23,0
125	22,5
160	22,2
200	22,1
250	24,4
315	30,1
400	34,2
500	38,0
630	40,4
800	38,9
1000	36,8
1250	36,7
1600	39,1
2000	43,7
2500	43,8
3150	39,6
4000	40,5
5000	45,3



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 37 (-2; -5) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 33.1-16-6 (sg)

Termorude med Argon og lydlaminat, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 28 mm

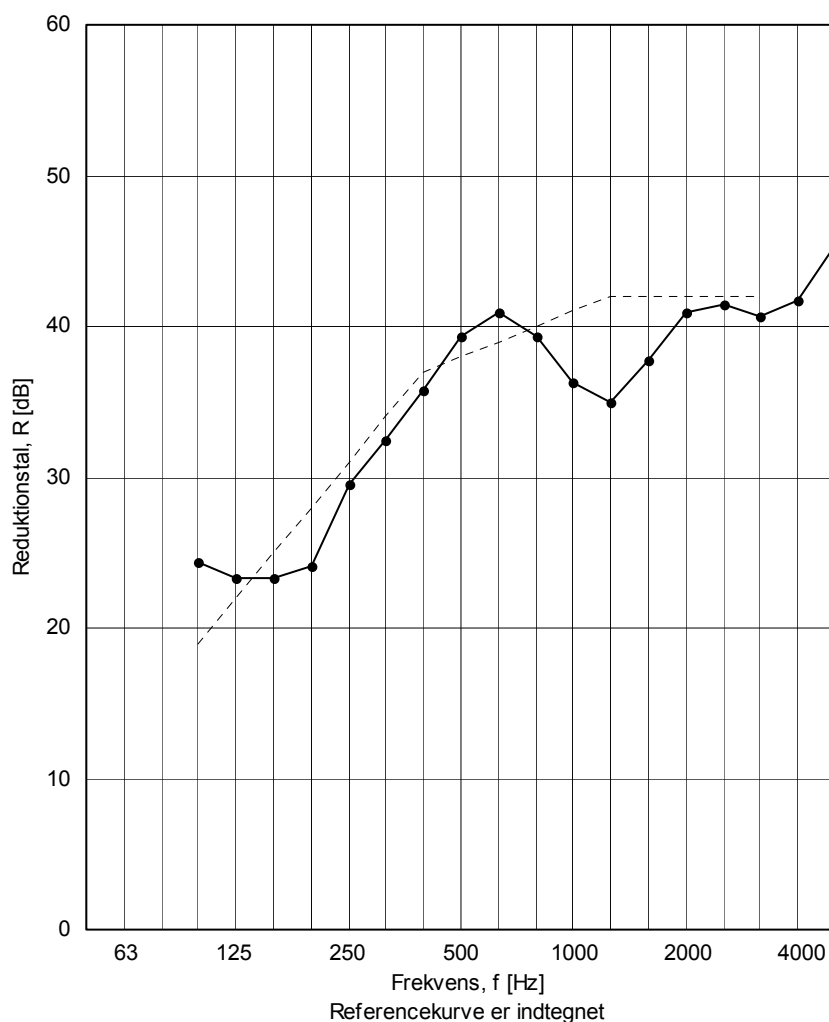
Fladevægt af rude: 30 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	24,4
125	23,3
160	23,3
200	24,1
250	29,6
315	32,5
400	35,8
500	39,4
630	40,9
800	39,4
1000	36,3
1250	35,0
1600	37,7
2000	40,9
2500	41,5
3150	40,7
4000	41,7
5000	45,4



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 38 (-2; -5) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 4/1.5/4-16-4

Termorude med Argon og støbelaminat, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 29 mm

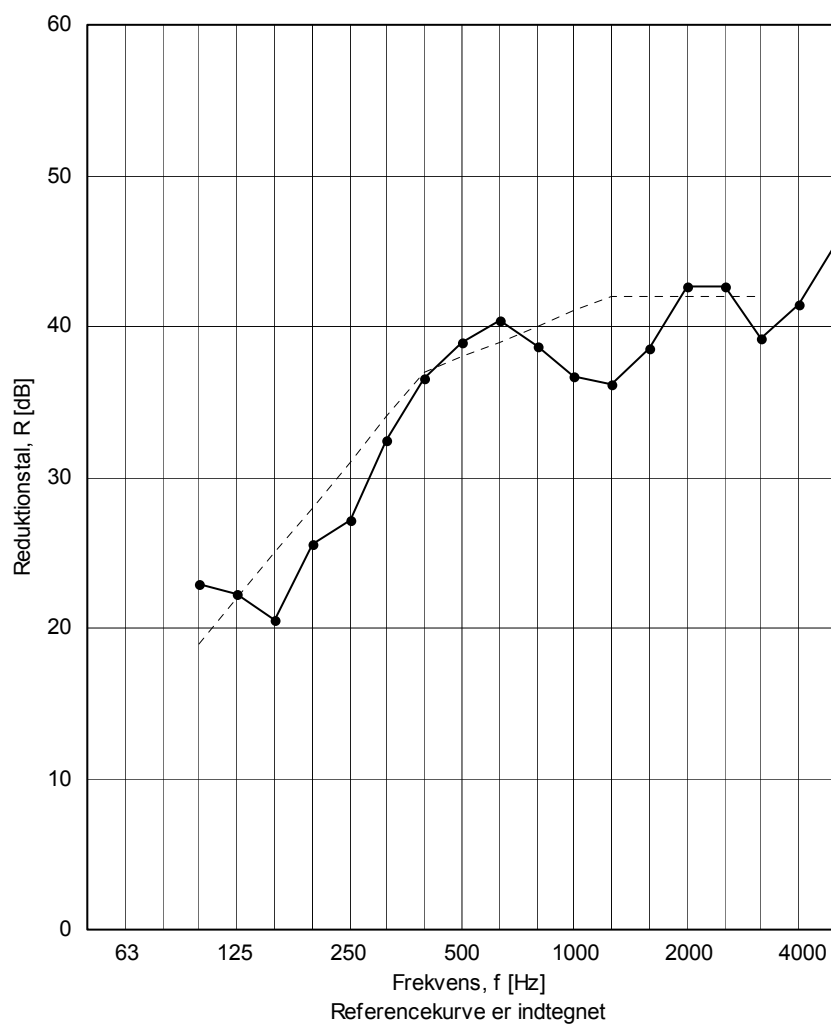
Fladevægt af rude: 30 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,9
125	22,2
160	20,5
200	25,5
250	27,2
315	32,5
400	36,6
500	38,9
630	40,4
800	38,7
1000	36,7
1250	36,1
1600	38,6
2000	42,6
2500	42,6
3150	39,2
4000	41,4
5000	45,6



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 38 (-2; -5) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2000

Prøveemne: 6-16-4 SF₆

Termorude med SF₆, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

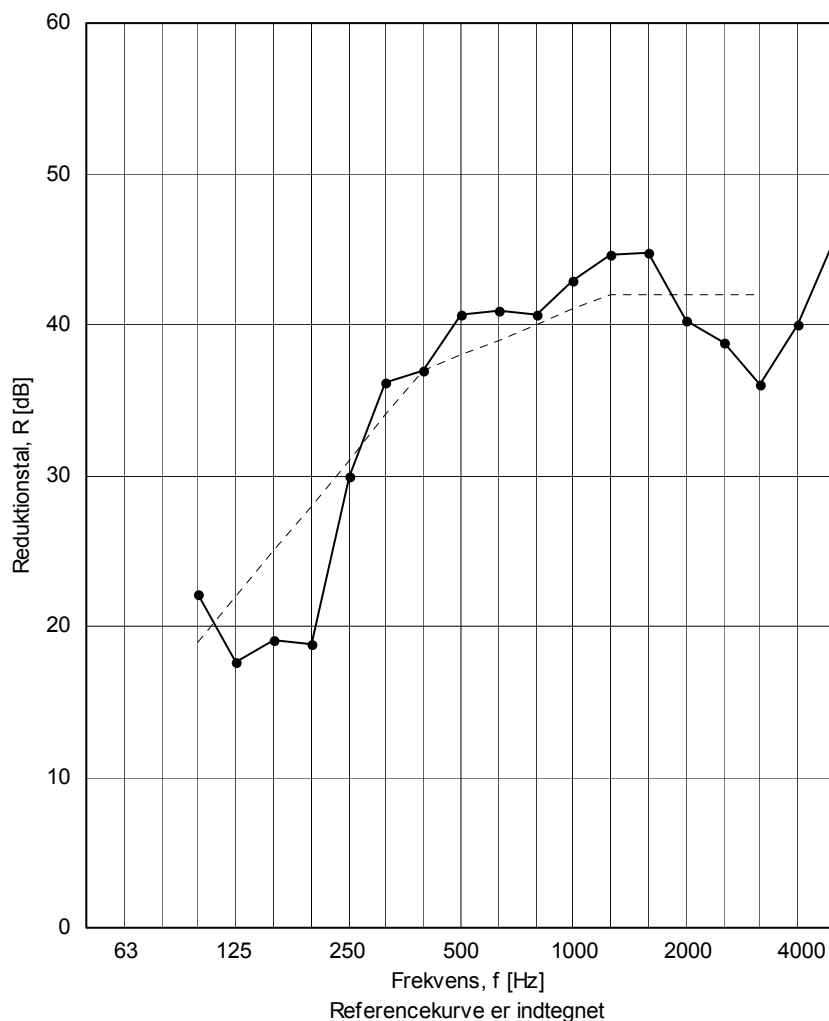
Fladevægt af rude: 25 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,1
125	17,6
160	19,1
200	18,8
250	30,0
315	36,1
400	37,0
500	40,6
630	40,9
800	40,6
1000	42,9
1250	44,6
1600	44,8
2000	40,3
2500	38,8
3150	36,0
4000	40,0
5000	45,8



