

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Konstruksjonsdata for eldre og nye konstruksjoner for beregning av lydisolering mot utendørs støy

Prosjektrapport 102

2012



SINTEF Byggforsk

Anders Homb, Sigurd Hveem og Halvard Høiland-Kaupang

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Konstruksjonsdata for eldre og nye konstruksjoner
for beregning av lydisolering mot utendørs støy

Prosjektrapport 102 – 2012

Prosjektrapport nr. 102

Anders Homb, Sigurd Hveem og Halvard Høilund-Kaupang

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og yttervegg-ventiler

Konstruksjonsdata for eldre og nye konstruksjoner for beregning av lydisolering mot utendørs støy

Emneord:

Yttervegg, vindu, ventil, tak og lyd

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1293-5 (pdf)

ISBN 978-82-536-1295-9 (trykt)

Foto omslag:

SINTEF Byggforsk

33 eks. trykt av AIT AS e-dit

Innmat: 100 g munken polar

Omslag: 240 g trucard

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2012

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.

Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk



Forord

Arbeidet i denne projektrapporten er utført innenfor et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen / Vegdirektoratet, Jernbaneverket, Avinor/Oslo Lufthavn AS, Klima- og forurensningsdirektoratet og Forsvarsbygg.

Prosjektet ble gjennomført i perioden 2008 - 2012 og gjelder oppdatering av laboratoriedata for eksisterende yttervegger, vinduer, tak og ytterveggventiler inkludert utbedringstiltak. Utgangspunktet er SINTEF Byggforsk håndbok 47 fra 1999 – Isolering mot utendørs støy. Beregningsmetode og datasamling. Målet er å bedre underlaget for beregning av innendørs lydnivå og sikre større grad av likebehandling av utbedringstiltak i tilknytning til ulike anlegg i regi av samferdselsmyndighetene o.l. Det er også et mål at dette skal føre til mer presise, mindre konservative og derved billigere utbedringer.

Et viktig moment for likebehandling er at "anleggseierne" og deres konsulenter har tilgang til felles, kvalitetssikrede og oppdaterte konstruksjonsdata gjennom et nettbasert verktøy. Det er derfor forutsatt at lyddataene skal publiseres i SINTEF IKT sitt støyberegningsprogram "Støybygg" og SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer, BKS.

Prosjektet har blitt gjennomført av en prosjektgruppe bestående av Anders Homb, Sigurd Hveem, Halvard Høiland-Kaupang, Terje Retteråsen og Jørgen Tidemann-Andersen. Prosjektleder har vært Sigurd Hveem.

En spesiell takk styringsgruppen for prosjektet og til rådgivere innen akustikk som har bidratt med innspill til valg av konstruksjoner til måleprogrammet.

Oslo, november 2012

Trine Dyrstad Pettersen
Forskningssjef
SINTEF Byggforsk

Sigurd Hveem
Prosjektleder
SINTEF Byggforsk

Sammendrag

Hensikten med prosjektet har vært å bedre underlaget for beregning av innendørs lydnivå og sikre større grad av likebehandling av utbedringstiltak i tilknytning til ulike anlegg i regi av samferdselsmyndighetene o.l. Det er foretatt en oppdatering av laboratoriedata for eksisterende yttervegger, vinduer, tak og ytterveggventiler inkludert utbedringstiltak.

Utgangspunktet er SINTEF Byggforsk håndbok 47 fra 1999 "Isolering mot utendørs støy. Beregningsmetode og datasamling". Et viktig moment for likebehandling er at "anleggseierne" og deres konsulenter har tilgang til felles, kvalitetssikrede og oppdaterte konstruksjonsdata gjennom et nettbasert verktøy. Det er derfor forutsatt at lyddataene skal publiseres i SINTEF IKT sitt støyberegningsprogram "Støybygg" og SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer, BKS. Målet er at dette skal føre til mer presise, mindre konservative og derved billigere utbedringer. Prosjektet ble gjennomført i perioden 2008–2012.

Arbeidet i denne prosjektrapporten er utført innenfor et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen / Vegdirektoratet, Jernbaneverket, Avinor/Oslo Lufthavn AS, Klima- og forurensningsdirektoratet og Forsvarsbygg.

Det er utført laboratoriemålinger av yttervegger, vinduer, ytterveggventiler og tak. Det er i samråd med rådgivere innen akustikk valgt konstruksjoner fra ulike tidsepoker og ut fra at praktisk arbeid med prosjektering har avdekket behov for konstruksjonsdata. Det er også lagt vekt på å gi data for konstruksjoner med ulik standard/vedlikeholdsgrad, spesielt gjelder dette vinduer. Det er også lagt vekt på å få fram effekt av relevante utbedringsmetoder.

For vinduer er det valgt ut hovedtyper for eldre og nyere bebyggelse med spesiell vekt på å få fram data for vinduer med varierende tettegrad. Utbedringstiltak er først og fremst utskifting og det er derfor inkludert flere nye lydvinduer i måleprogrammet.

For yttervegger er det valgt ut hovedtyper for eldre og nyere bebyggelse med vekt på både utvendige og innvendige utbedringer. Utbedringstiltak er vurdert både ut fra økt lyd- og varmeisolering.

For ytterveggventiler er det valgt ut hovedtyper som både skal dekke eksisterende bebyggelse og utskifting til nyere, lyddempende typer. Et av problemene med lyddempede ventilasjonsåpninger, som i utgangspunktet er basert på naturlig oppdriftsventilasjon, er at luftgjennomgangen reduseres. Vi har derfor inkludert små mekaniske ventilasjonsenheter med og uten varmegjenvinnere som skal sikre en tilfredsstillende luftveksling i rommet. Ytterveggventilene er målt i både åpen og lukket tilstand ut fra at regelverket for støykartlegging og utbedringstiltak pr. dags dato forutsetter lukkede ventiler.

For tak har det spesielt vært usikkerhet rundt tidligere data for skrått isolerte tak både for eldre og nyere bebyggelse. Hovedvekten har derfor vært lagt på denne konstruksjonstypen samt på tak med kaldt loft. Det har vært lagt vekt på ulike utbedringsløsninger på undersiden og på loft. Effekt av lufting er inkludert der dette er en forutsetning for riktig funksjon.

Målingene er utført i to ulike laboratorier ved SINTEF Byggforsk. Målingene er utført i akkrediterte transmisjonslaboratorier. Målemetoder og resultatangivelse følger europeiske og internasjonale standarder.

De nye dataene sammen med eksisterende data Byggforsk håndbok H47 vil gi sikrere prosjektering for utbedring av støyforhold i eksisterende bebyggelse. Data for nyere konstruksjoner vil også gi sikrere prosjektering av lydforhold i nybygg.