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 38 (-3;-7) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratoriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 6-16-4

Termorude med Argon, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

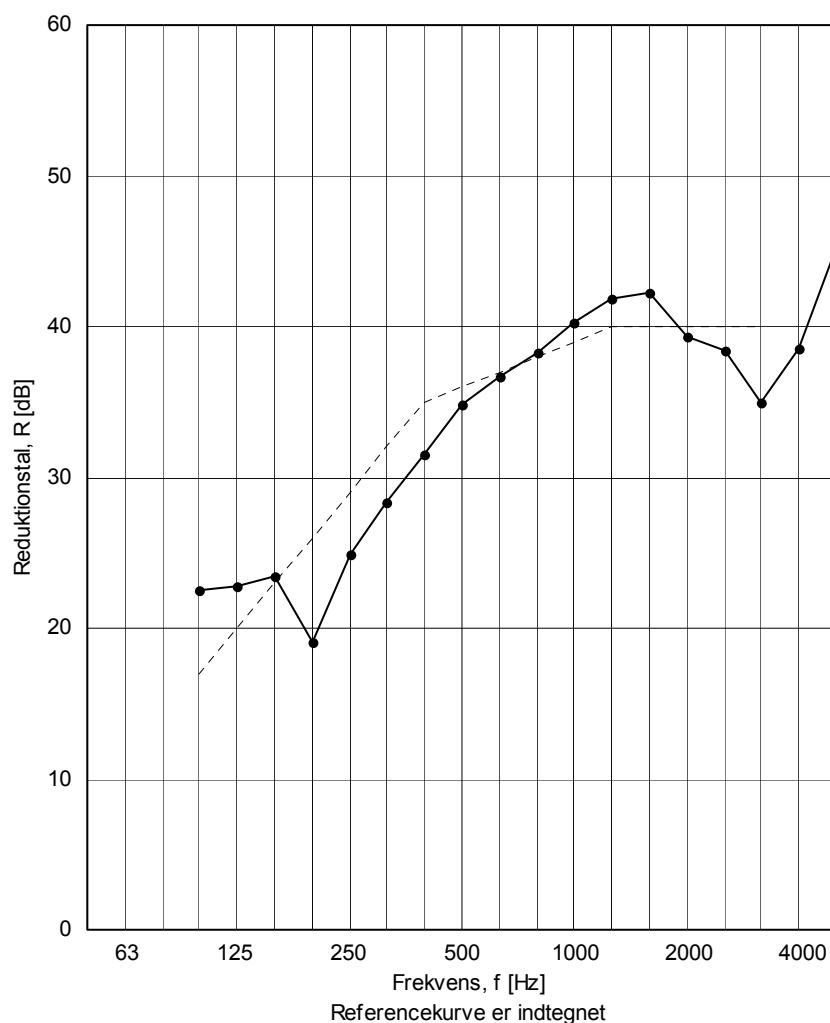
Fladevægt af rude: 25 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,5
125	22,8
160	23,4
200	19,1
250	24,9
315	28,3
400	31,5
500	34,9
630	36,7
800	38,3
1000	40,3
1250	41,9
1600	42,3
2000	39,4
2500	38,4
3150	35,0
4000	38,6
5000	45,3



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 36 (-2; -5) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratoriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 6-16-4 Krypton

Termorude med Krypton, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

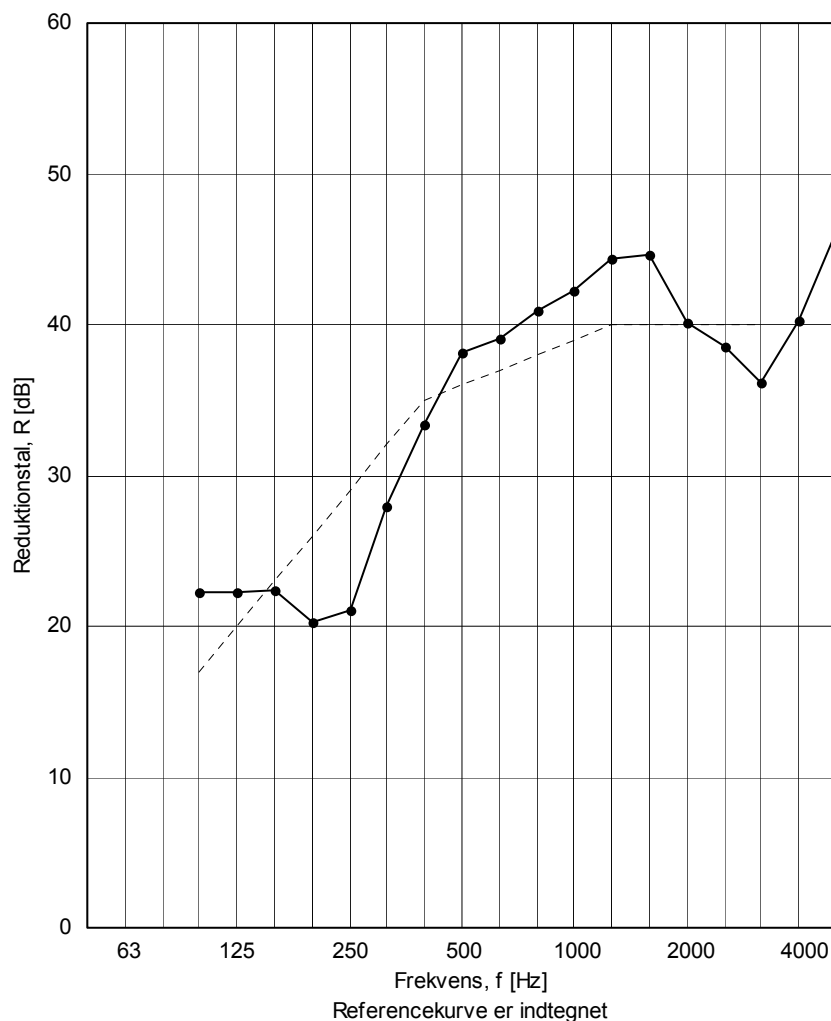
Fladevægt af rude: 25 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,2
125	22,3
160	22,4
200	20,2
250	21,1
315	28,0
400	33,4
500	38,1
630	39,1
800	40,9
1000	42,3
1250	44,4
1600	44,6
2000	40,1
2500	38,5
3150	36,1
4000	40,3
5000	46,2



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 36 (-2; -5) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratoriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 6-16-4 TPS

Termorude med TPS-afstandsprofil, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

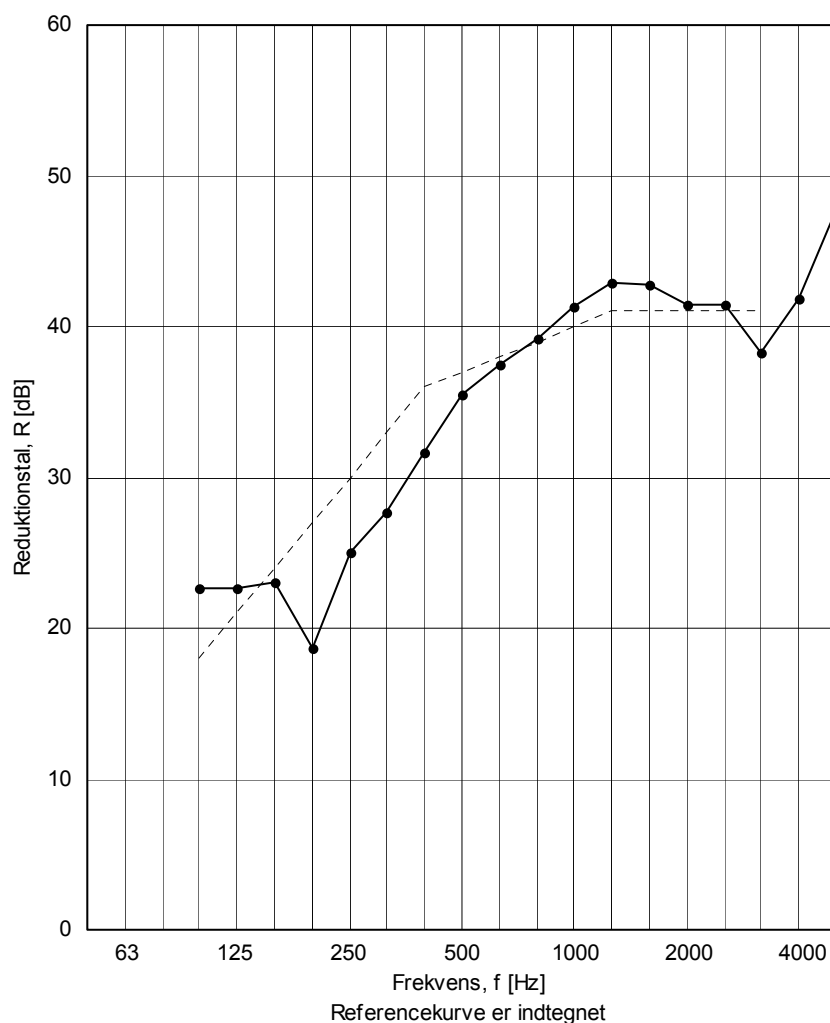
Fladevægt af rude: 25 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,6
125	22,7
160	23,1
200	18,7
250	25,0
315	27,7
400	31,7
500	35,5
630	37,5
800	39,2
1000	41,3
1250	42,9
1600	42,8
2000	41,4
2500	41,4
3150	38,3
4000	41,8
5000	47,8



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 37 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 8-14-4

Termorude med Argon, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

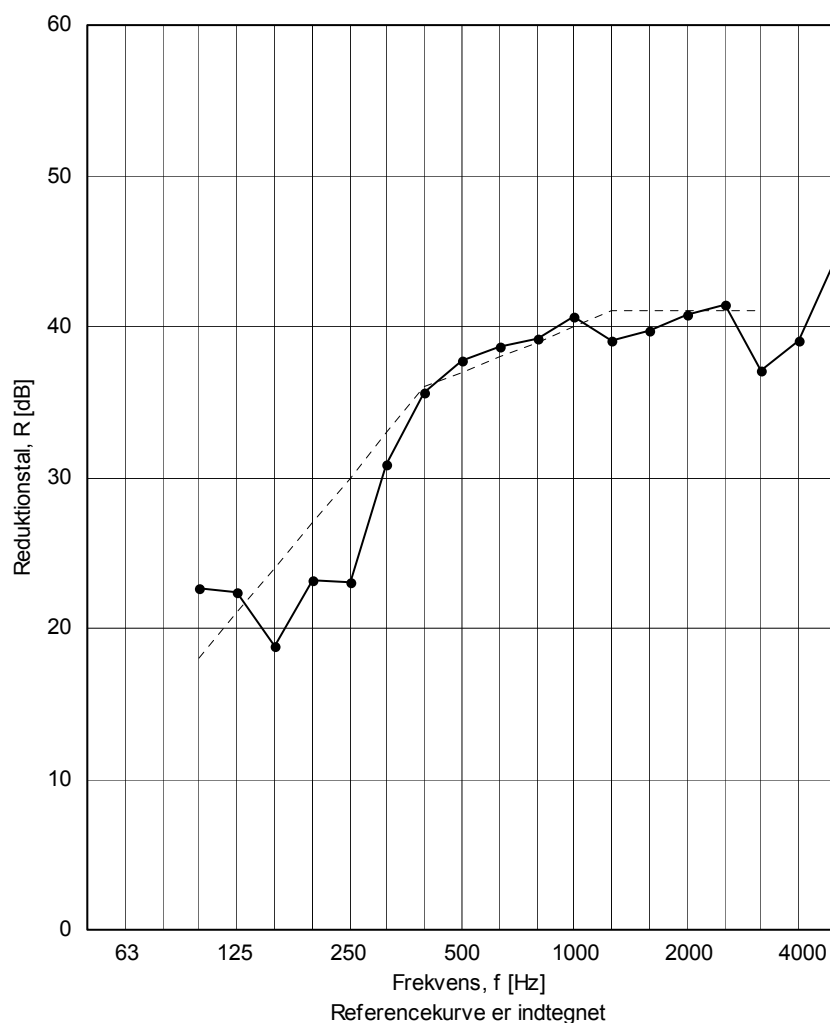
Fladevægt af rude: 30 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,6
125	22,4
160	18,8
200	23,2
250	23,1
315	30,9
400	35,6
500	37,8
630	38,7
800	39,2
1000	40,7
1250	39,1
1600	39,7
2000	40,8
2500	41,5
3150	37,1
4000	39,1
5000	44,6



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 37 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 33.4-16-4

Termorude med Argon og sikkerhedslaminat, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

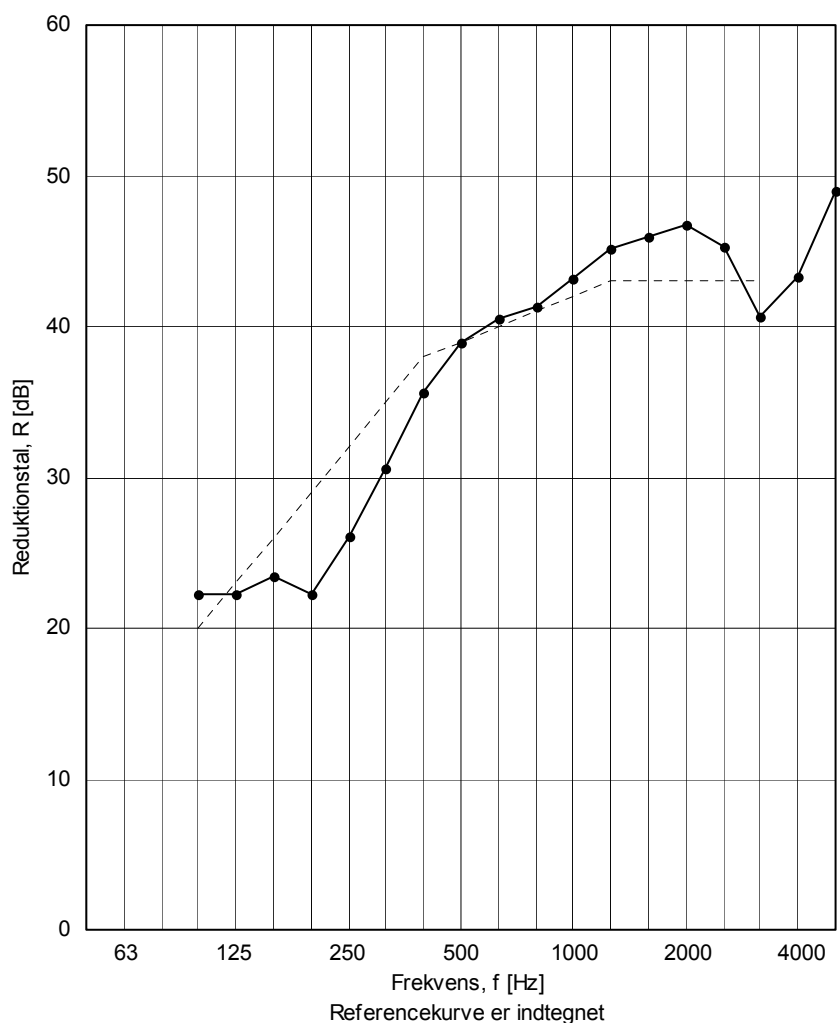
Fladevægt af rude: 25 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,2
125	22,2
160	23,4
200	22,3
250	26,1
315	30,6
400	35,6
500	38,9
630	40,5
800	41,3
1000	43,2
1250	45,2
1600	46,0
2000	46,8
2500	45,3
3150	40,6
4000	43,3
5000	49,0



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 39 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 33.1-16-4 (sg)

Termorude med Argon og lydaminat, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 26 mm

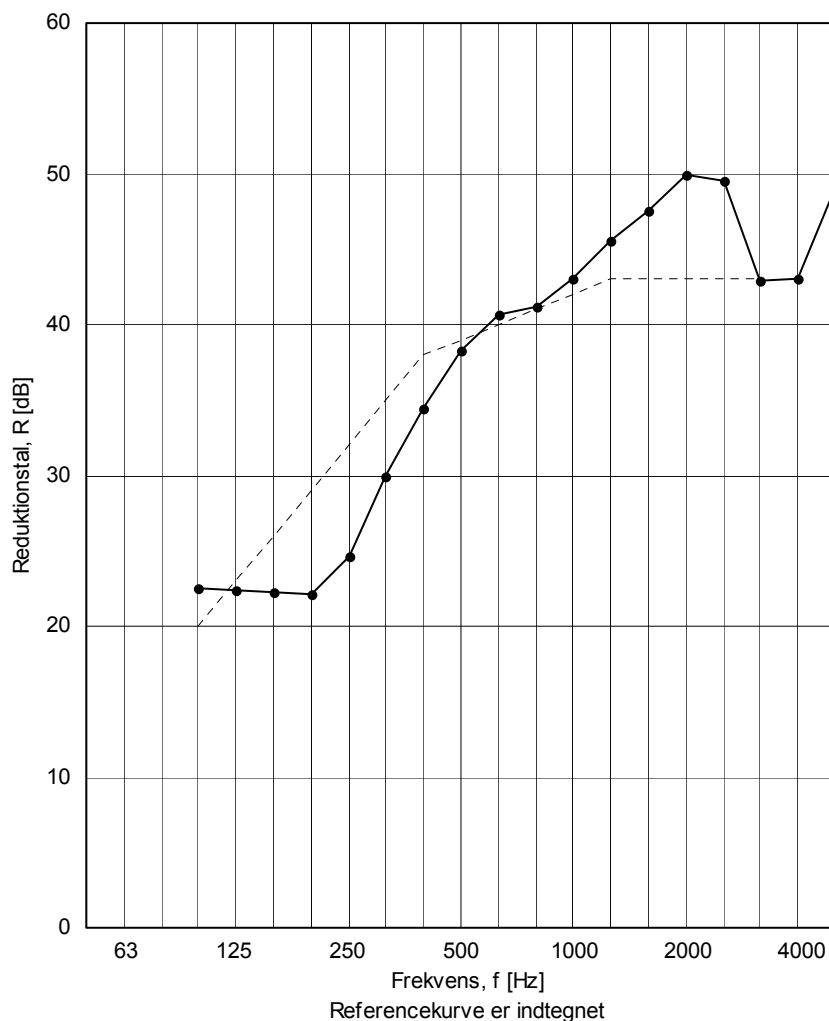
Fladevægt af rude: 25 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,5
125	22,4
160	22,3
200	22,1
250	24,6
315	29,9
400	34,5
500	38,3
630	40,6
800	41,2
1000	43,0
1250	45,6
1600	47,5
2000	49,9
2500	49,5
3150	42,9
4000	43,0
5000	49,1