Innhold

1. INNLEDNING	7
1.1 FORMÅL OG OMFANG.....	7
1.2 BAKGRUNN	7
1.2 ORGANISERING AV PROSJEKTET	8
2. VINDUER	9
2.1 GENERELT	9
2.2 OVERSIKT VINDUER SOM ER MÅLT	10
2.3 BESKRIVELSE AV VINDUER OG MÅLERESULTATER.....	10
2.4 SAMMENSTILING AV EFFEKT AV ULIK TETTEGRAD FOR ALLE VINDUSTYPENE.....	23
3. YTTERVEGGER	24
3.1. GENERELT	24
3.2. OVERSIKT YTTERVEGGER SOM ER MÅLT	24
3.3. BESKRIVELSE AV YTTERVEGGER OG MÅLERESULTATER	24
3.4. SAMMENLIGNING AV ALLE BASISVEGGENE.....	36
3.5. LAVFREKVENSMÅLINGER UNDER 50 HZ.....	37
4. YTTERVEGGVENTILER.....	38
4.1. GENERELT	38
4.2. OVERSIKT YTTERVEGGVENTILER SOM ER MÅLT	39
4.3. BESKRIVELSE AV YTTERVEGGVENTILER OG MÅLERESULTATER	39
4.4. STANDARD KLAFFLUKE I VEGG OG STANDARD SPALTEVENTIL I OVERKARM	54
5. TAK	55
5.1. GENERELT	55
5.2. OVERSIKT TAKKONSTRUKSJONER SOM ER MÅLT.....	55
5.3. BESKRIVELSE AV TAKKONSTRUKSJONER OG MÅLERESULTATER	55
6. REFERANSER.....	78
APPENDIX A: LABORATORIER. MÅLE- OG VURDERINGSMETODER.....	80
BESKRIVELSE AV LYDLABORATORIENE	80
MÅLE- OG VURDERINGSMETODER.....	82
APPENDIX B: TEKNISK BESKRIVELSE AV YTTERVEGGVENTILER	83
APPENDIX C: RESULTATTABELLER I 1/3 OKTAVBÅND.....	85
VINDUER.....	85
YTTERVEGGER	89
YTTERVEGGVENTILER	89
TAK.....	97

1. Innledning

1.1 Formål og omfang

Rapporten gjelder for et prosjekt for videreutvikling av beregningsmetode og datasamling i Byggforsk Håndbok 47 [18] til en elektronisk, nettbasert versjon. En viktig del av dette arbeidet er å kvalitetssikre og fremskaffe nye lydisolasjonsdata til en rekke konstruksjonsløsninger for yttervegger, tak, vinduer og ytterveggventiler. Det skal særlig være fokus på lydisolasjonsegenskapene til typiske eldre, eksisterende konstruksjoner fra ulike tidsepoker, eventuelt også gradert etter ulik tilstand etter grad av vedlikehold. En viktig del er i tillegg å fremskaffe lydisolasjonsdata med ulike utbedringsmetoder av basiskonstruksjonene.

1.2 Bakgrunn

Statens vegvesen / Vegdirektoratet, Jernbaneverket, Avinor/Oslo Lufthavn AS, Klima- og forurensningsdirektoratet og Forsvarsbygg har samarbeidet om finansiering av prosjektet for oppdatering av laboratoriedata for eksisterende yttervegger, vinduer, tak og ytterveggventiler inkludert utbedringstiltak. Målet er å bedre underlaget for beregning av innendørs lydnivå og sikre større grad av likebehandling av utbedringstiltak i tilknytning til ulike anlegg i regi av samferdselsmyndighetene o.l.. Her er også et viktig poeng å få fram eventuelle forskjeller i lydisolasjonsegenskapene til eksisterende konstruksjoner (spesielt vinduer) avhengig av tilstand / ulik grad av vedlikehold. Det er også et mål at dette skal føre til mer presise, mindre konservative og derved billigere utbedringer.

Bakgrunnen er at de såkalte "anleggseierne" gjennom Forurensningsforskriften [3] er pålagt ansvaret for kartlegging og for utbedringer etter prinsippet "forurensen betaler" dersom aktuelle grenseverdier for innendørs lydnivå overskrides. Anleggseiere for veger kan for øvrig også være kommuner og fylkeskommuner. Et viktig moment for likebehandling er at "anleggseierne" og deres konsulenter har tilgang til felles, kvalitetssikrede og oppdaterte konstruksjonsdata gjennom et nettbasert verktøy. Det er derfor forutsatt at lyddataene skal publiseres i SINTEF IKT sitt støyberegningsprogram "Støybygg" [6] og SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer, BKS [7].

Beregninger av isolering mot utendørs støy og av innenivå fra utendørs støykilder baseres i dag på metoder beskrevet i Byggforsk håndbok 47 [17] og NS-EN ISO 12354-3 [16].

Hovedprosjektet ble startet i 2008 og skal etter planen avsluttes i 2012. Prosjektet for vinduer ble gjennomført i 2008–2009, prosjektet for ytterveggventiler ble gjennomført i 2009–2010, prosjektet for ytterveggventiler ble gjennomført i 2011 og prosjektet for tak ble gjennomført i 2011–2012.

Utvalget av konstruksjoner ble foretatt i samarbeid med de sentrale rådgivere innen akustikk som anleggseierne ofte engasjerer for kartlegging og prosjektering av bygninger i støyutsatt bebyggelse. På den måten ville vi sikre at vi fikk med de mest aktuelle løsninger som rådgiverne savnet data for eller som de ønsket en kvalitetssikring av.

Et viktig poeng er at den oppdaterte konstruksjonsdatabasen skal gi fulle 1/3 oktavnivåverdier, og ikke bare entallsverdier knyttet til typiske støyspektersituasjoner for veg-, jernbane- og flytrafikk. Man vil da stå friere til å gjøre beregninger av innenivå for virkelig støysituasjon, og kan da også inkludere støyberegninger fra andre støyende virksomheter med annen støykarakteristikk. I tillegg skal nye konstruksjonsdata ha økt fokus på lavfrekvenssegenskaper fordi lavfrekvent lyd innendørs oppleves som et økende problem. Målinger av lydreduksjonstall for området 50–5000 Hz har allerede vært vanlig de siste 10–20 år, men det fokuseres nå også på lavfrekvenskvalitet og også på frekvensområdet under 50 Hz.

Forurensningsforskriften gjelder støy i eksisterende bebyggelse. Når det gjelder nybygg så er grenser for innendørs lydnivå fra utendørs lydkilder regulert gjennom Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK10) [2]. Selve grenseverdiene i TEK10 for ulike bygningskategorier er gitt i NS 8175, klasse C [5]. Håndbok 47 med beregningsmetode og konstruksjonsdatasamling er det verktøyet som også brukes for nybygg. Ved utvalget av konstruksjoner og utbedringstiltak i hovedprosjektet har vi også tenkt på behov og nytteverdi for denne bruken.

1.3 Organisering av prosjektet

Prosjektet har vært organisert som et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen / Vegdirektoratet (SSV), Jernbaneverket (JBV), Avinor/Oslo Lufthavn AS (OSL), Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF), og Forsvarsbygg (FVB). Hensikten er å gi sikrere underlag for kartlegging og prosjektering av utbedringstiltak etter Forurensningsforskriften. Alle disse har felles interesser i utvikling av beregningsmetoder og konstruksjonsdatabaser for isolering mot utendørs støy av eksisterende bebyggelse.

Det er opprettet en egen styringsgruppe for prosjektet som i 2011-2012 har bestått av Kåre Helge Liasjø (OSL/Avinor), Anne Gislerud (Statens vegvesen / Vegdirektoratet), Helena Axelsson (Statens vegvesen / Vegdirektoratet), Svein Klausen (Klima og forurensningsdirektoratet /KLIF), Runar G. Simonsen (Jernbaneverket), Helge Langberg (Forsvarsbygg) og Elin Walstad (Forsvarsbygg). Prosjektgruppen ved SINTEF Byggforsk har bestått av Anders Homb, og Halvard Høiland-Kaupang, Jørgen Tidemann-Anderssen, Sigurd Hveem (prosjektleder) og Terje Retteråsen.

2. Vinduer

2.1 Generelt

Det er foretatt lydmålinger av tre ulike hovedtyper vinduer fra tre ulike vindusprodusenter. Det er målt på henholdsvis vinduer med koblingsramme, innadslående vinduer med enkel ramme og utadslående vinduer med enkel ramme. Vinduene er målt med ulike kombinasjoner av enkle glass og av forseglede ruter samt med ulik tettegrad. Totalt sett er det målt på 40 varianter av vinduer.