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 39 (-2;-7) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratoriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 33.1-16-6 (sg)

Termorude med Argon og lydaminat, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 28 mm

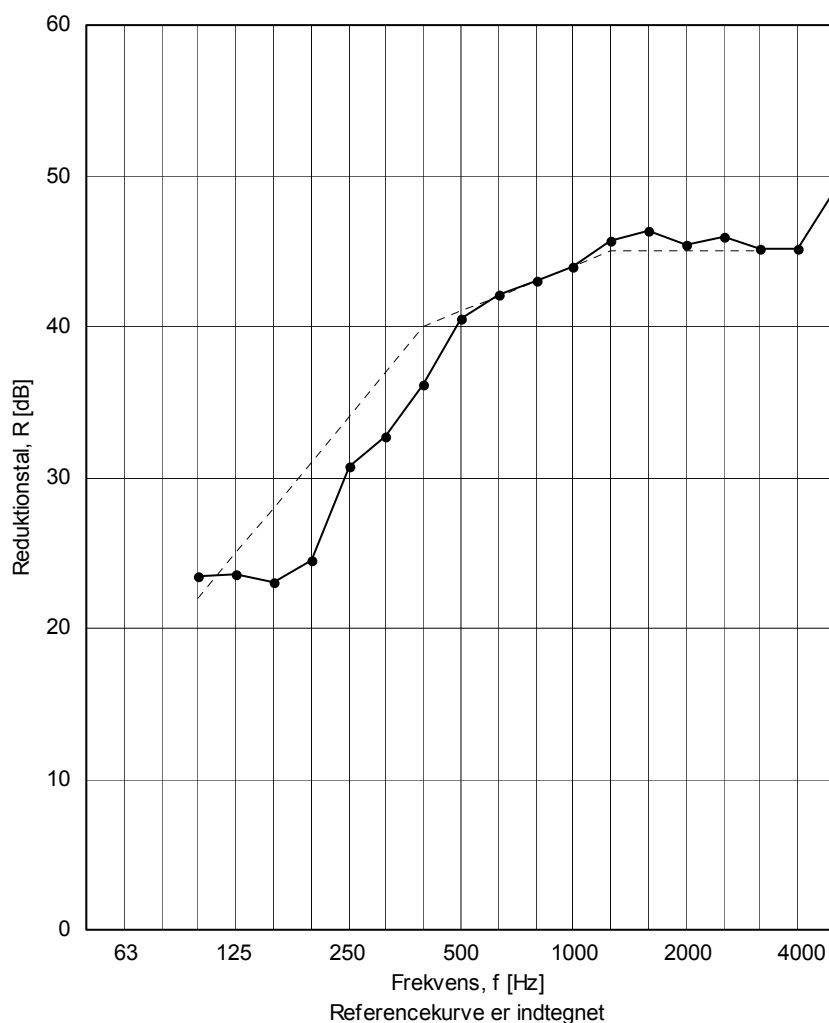
Fladevægt af rude: 30 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	23,5
125	23,6
160	23,0
200	24,5
250	30,7
315	32,7
400	36,2
500	40,5
630	42,1
800	43,0
1000	44,0
1250	45,7
1600	46,4
2000	45,4
2500	45,9
3150	45,2
4000	45,1
5000	49,1



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 41 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratoriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 4/1.5/4-16-4

Termorude med Argon og støbelaminat, monteret i vindue af træ.

Oplukkeligt topstyret vindue med ét tætningsplan.

Fuge mellem karm og ramme samt bundglaslisten tætnet med tape.

Rudemål: 1047 mm × 1297 mm

Tykkelse af rude: 29 mm

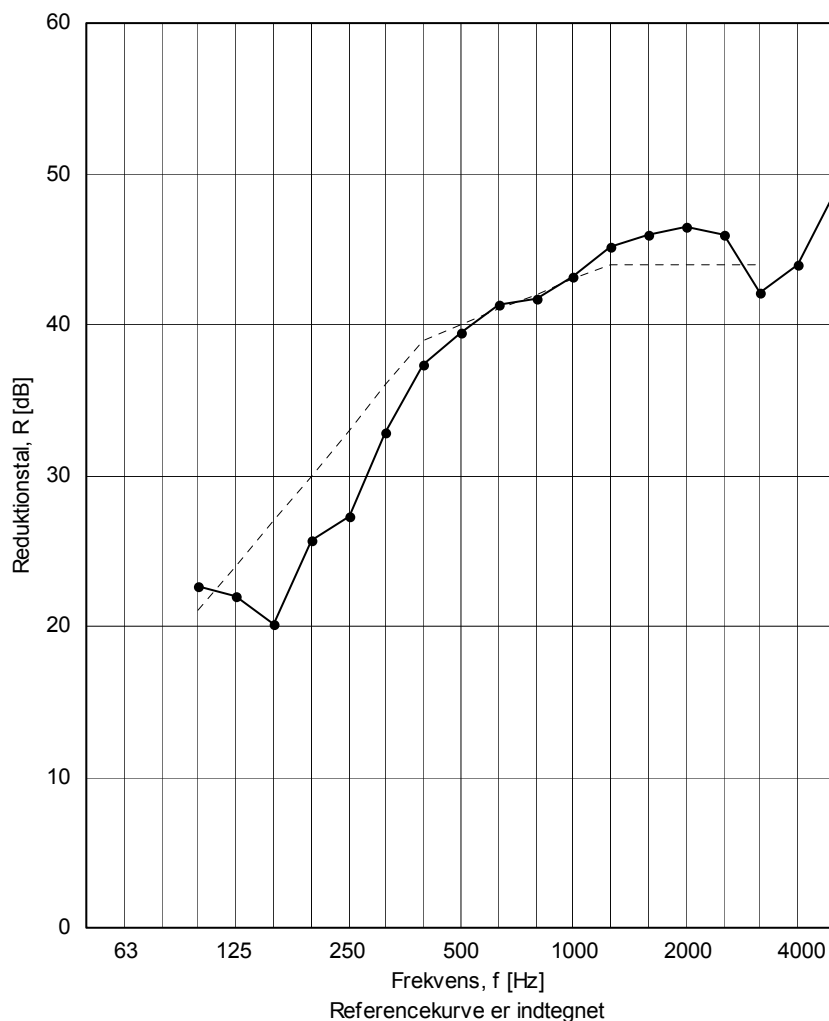
Fladevægt af rude: 30 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,7
125	22,0
160	20,1
200	25,7
250	27,3
315	32,9
400	37,4
500	39,5
630	41,3
800	41,7
1000	43,2
1250	45,1
1600	45,9
2000	46,5
2500	45,9
3150	42,1
4000	44,0
5000	48,9



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 40 (-2; -7) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Måleresultater fra anden forsøgsserie. Vindue af aluminium.

Indhold

Måleresultater pr. 1/3 oktav for ruder i vindue af aluminium. Hvor intet andet er anført, er gasfyldningen Argon.

6-20-4/1.5/4 SF ₆	112
6-20-4/1.5/4	113
6-20-4/1.5/4 Krypton.....	114
6-20-44.1 (sg)	115
6-20-44.2 (pi)	116
6-20-44.2 (sg)	117
6-30-44.1 (sg)	118
8-20-44.1 (sg)	119
8-20-44.2 (pi)	120
6-20-66.2 (pi)	121
33.1-20-44.1 (sg)	122
33.1-30-44.1 (sg)	123
4/1.5/4-20-4/1.5/4	124
33.1-20-4-6-33.1 (sg)	125