Vinduene ble montert i SINTEF Byggforsks lydlaboratorium for dører og vinduer. Appendix A gir nærmere beskrivelse av laboratoriet samt oversikt over måle- og vurderingsmetoder. Montering og målinger av vinduene er foretatt i perioden februar 2009 til juni 2009 av Jørgen Tidemann-Andersen.

Foto 2.1.1 viser lydlaboratoriet for dører og vinduer sett fra klangrommet. Prøveåpningene kan vekselvis stenges med doble luker av stål for de ulike testene.



Foto 2.1.1. Lydlaboratoriet for dører og vinduer sett fra klangrommet

Utgangspunktet var å få fram pålitelige lyddata for eksisterende, eldre vinduer av ulike hovedtyper med varierende tette- og vedlikeholdsgrad slik situasjonen ofte er for støyutsatt, eksisterende bebyggelse. Det ideelle hadde vært og fått produsert prøvevinduer med eldre karm- og rammeprofiler inkludert tettesystem. Imidlertid måtte vi av økonomiske og praktiske årsaker basere oss på prøvevinduer produsert med standard karm- og rammeprofiler inkludert hengslings-, lukke- og tettesystem slik som de lages i dag. Det ble kjøpt inn vinduer fra tre ulike produsenter som har spesialisert seg på å produsere de respektive vindustypene. For å få til effektive måleserier der vi kunne studere ulike effekter, ble vinduene levert med én karm, men med flere utskiftbare rammer med varierende ruteoppbygging (hovedvekt på 2- og 3-lags isolerruter, men også laminerte ruter). Ulike tettegrader ble simulert ved å manipulere tettingen underveis (ta bort tettelister, ta bort deler av tettelister, endre anslaget mellom karm/ramme osv.). Vi har i hovedsak benyttet følgende karakterisering av tettegraden mellom karm og ramme for alle tre hovedtyper av vinduer som gitt i tabell 2.1:

Tabell 2.1. Karakterisering av tettegrad mellom karm og ramme

Tettekarakteristikk	Beskrivelse
Ideell tetting	Ekstra tetting med elastisk fugekitt (kontroll av effekt ved 100 % tetting)
Begrenset tetting	5 stk. 10 mm brede utsparinger/åpninger i tetteliste oppe og nede
Relativt dårlig tetting	Ca. 0 mm klaring/spalte (treliste mot karm/ramme)
Dårlig tetting	Ca. 1-2 mm klaring/spalte i anslag alle fire sider (3-4 mm treliste i 4-6 mm spalte)
Ekstremt dårlig tetting	Ca. 4-6 mm klaring/spalte i anslag alle fire sider (uten primærpakning i 4-6 mm spalte)

Vindusmålingene er fullstendig rapportert i intern oppdragsrapport [22], [23] og [24].

2.2 Oversikt vinduer som er målt

Det er målt på tre hovedtyper av vinduer fra tre ulike vindusprodusenter:

- Vindu i koblingsramme med enkle og med forseglede ruter. I tillegg er det målt på nyere vinduer med enkel ramme og med spesielle laminerte lydruter. Utadslående sidehengslet vindu fra Grindland Trevarefabrikk AS.
- Vindu med forseglede standard 3-lags rute og med spesielle laminerte lydruter. Innadslående, systemvindu fra Lian Trevarefabrikk AS.
- Vindu med forseglede standard 2-lags rute og med spesielle laminerte lydruter. Utadslående, toppsving H-vindu fra Natre Vinduer AS, Gjøvik.

Hver hovedtype er målt med varierende utførelse av rutetype og tettegrad mellom karm og ramme. Totalt sett er det målt på 40 ulike varianter.

2.3 Beskrivelse av vinduer og måleresultater

2.3.1 Vindu i koblingsramme med enkle og med forseglede ruter samt vinduer med enkel ramme og med spesielle laminerte lydruter. Utadslående sidehengslet vindu fra Grindland Trevarefabrikk AS.

Figur 2.3.1 viser prinsipp for vindu i koblingsramme (koblet vindu) og figur 2.3.2 viser prinsipp for utadslående vindu med enkel ramme. Tettingen er basert på ett sett med tettelister.

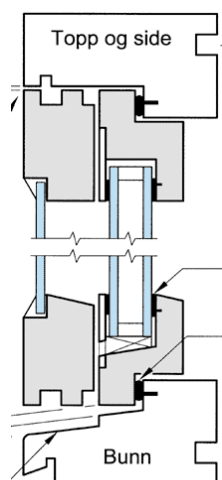


Fig. 2.3.1. Prinsipptegning for vindu med koblingsramme (koblet vindu)

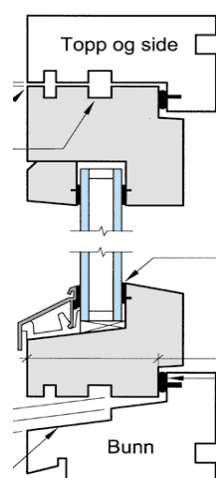


Fig. 2.3.2. Prinsipptegning for utadslående vindu med enkel ramme

Grindland Trevarefabrikk AS har levert vinduene (vinduer med koblingsramme, men også to ekstra typer med enkel utadslående ramme) for forsøkene. Vinduene er av typen utadslående, sidehengslet vindu med kittfals for utvendig glass. Utvendig karm mål er $b \times h = 1230 \text{ mm} \times 1480 \text{ mm}$. Vinduene er levert med samme karm og med i alt fire, separate utskiftbare rammer for de ulike variantene med ruter/glass ferdig innmontert. Vinduet er montert med 10 mm fuge mot prøveåpningen. Fugen er dyttet med mineralull og det er montert elastisk fugemasse utvendig og innvendig.

Foto 2.3.1–2.3.4 viser detaljer fra ulike tettelsesninger for vinduene



Foto 2.3.1. Koblet vindu (4-40,5-4) i prøveåpning



Foto 2.3.2. Detalj av spalter i pakning



Foto 2.3.3. Spalter i pakning i øvre ramme



Foto 2.3.4. Påmonterte trelister i stedet for gummi-pakning

Tabell 2.3.1 gir oversikt over hovedresultater for vinduene fra Grindland: G1, G2 og G3. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 2.3.1. Hovedresultater for Grindland G1, G2 og G3.

Vindu nr.	Rutekonstruksjon	Tettegrad, se også tabell 2.1.	Veid, laboratoriemålt lydreduksjonstall	Omgjøringstall for trafikkstøyspektrum (C-korreksjoner)		Veid lydreduksjonstall korr. for standard vegtrafikkstøyspekter	
			R _w	C _{tr,100-3150}	C _{tr,50-5000}	R _w + C _{tr,100-3150}	R _w + C _{tr,50-5000}
G1a	4-40,5-4	God tetting (enkel, standard primærpakning)	27	-4	-4	23	23
G1b	4-40,5-4	Begrenset tetting (5 x 10 mm åpninger i tetteliste topp/bunn)	26	-3	-3	23	23
G1c	4-40,5-4	Relativt dårlig tetting (treliste mot treramme, ingen klaring)	22	-2	-2	20	20
G1d	4-40,5-4	Dårlig tetting (treliste i anslag, ca. 2 mm klaring)	20	-2	-2	18	18
G1e	4-40,5-4	Ekstrem dårlig tetting (uten pakning, ca. 6 mm klaring)	19	-2	-2	17	17
G2a	4-22-4-12-4	God tetting (enkel, standard primærpakning)	30	-5	-5	25	25
G2b	4-22-4-12-4	Begrenset tetting (5 x 10 mm åpninger i tetteliste topp/bunn)	29	-4	-4	25	25
G2c	4-22-4-12-4	Relativt dårlig tetting (treliste mot treramme, ingen klaring)	24	-3	-3	21	21
G2d	4-22-4-12-4	Dårlig tetting (treliste i anslag, ca. 1 mm klaring)	22	-2	-3	20	19
G2e	4-22-4-12-4	Ekstrem dårlig tetting (uten pakning, ca. 6 mm klaring)	20	-2	-2	18	18
G3a	3/0,38/3-20argon-4/0,76/4	God tetting (uten pakning, ca. 6 mm klaring)	39	-5	-5	34	34
G3b	3/0,38/3-20argon-4/0,76/4	Ekstra god tetting (standard pakning + kunstig tettet)	40	-6	-6	34	34
G4a	6-20argon-4/0,76/4	God tetting (standard pakning + utvendig pakning)	38	-6	-6	32	32
G4b	6-20argon-4/0,76/4	Relativ god tetting (enkel, standard primærpakning)	35	-4	-5	31	30

Diagram 2.3.1 viser sammenligning av måleresultatet for vindu type G1 med rute 4-40,5-4.