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

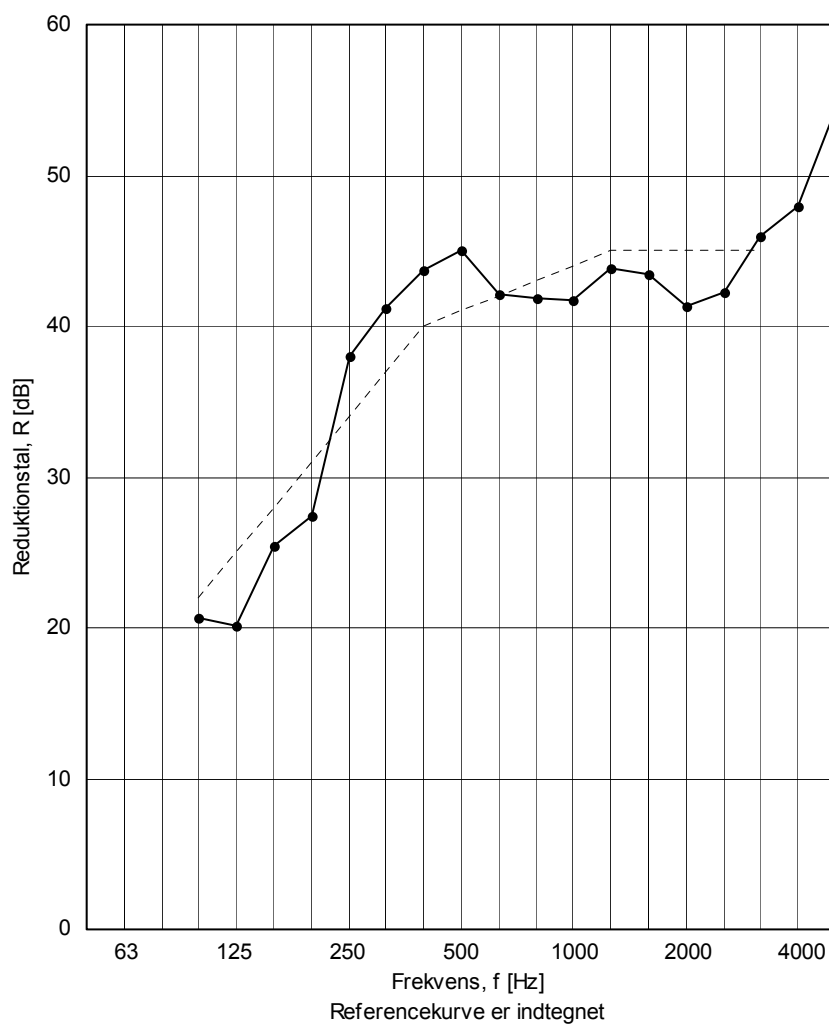
Test år: 2001

Prøveemne: 6-20-4/1.5/4 SF₆
Termorude med SF₆ og støbelaminat, monteret i vindue af aluminium.
Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 35 mm
Fladevægt af rude: 35 kg/m²
Areal af prøveåbning: 1,88 m²
Senderumsvolumen: 118 m³
Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	20,7
125	20,1
160	25,4
200	27,4
250	38,0
315	41,2
400	43,7
500	45,0
630	42,1
800	41,8
1000	41,7
1250	43,8
1600	43,4
2000	41,3
2500	42,2
3150	45,9
4000	48,0
5000	54,5



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 41 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 6-20-4/1.5/4

Termorude med Argon og støbelaminat, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 35 mm

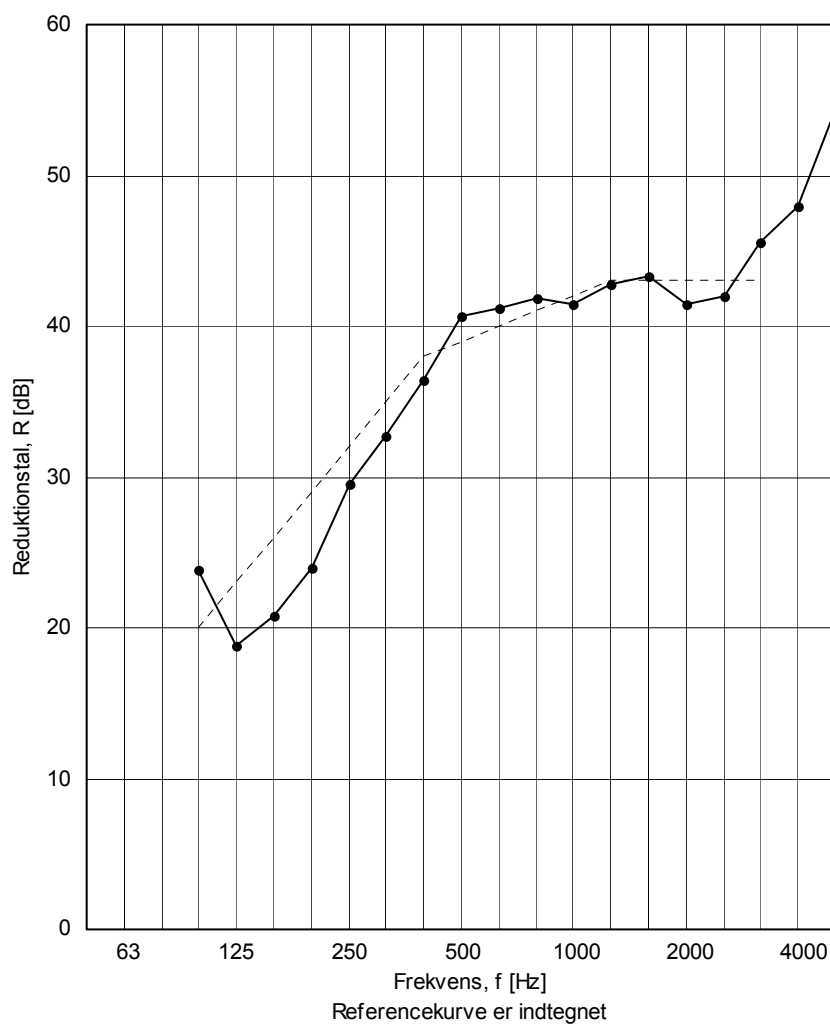
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	23,9
125	18,8
160	20,8
200	24,0
250	29,6
315	32,7
400	36,4
500	40,7
630	41,2
800	41,9
1000	41,5
1250	42,8
1600	43,3
2000	41,4
2500	42,0
3150	45,6
4000	47,9
5000	54,5



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 39 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 6-20-4/1.5/4 Krypton

Termorude med Krypton og støbelaminat, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 34 mm

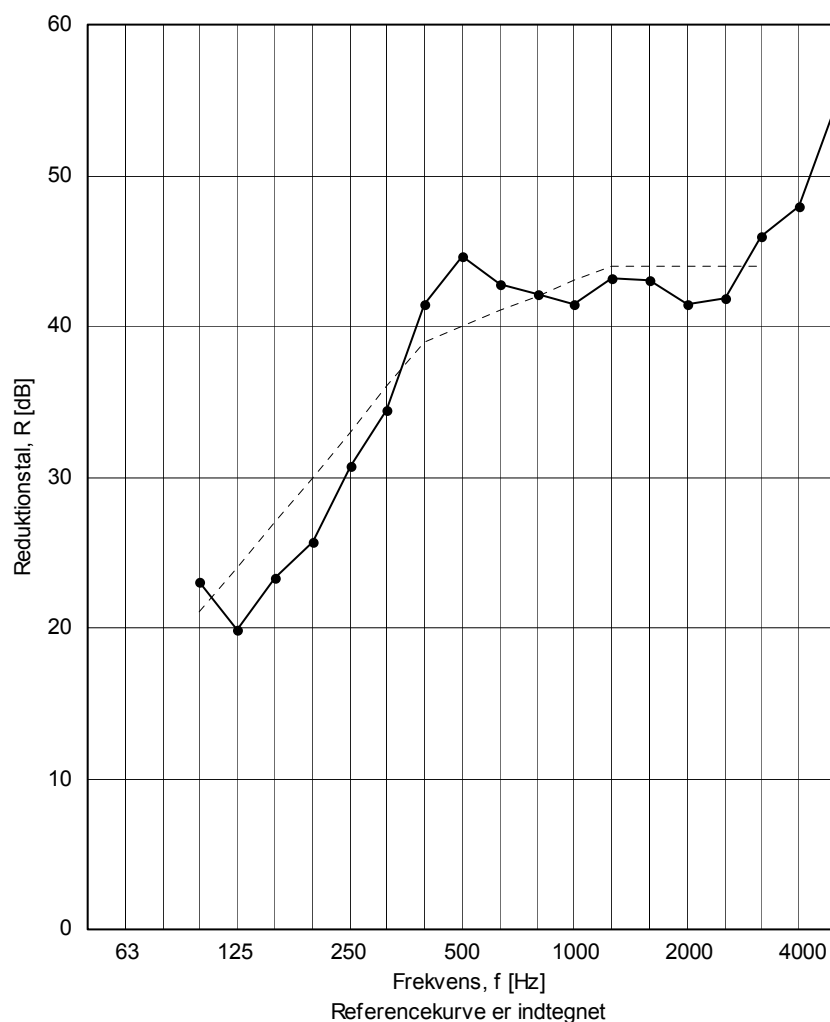
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	23,0
125	19,9
160	23,3
200	25,7
250	30,7
315	34,4
400	41,4
500	44,6
630	42,8
800	42,1
1000	41,5
1250	43,2
1600	43,1
2000	41,4
2500	41,8
3150	46,0
4000	48,0
5000	54,9



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 40 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 6-20-44.1 (sg)

Termorude med Argon og lydaminat, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 34 mm

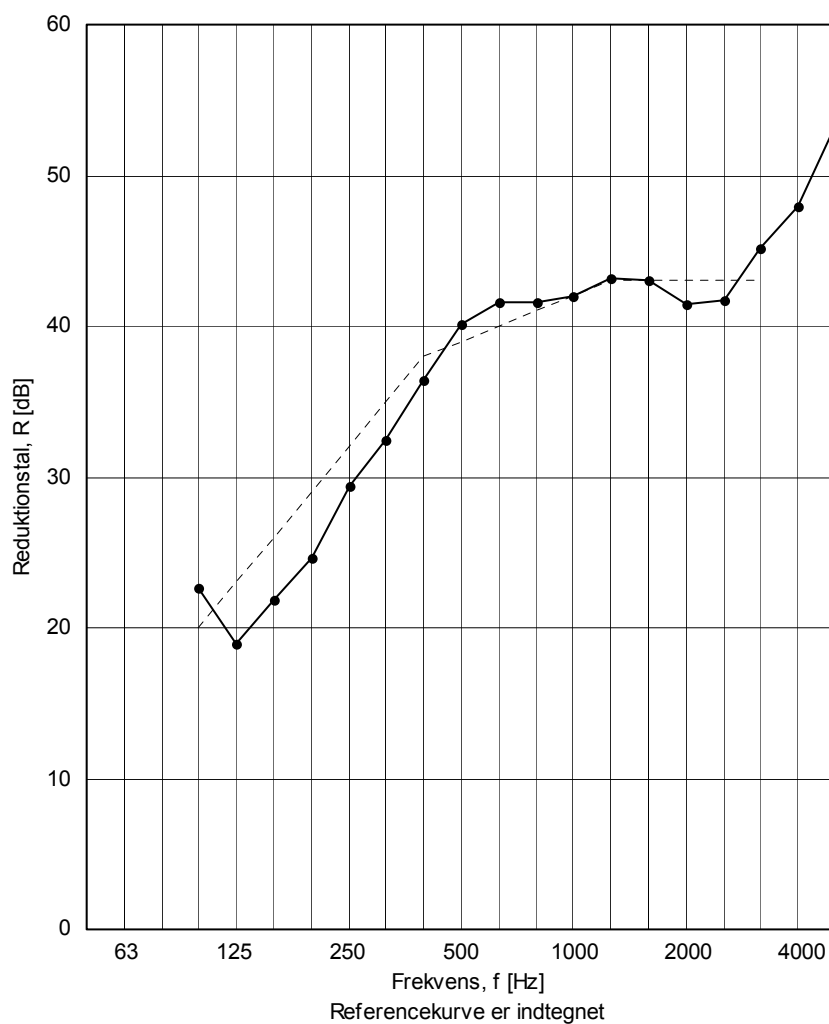
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,7
125	19,0
160	21,8
200	24,7
250	29,4
315	32,5
400	36,4
500	40,1
630	41,6
800	41,6
1000	42,0
1250	43,2
1600	43,1
2000	41,5
2500	41,7
3150	45,1
4000	47,9
5000	53,4