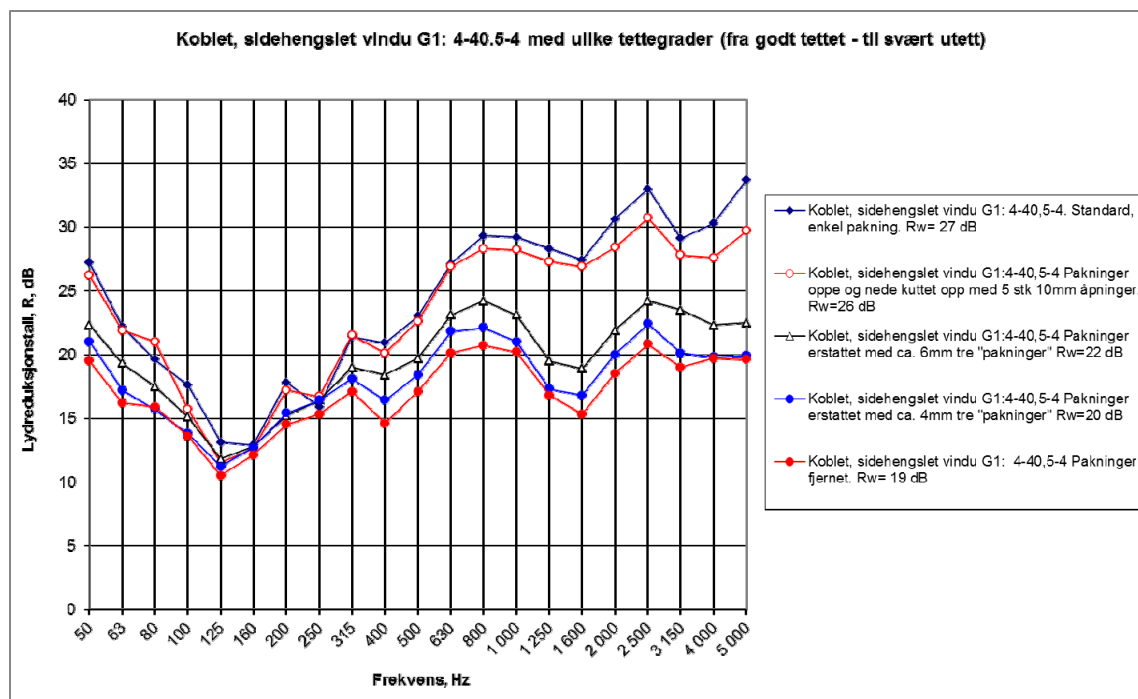


Diagram 2.3.1. Sammenligning av lydreduksjonstall for vindu type G1 med koblet to lags rute 4-40,5-4

Variasjonene av lydreduksjonstallet i området 63–100 Hz skyldes først og fremst egenfrekvenser for glassflaten og/eller resonanser i spalter og styres av bredde- og lengdedimensjonene. Resonansen ved

1/3 oktavbåndet 125 Hz skyldes hulromresonansen mellom ytre og indre glass i avstand 40,5 mm. Denne svekkelsen av lydreduksjonstallet påvirker entallsverdien, R_w og trafikkstøyreduksjonstallet $R_w + C_{tr, 100-3150}$. Svekkelsen ved 1600 Hz skyldes sannsynligvis spalteresonanser. Svekkelsen ved 3150 Hz skyldes den såkalte grensefrekvensen for glassene. Diagrammet viser også at tettingen for standard vindu er god. Diagrammet viser også hvordan økende grad av utettheter påvirker lydreduksjonstallet først i det øvre frekvensområdet og senere også videre nedover i et relativt bredt frekvensområde.

Diagram 2.3.2 viser sammenligning av måleresultatet for vindu type G2 med rute 4-22-4-12-4

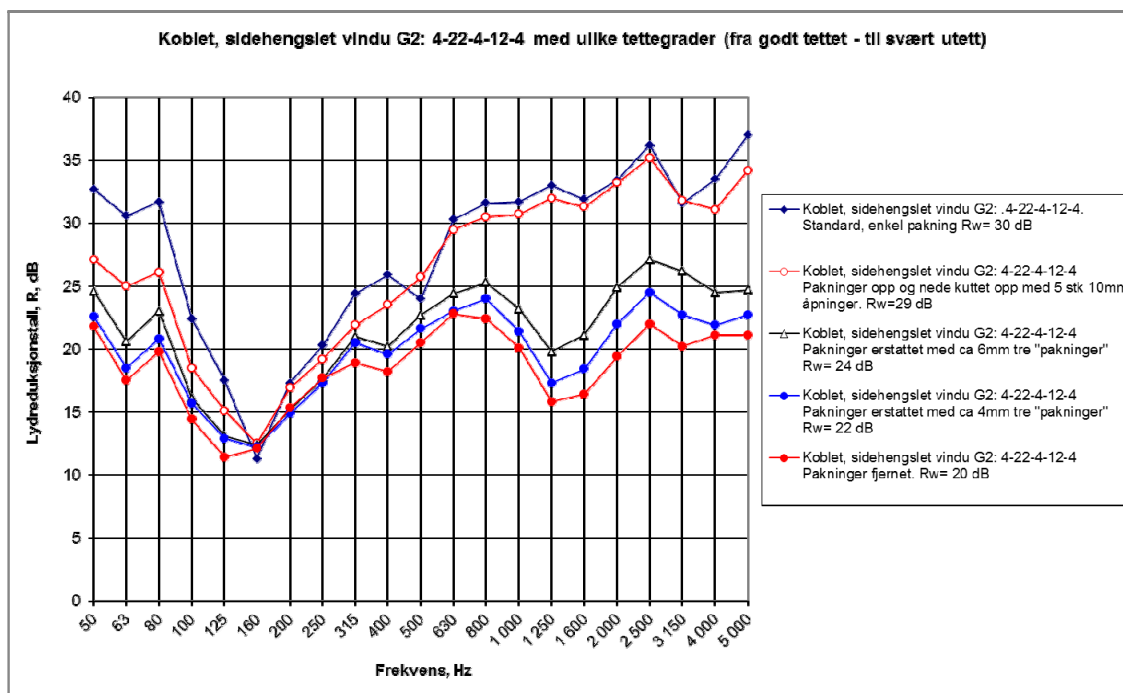


Diagram 2.3.2. Sammenligning av lydreduksjonstall for vindu type G2 med ruteoppbygging 4-22-4-12-4

Variasjonene av lydreduksjonstallet i området 63–100 Hz skyldes også her først og fremst egenfrekvenser for glassflaten og/eller resonanser i spalter. Resonansen ved 1/3 oktavbåndet 160 Hz skyldes hulromresonansen mellom ytre og indre glass i avstand 22 mm. Diagrammet viser også at tettingen for standard vindu er god hvordan økende grad av utettheter på samme måte påvirker lydreduksjonstallet

Diagram 2.3.3 viser sammenligning av måleresultatet for Grindland ISOkitt vindu for de to ulike typene av lydruter.