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 39 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 6-20-44.2 (pi)

Termorude med Argon og lydaminat, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 34 mm

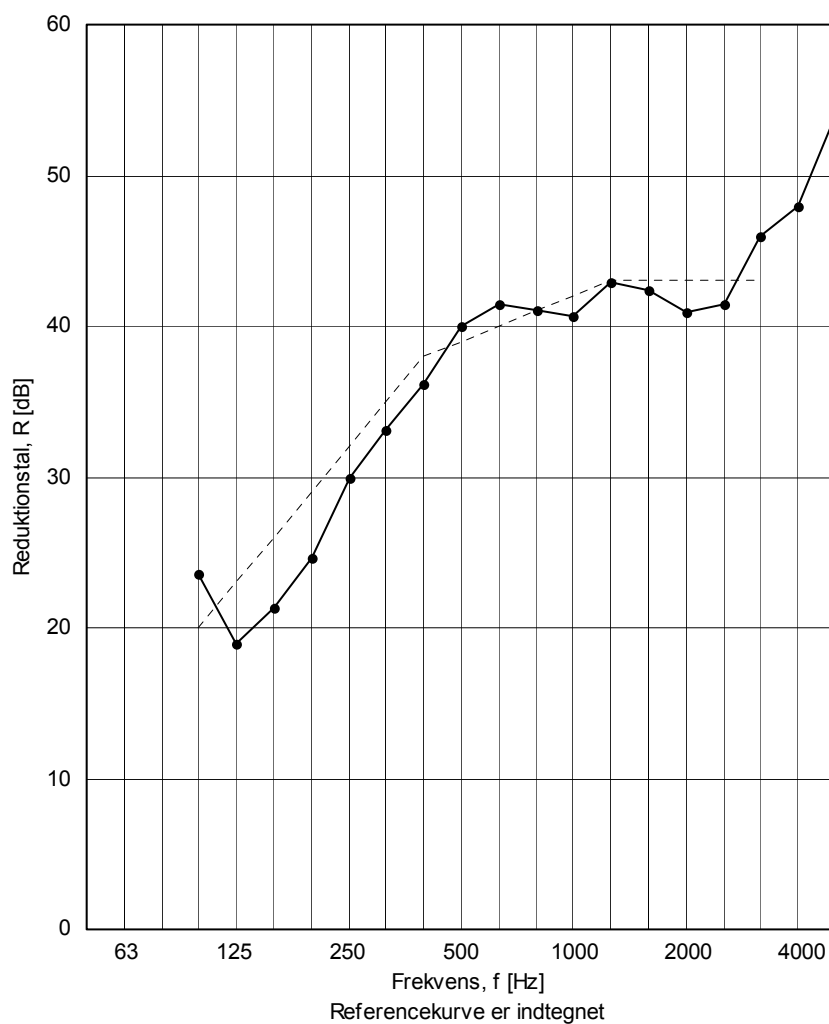
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	23,6
125	19,0
160	21,3
200	24,6
250	30,0
315	33,1
400	36,1
500	40,0
630	41,4
800	41,0
1000	40,7
1250	42,9
1600	42,4
2000	40,9
2500	41,4
3150	46,0
4000	47,9
5000	54,0



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 39 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 6-20-44.2 (sg)

Termorude med Argon og lydaminat, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 34 mm

Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,2
125	18,6
160	22,0
200	25,3
250	29,8
315	33,0
400	35,9
500	40,6
630	42,3
800	41,3
1000	41,2
1250	43,2
1600	43,3
2000	41,8
2500	42,4
3150	44,7
4000	47,3
5000	52,9



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 39 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 6-30-44.1 (sg)

Termorude med Argon og lydaminat, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 44 mm

Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	23,0
125	16,5
160	22,9
200	27,4
250	31,2
315	34,5
400	37,9
500	41,5
630	41,1
800	41,3
1000	42,8
1250	44,6
1600	44,9
2000	42,2
2500	41,7
3150	45,5
4000	47,6
5000	54,8



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 40 (-2; -7) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 8-20-44.1 (sg).

Termorude med Argon og lydaminat, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 36 mm

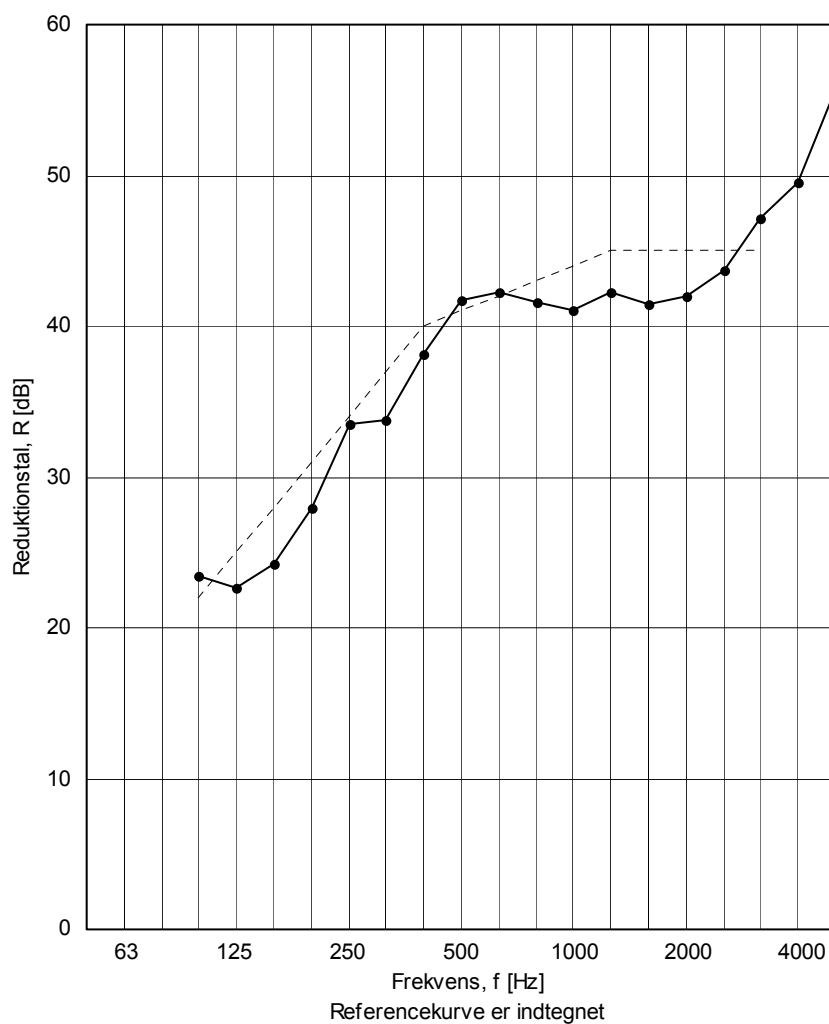
Fladevægt af rude: 40 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	23,5
125	22,7
160	24,3
200	28,0
250	33,5
315	33,8
400	38,2
500	41,7
630	42,3
800	41,6
1000	41,1
1250	42,2
1600	41,4
2000	42,0
2500	43,7
3150	47,2
4000	49,6
5000	55,8



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 41 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 8-20-44.2 (pi)

Termorude med Argon og lydaminat, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 36 mm