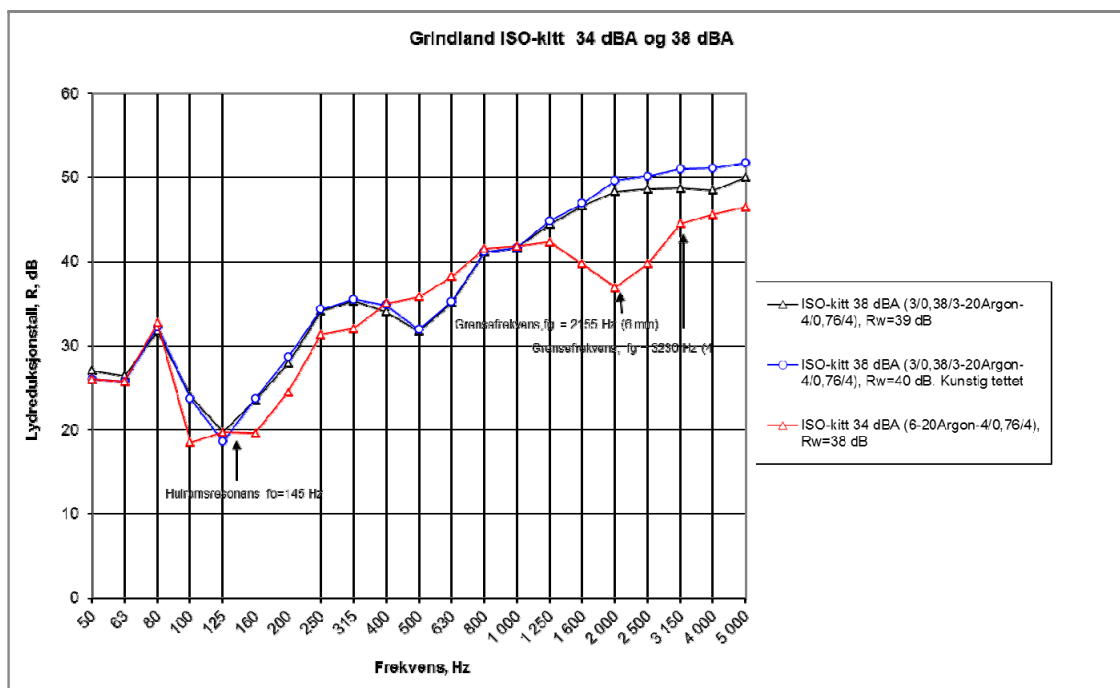


Diagram 2.3.3. Sammenligning av lydreduksjonstall med 3/0,38/3-20argon-(4/0,76/4) og 6-20argon-(4/0,76/4).

Resonansen ved ca. 125 Hz (beregnet til 145 Hz) skyldes hulromresonansen (dobbelvegg-resonansen) mellom ytre og indre glass i avstand 20 mm. Svekkelsen i 1/3 oktavbåndet 500 Hz for rutetypen 6-20argon-(4/0,76/4) er ikke helt klarlagt og vil påvirke entallsverdien, R_w og trafikkstøyreduksjonstallet $R_w + C_{tr, 100-3150}$. Svekkelsen ved 2000 Hz skyldes den såkalte grensefrekvensen for glassene der man får markerte svekkelser ved lydinnfall parallelt med glassflaten. Grensefrekvensen for 6 mm glass er beregnet til ca. 2150 Hz og for 4 mm glass ca. 3200 Hz. Svekkelsen for ruten med 6 mm glass kan ha betydning for opplevd lydisolasjon og for entallsverdiene, R_w eller trafikkstøyreduksjonstallet $R_w + C_{tr, 100-3150}$. Denne svekkelsen er mer eller borte for rutetypen med laminert 3+3 mm glass der grensefrekvensen flyttes betydelig opp i frekvens.

Målingene av sidehengslet vindu med koblede vinduer ga verdier for laboratoriemålt, veid lydreduksjonstall, som var henholdsvis $R_w = 27$ dB (rutetype 4-40,5-4) og $R_w = 30$ dB (rutetype 4-22-4-12-4). Med økende grad av tetthet i anslag mellom karm og ramme ble verdiene redusert helt ned til $R_w =$ ca. 20 dB.

Fullstendig målerapport fra målingene med vinduer fra Grindland Trevarefabrikk AS finnes i [x].

2.3.2 Vindu med forseglede standard 3-lags rute og med spesielle laminerte lydruiter. Innadslående, systemvindu fra Lian Trevarefabrikk AS.

Figur 2.3.3 viser prinsipp for innadslående vindu med to lags isolerrute og ett sett med tettelister.

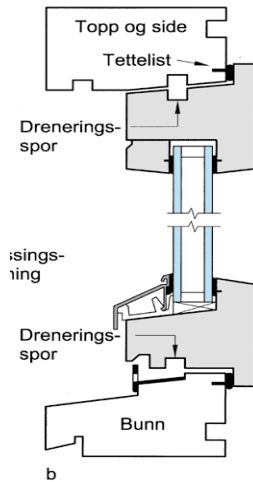


Fig. 2.3.3. Prinsipp-tegning innadslående vindu med ett sett tettelister og to-lags isolerte

Lian Trevarefabrikk AS har levert vinduene for forsøkene med standard karm- og rammeprofil. Utvendig karmmåle er $b \times h = 1230 \text{ mm} \times 1480 \text{ mm}$. Vinduet er levert med 2 rammer med ulike rutekonstruksjon for montering i samme karm. De to rutekonstruksjonene er vist i fig. 2.3.4 og fig. 2.3.5.

Vinduet er montert med 10 mm fuge mot prøveåpningen. Fugen er dyttet med mineralull og det er montert elastisk fugemasse utvendig og innvendig. Vinduet har hovedtetteliste på innvendig anslag. I tillegg er det montert ytre slepetetteliste ved bunnkarm og ytre sidetettelister sidekarmer på vindustype 1. Disse slepetettelistene er først og fremst laget for å "tette/isolere" mellomrommet mellom karm og ramme for å øke varmeisolasjonsegenskapene. Disse tilleggstettelistene ble fjernet under forsøkene med alternative tetteløsninger.

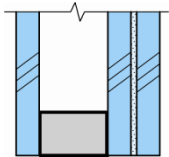


Fig. 2.3.4 Lydrute med enkeltglass og laminert glass: 8-20-4 /1/4 (L1)

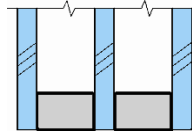


Fig. 2.3.5. Standard tre lags isolerglass: 4-12-4-12-4 (L2)

Foto 2.3.5 – 2.3.10 viser montering av vinduene og detaljer fra ulike tettelsesløsninger



Foto 2.3.5. Vindu montert i prøveåpningen sett fra klangromssiden



Foto 2.3.6. Vindu montert i prøveåpningen sett fra klangromssiden



Foto 2.3.7. Vindu L1 sett fra utsiden i lukket tilstand



Foto 2.3.8. Vindu L2 med kunstig tetting over spalte mellom karm og ramme og over monteringsfuge.