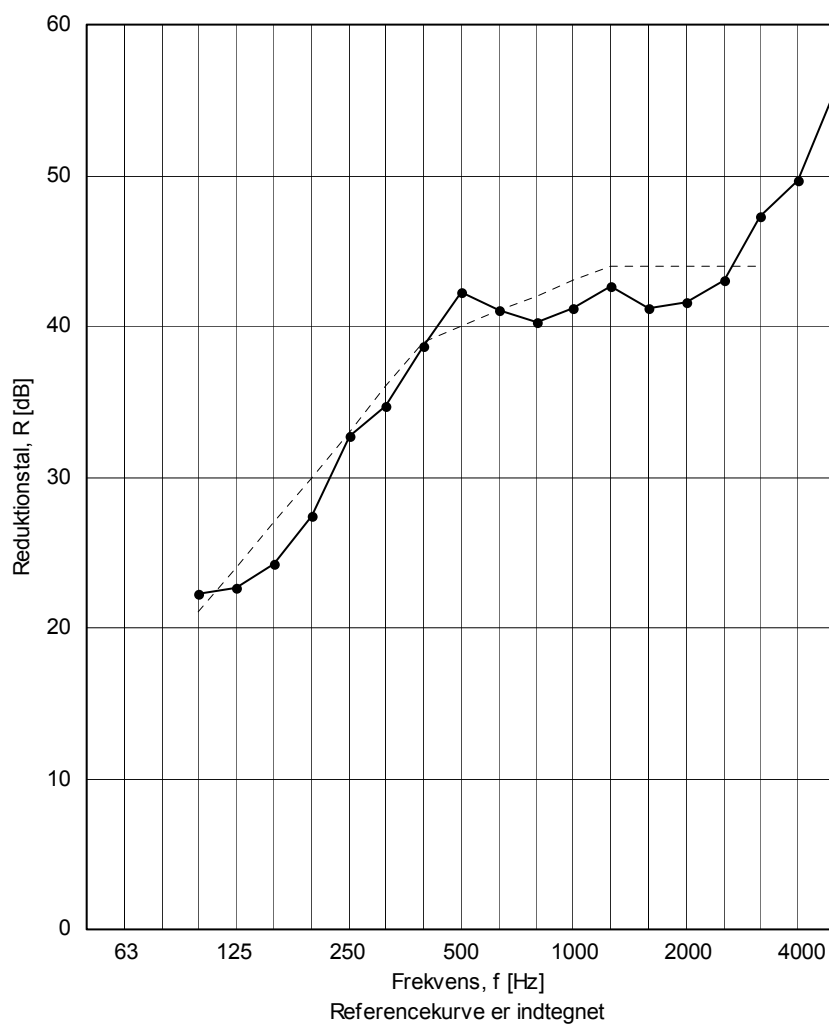
Fladevægt af rude: 40 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,2
125	22,7
160	24,3
200	27,4
250	32,7
315	34,7
400	38,7
500	42,2
630	41,0
800	40,2
1000	41,2
1250	42,6
1600	41,2
2000	41,6
2500	43,0
3150	47,3
4000	49,7
5000	55,8



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 40 (-1; -5) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 6-20-66.2 (pi)

Termorude med Argon og lydaminat, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 38 mm

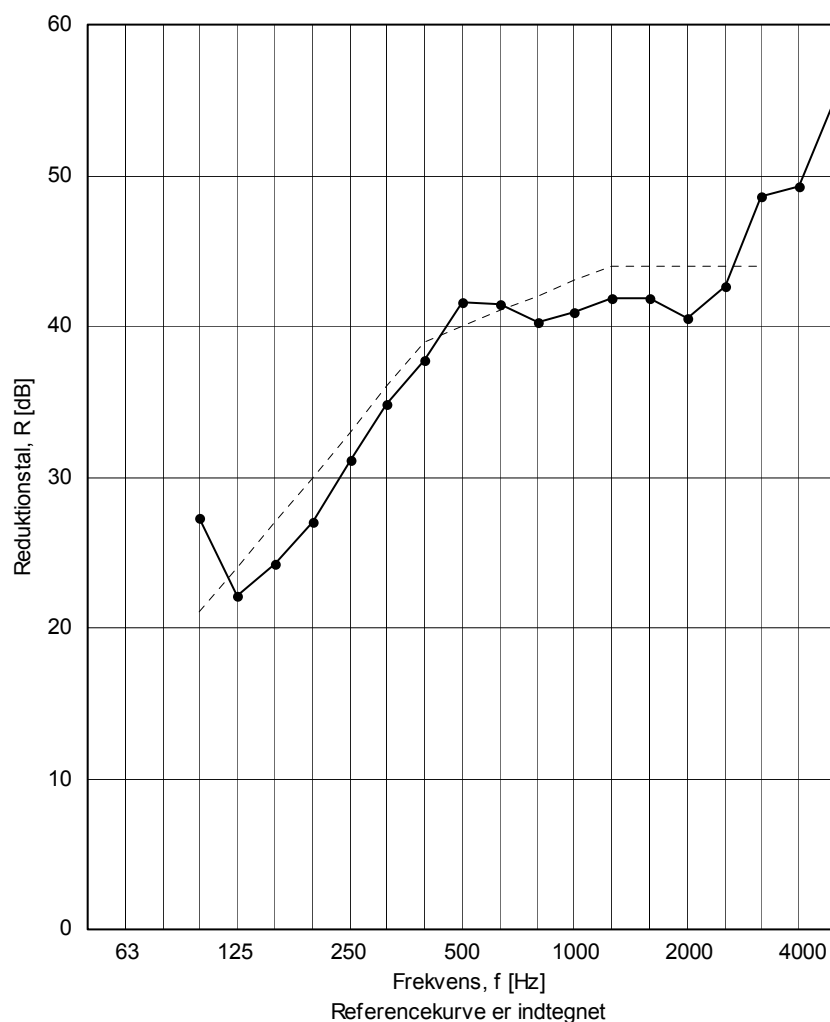
Fladevægt af rude: 45 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	27,3
125	22,1
160	24,3
200	27,0
250	31,1
315	34,8
400	37,8
500	41,6
630	41,4
800	40,2
1000	40,9
1250	41,8
1600	41,9
2000	40,5
2500	42,7
3150	48,6
4000	49,3
5000	55,3



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 40 (-1; -5) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 33.1-20-44.1 (sg)

Termorude med Argon og lydaminater, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 34 mm

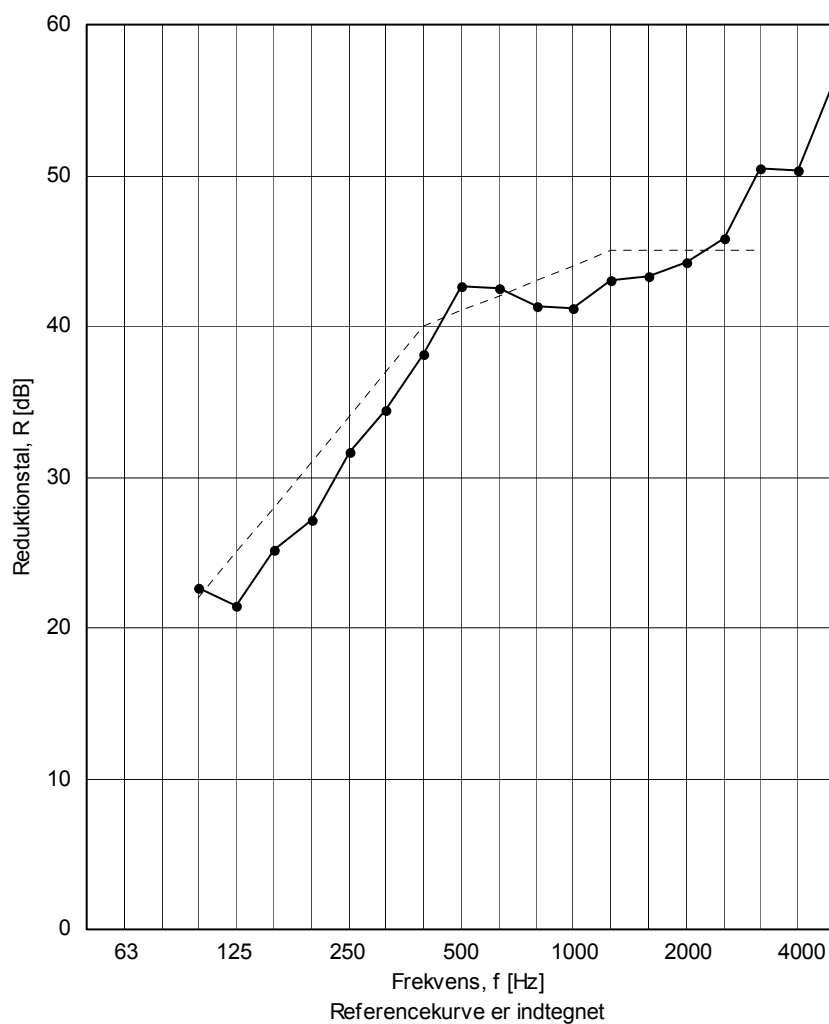
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	22,7
125	21,4
160	25,2
200	27,2
250	31,6
315	34,4
400	38,1
500	42,7
630	42,5
800	41,3
1000	41,2
1250	43,0
1600	43,3
2000	44,2
2500	45,8
3150	50,4
4000	50,3
5000	56,6



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 41 (-2; -6) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 33.1-30-44.1 (sg)

Termorude med Argon og lydlaminate, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 44 mm