Foto 2.3.9. Vindu L1. 10 mm utsparring av tettelist i underkant av vindu (totalt 5 stk. oppe og nede)

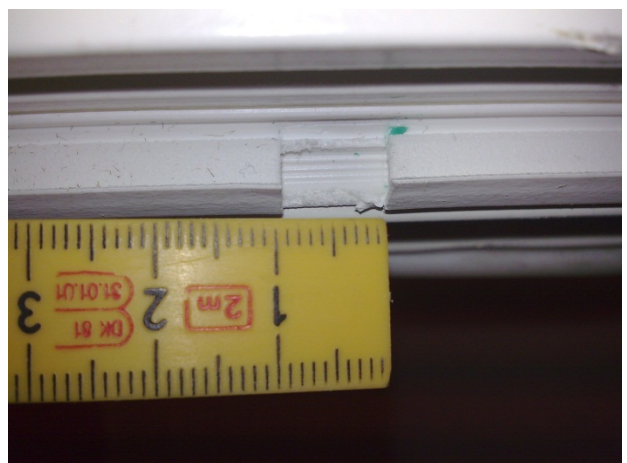


Foto 2.3.10. Vindu L1. Nærbilde 10 mm utsparring

Tabell 2.3.2 gir oversikt over hovedresultater for vinduene fra Lian: L1 og L2. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 2.3.3. Hovedresultater for Lian L1, L2 og L3.

Vindu nr.	Rutekonstruksjon	Tettegrad, se også tabell 2.1.	Veid, laboratoriemålt lydreduksjonstall	Omgjøringstall for trafikkstøyspektrum (C-korleksjoner)		Veid lydreduksjonstall korr. for standard vegtrafikkstøyspekter	
			R_w	$C_{tr,100-3150}$	$C_{tr,50-5000}$	$R_w + C_{tr,100-3150}$	$R_w + C_{tr,50-5000}$
L1a	8-20-4 /1/4	God tetting (enkel primærpakning og slepelist)	40	-4	-4	36	36
L1b	8-20-4 /1/4	Ekstra god tetting (standard pakning+kunstig tettet)	42	-5	-5	37	37
L1c	8-20-4 /1/4	Begrenset tetting (5 x 10 mm åpninger i tettelst topp/bunn)	34	-2	-2	32	32
L1d	8-20-4 /1/4	Dårlig tetting (trelist i anslag, ca. 1 mm klaring)	23	0	-1	23	23
L1e	8-20-4 /1/4	Ekstrem dårlig tetting (uten pakning og slepelist, 5 mm klaring)	23	0	0	23	23
L2a	4-12-4-12-4	God tetting (enkel, standard primærpakning)	31	-5	-5	26	26
L2b	4-12-4-12-4	Ekstra god tetting (standard pakning + kunstig tettet)	31	-5	-5	26	26
L2c	4-12-4-12-4	Begrenset tetting (5 x 10 mm åpninger i tettelst topp/bunn)	29	-4	-4	25	25
L2d	4-12-4-12-4	Dårlig tetting (trelist i anslag, ca. 1 mm klaring)	19	-1	-1	18	18
L2e	4-12-4-12-4	Ekstrem dårlig tetting (uten pakning og slepelist, 5 mm klaring)	18	0	0	18	18

Diagram 2.3.4 viser sammenligning av måleresultatet for vindu L1 med rutetype 8–20-4/1/4 med ulike tettegrader. Resonansen ved 100–125 Hz skyldes hulromresonansen mellom ytre og indre glass i avstand 20 mm. Variasjonene av lydreduksjonstallet i området 63–80–125 Hz skyldes egenfrekvenser for glassflaten og/eller resonanser i spalter og styres av bredde- og lengdedimensjonene. Svekkelsen ved 1000–1600 Hz skyldes den såkalte grensefrekvensen for glassene der man får markerte svekkelser ved lydinnfall parallelt med glassflaten. Grensefrekvensen for 8 mm glass er beregnet til ca. 1600 Hz. Diagrammet viser også at tettingen for standard vindu er god. Diagrammet viser hvordan økende grad av utettheter påvirker lydreduksjonstallet først i det øvre frekvensområdet og senere også videre nedover i et relativt bredt frekvensområde.

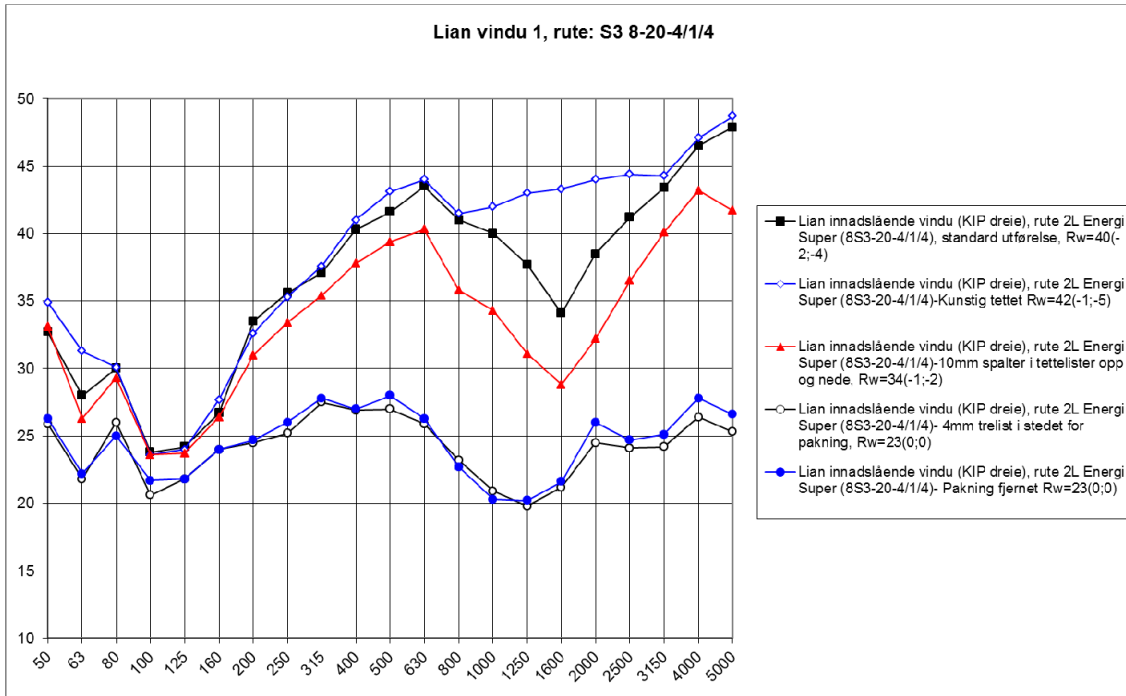


Diagram 2.3.4. Sammenligning av lydreduksjonstall for vindu L1

Diagram 2.3.5 viser tilsvarende sammenligning av måleresultatet for vindu L2 med rutetype 4-12-4-12-4 med ulike tettegrader. Resonansfrekvensene for dobbelt hulrom med 12 mm avstand er beregnet til 245 Hz. Resonansfrekvensen ved 125 Hz antas å skyldes egenfrekvenser for glassflaten og/eller resonanser i spalter.

Diagrammet viser også at tettingen for standard vindu er god, bortsett fra i området 1250–2000 Hz. Svekkelsen ved 3150 Hz skyldes den såkalte grensefrekvensen for glassene. Grensefrekvensen for 4 mm glass er beregnet til ca. 3200 Hz. Diagrammet viser også hvordan økende grad av utettheter påvirker lydreduksjonstallet først i det øvre frekvensområdet og senere også videre nedover i et relativt bredt frekvensområde.

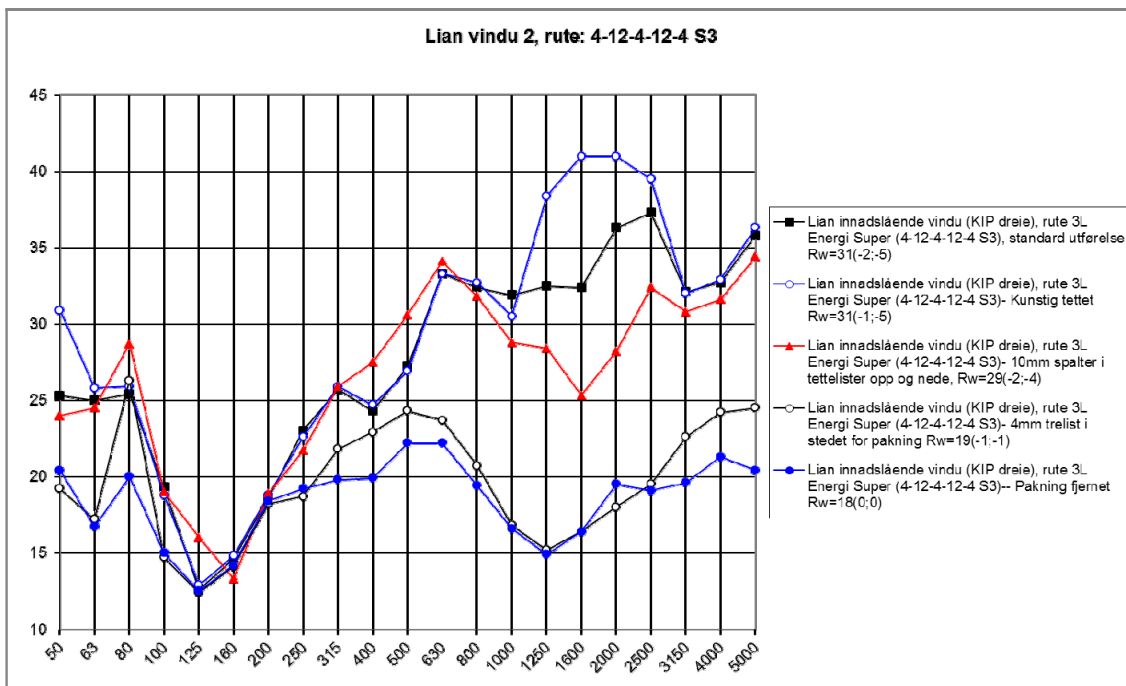


Diagram 2.3.5. Sammenligning av lydreduksjonstall for vindu L2

Målingene av de to ulike rutevariantene med standard tetting fra produsenten ga verdier for feltmålt, veid lydreduksjonstall, som varierte fra $R_w = 40$ dB til $R_w = 31$ dB. For vindu L1 (8 S3-20-4/1/4) ble trafikkstøyreduksjonstallet $R_w + C_{tr, 100-3150}$ redusert fra 36 dB til 23 dB med dårlig tetting og ekstremt dårlig tetting. For vindu L2 (4-12-4-12-4 S3) ble trafikkstøyreduksjonstallet $R_w + C_{tr, 100-3150}$ redusert fra 26 dB til 18 dB med dårlig tetting og ekstremt dårlig tetting.

Fullstendig målerapport fra målingene med vinduer fra Lian Trevarefabrikk AS finnes i [24].

2.3.3 Vindu med forseglede standard 2-lags rute og med spesielle laminerte lydruter. Utadslående, toppsving H-vindu fra Natre Vinduer AS, Gjøvik.

Figur 2.3.6 viser prinsipp for utadslående vindu med to-lags isolerrute og ett sett med tettelister.

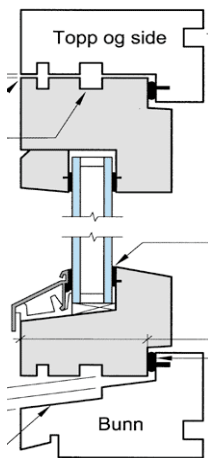
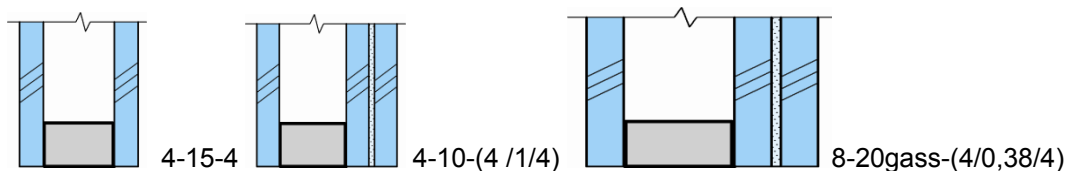


Fig. 2.3.6. Prinsipp for utadslående vindu med to-lags isolerrute og ett sett med tettelister

Natre Gjøvik har levert vinduene for forsøkene. Utvendig karmmålt er $b \times h = 1230$ mm x 1480 mm. Vinduet er levert med 3 rammer med ulike rutekonstruksjon som vist i figur 2.3.7.



Figur 2.3.7. Tre ulike ruteoppbygginger (N1, N2 og N3)

Vinduet er montert med 10 mm monteringsfuge i en prøveåpning på bredde x høyde lik 1250 mm x 1500 mm. Fugen er dyttet med mineralull og det er montert elastisk fugemasse utvendig og innvendig. Vinduet har hovedtetteliste på innvendig anslag. I tillegg er det montert ytre slepetetteliste ved bunnkarm og ytre sidetettelister sidekarmer. Disse tettelistene er først og fremst laget for å "tette/isolere" mellomrommet mellom karm og ramme for å øke varmeisolasjonsegenskapene. Disse tilleggstettelistene ble fjernet under forsøkene med alternative tetteløsninger

Foto 2.3.11-2.3.13 viser montering av vinduene og detaljer fra ulike tettelsesninger



Foto 2.3.11. Natre H-vindu (toppsving) montert i lydlaboratoriet (sett fra senderrommet)



Foto 2.3.13. Natre H-vindu (toppsving). Detalj av trelist (4 mm) som erstatning for pakning



Foto 2.3.12. Natre H-vindu (toppsving). Detalj av 10 mm utsparringer i tettelist

Tabell 2.3.4 gir oversikt over hovedresultater for vinduene fra Natre: N1, N2 og N3. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 2.3.4. Hovedresultater for Natre N1, N2 og N3.

Vindu nr.	Rutekonstruksjon	Tettegrad, se også tabell 2.1.	Veid, laboratoriemålt lydreduksjonstall	Omgjøringstall for trafikkstøyspektrum (C-korreksjoner)		Veid lydreduksjonstall korr. for standard vegtrafikkstøyspekter	
			R _w	C _{tr,100-3150}	C _{tr,50-5000}	R _w + C _{tr,100-3150}	R _w + C _{tr,50-5000}
N1a	4-15-4	God tetting (primærpakning og utvendig lister)	32	-5	-5	27	27
N1b	4-15-4	Ekstra god tetting (standard pakning + kunstig tett)	32	-5	-5	27	27
N1c	4-15-4	God tetting (standard primærpakning + sidelist)	32	-5	-5	27	27
N1d	4-15-4	God tetting (primærpakning uten utvendige lister)	32	-5	-5	27	27
N1e	4-15-4	Begrenset tetting (5 x 10 mm åpninger i tettelst topp/bunn)	31	-4	-5	27	26
N1f	4-15-4	Ekstrem dårlig tetting (uten pakning, ca. 5 mm klaring)	19	-1	-1	18	18
N1g	4-15-4	Dårlig tetting (trelist i anslag, ca. 1 mm klaring)	24	-2	-2	22	22
N2a	4-10-(4 /1/4)	God tetting (primærpakning og utvendig lister)	39	-5	-5	34	34
N2b	4-10-(4 /1/4)	Ekstra god tetting (standard pakning + kunstig tett)	39	-5	-5	34	34
N2c	4-10-(4 /1/4)	God tetting (standard primærpakning + sidelist)	39	-5	-5	34	34
N2d	4-10-(4 /1/4)	God tetting (primærpakning uten utvendige lister)	39	-5	-5	34	34
N2e	4-10-(4 /1/4)	Begrenset tetting (5 x 10 mm åpninger i tettelst topp/bunn)	34	-3	-3	31	31
N2f	4-10-(4 /1/4)	Ekstrem dårlig tetting (uten pakning, ca. 5 mm klaring)	19	-1	-1	18	18
N2g	4-10-(4 /1/4)	Dårlig tetting (trelist i anslag, ca. 1 mm klaring)	24	-1	-1	23	23
N3a	8-20gass-(4/0,38/4)	God tetting (primærpakning og utvendig lister)	42	-5	-6	37	36
N3b	8-20gass-(4/0,38/4)	Ekstra god tetting (standard pakning + kunstig tett)	42	-6	-6	36	36