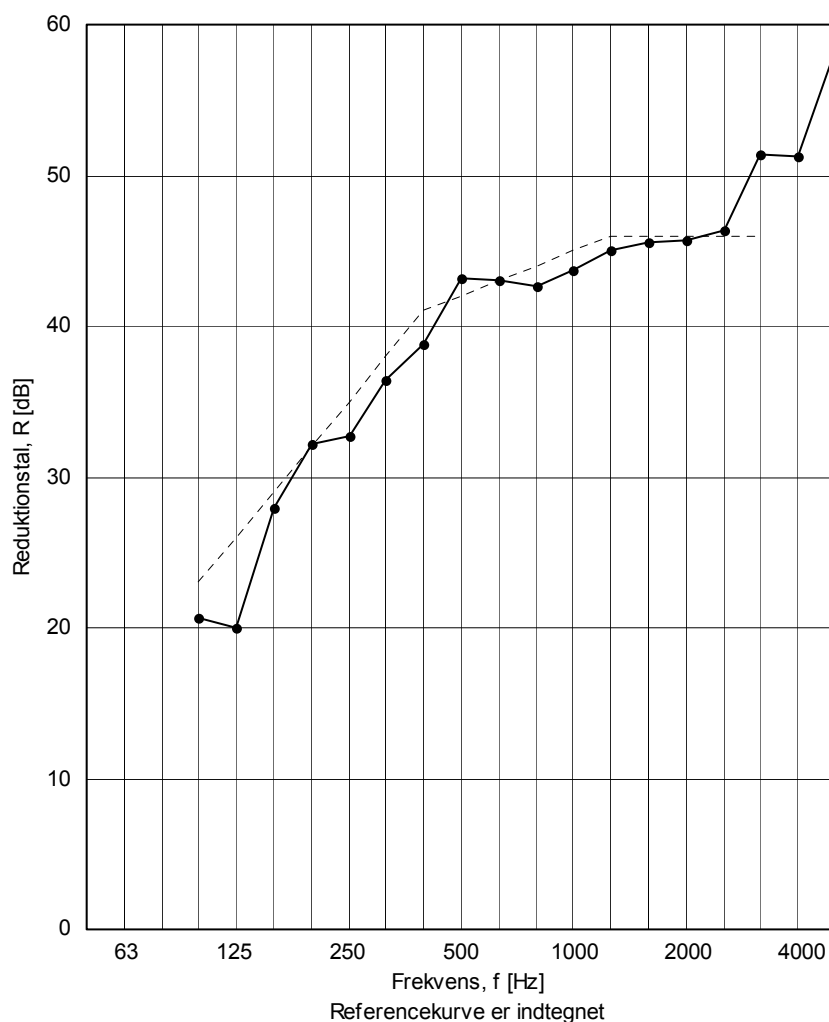
Fladevægt af rude: 35 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	20,7
125	20,0
160	27,9
200	32,2
250	32,7
315	36,4
400	38,8
500	43,2
630	43,0
800	42,7
1000	43,7
1250	45,0
1600	45,6
2000	45,7
2500	46,4
3150	51,4
4000	51,2
5000	58,4



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 42 (-2; -7) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboratiormåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 4/1.5/4-20-4/1.5/4

Termorude med Argon og støbelaminater, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 38 mm

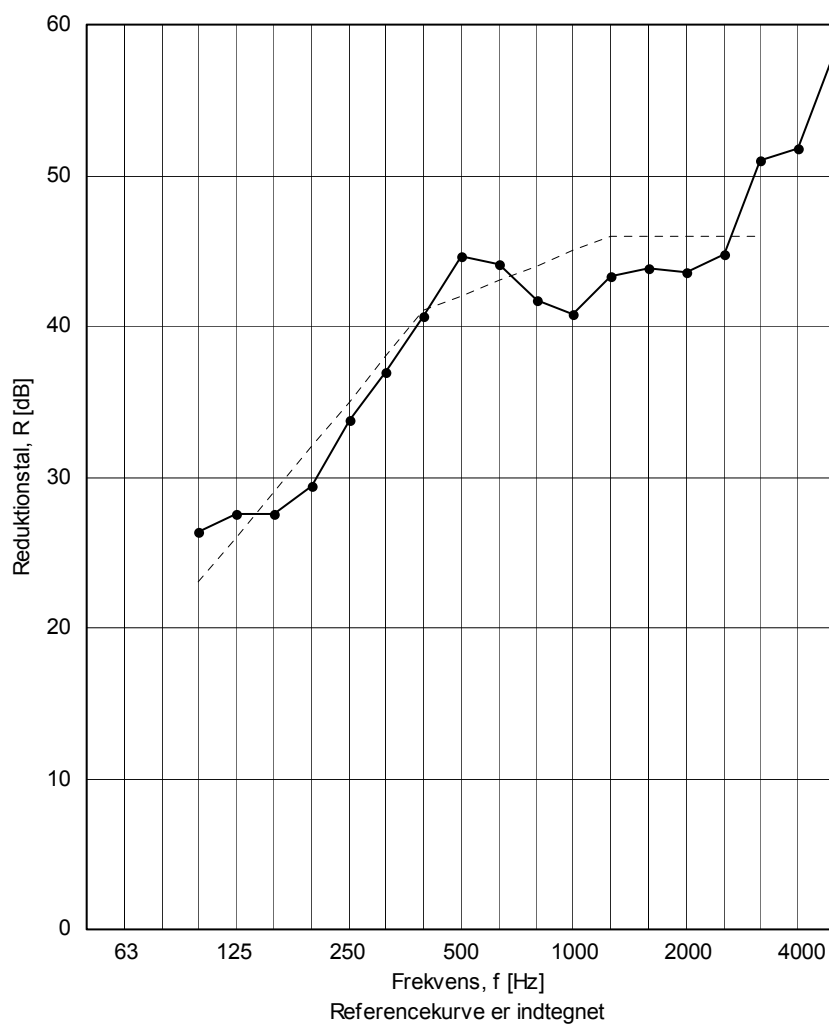
Fladevægt af rude: 40 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	26,3
125	27,5
160	27,5
200	29,4
250	33,8
315	36,9
400	40,7
500	44,6
630	44,1
800	41,7
1000	40,8
1250	43,3
1600	43,8
2000	43,6
2500	44,8
3150	51,0
4000	51,8
5000	58,4



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 42 (-1; -4) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboratiormåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995

Laboriemåling af luftlydisolation i henhold til DS/EN ISO 140-3:1995

Projekt: Substitution af SF₆ i lydisolerede vinduer

Test år: 2001

Prøveemne: 33.1-20-4-6-33.1 (sg)

Termorude med Argon og lydaminater, monteret i vindue af aluminium.

Ikke-oplukkeligt karmprofil.

Rudemål: 1154 mm × 1404 mm

Tykkelse af rude: 42 mm

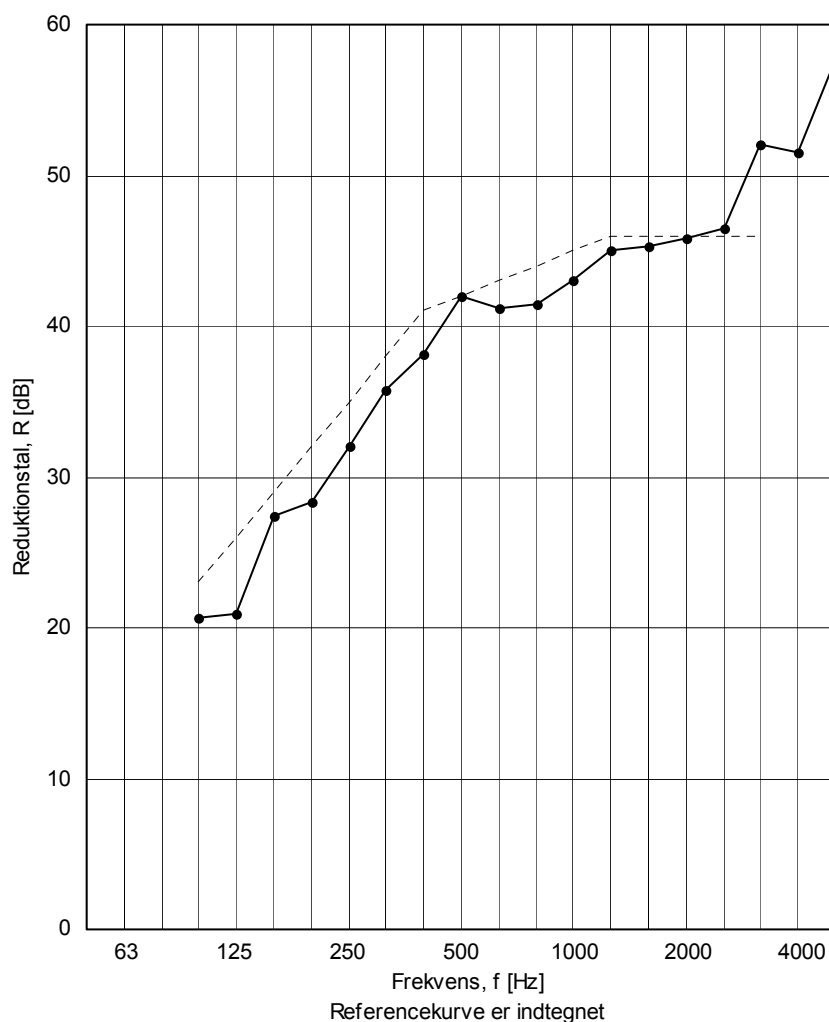
Fladevægt af rude: 40 kg/m²

Areal af prøveåbning: 1,88 m²

Senderumsvolumen: 118 m³

Modtagerumsvolumen: 65 m³

Frekvens f [Hz]	R 1/3-oktav [dB]
100	20,6
125	20,9
160	27,4
200	28,4
250	32,0
315	35,8
400	38,1
500	42,0
630	41,2
800	41,5
1000	43,1
1250	45,0
1600	45,3
2000	45,8
2500	46,5
3150	52,1
4000	51,5
5000	57,7



Vægtet reduktionstal i henhold til DS/EN ISO 717-1:1997:

$$R_w(C; C_{tr}) = 42 (-2; -7) \text{ dB}$$

Vurdering baseret på laboriemåleresultater opnået med en klasse 2-metode: DS/EN ISO 140-3:1995