Diagram 2.3.5 viser sammenligning av måleresultatet for N1 med rutetype 4-15-4 med ulike tettegrader. Resonansen ved ca. 200 Hz skyldes hulromresonansen (dobbelteveggs-resonansen) mellom ytre og indre glass i avstand 15 mm. Variasjonene av lydreduksjonstallet i området 63-80-125 Hz skyldes egenfrekvenser for glassflaten og/eller resonanser i spalter og styres av bredde- og lengde-dimensjonene. Svekkelsen ved

3150 Hz skyldes den såkalte grensefrekvensen for glassene der man får markerte svekkelser ved lydinnfall parallelt med glassflaten. Grensefrekvensen for 4 mm glass er beregnet til ca. 3200 Hz. Diagrammet viser også at tettingen for standard vindu er god. Diagrammet viser også hvordan økende grad av utettheter påvirker lydreduksjonstallet først i det øvre frekvensområdet og senere også videre nedover i et relativt bredt frekvensområde.

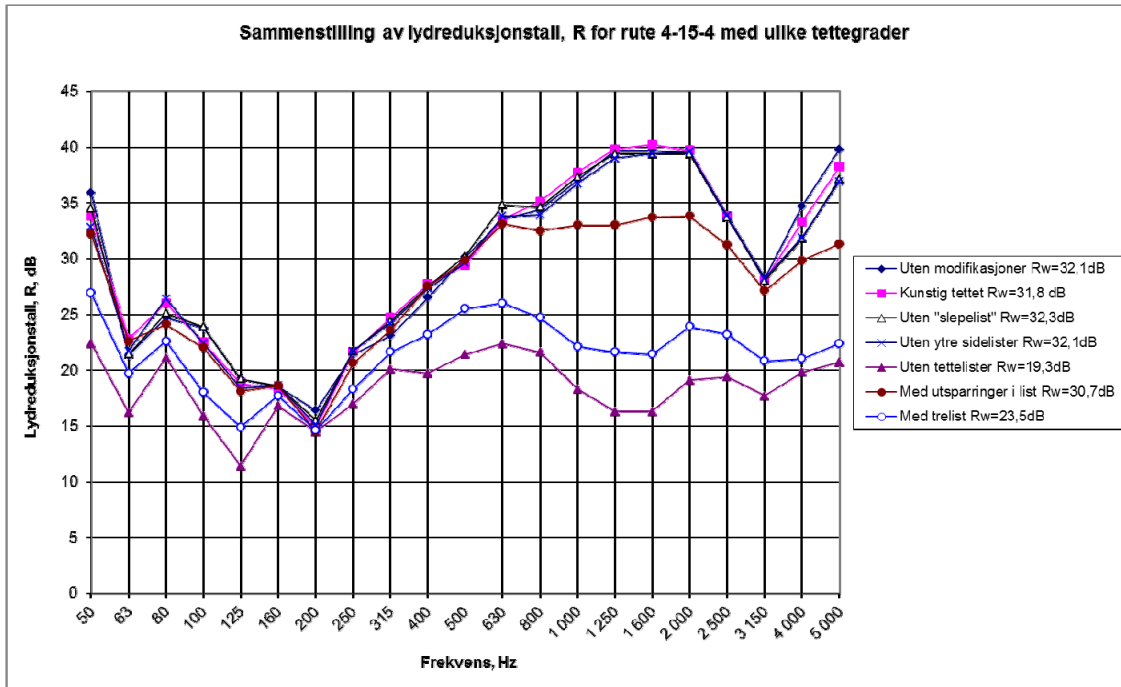


Diagram 2.3.5. Sammenligning av lydreduksjonstall for vindu N1 med rutetype 4-15-4

Diagram 2.3.6 viser sammenligning av måleresultatet med vindu N2 med rutetype 4-10-(4/1/4) med ulike tettegrader. Resonansfrekvensene er mindre markerte. Resonansfrekvensen ved 125 Hz antas å skyldes egenfrekvenser for glassflaten og/eller resonanser i spalter. Diagrammet viser også at tettingen for standard vindu er god. Diagrammet viser også hvordan økende grad av utttheter påvirker lydreduksjonstallet først i det øvre frekvensområdet og senere også videre nedover i et relativt bredt frekvensområde.

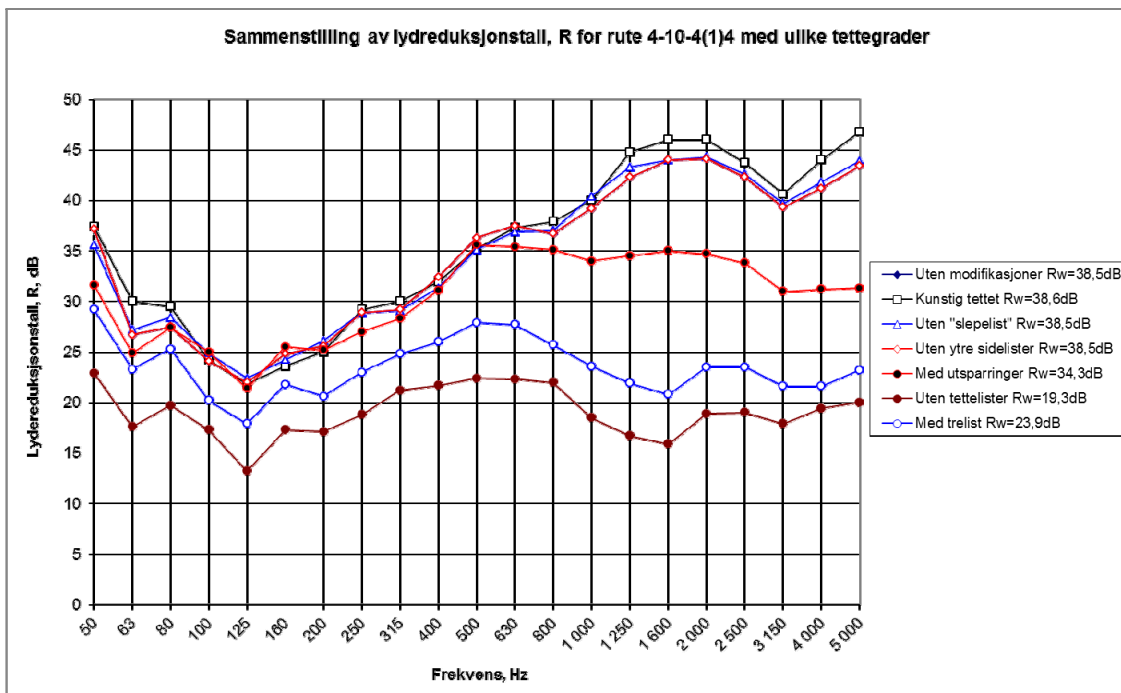


Diagram 2.3.6. Sammenligning av lydreduksjonstall for vindu N2 med rutetype 4-10-(4/1/4)

Målingene av de ulike rutevariantene med standard tetting fra produsenten ga verdier for feltmålt, veid lydreduksjonstall, som varierte fra $R_w = 32\text{ dB}$ til $R_w = 42\text{ dB}$. For N1 med rutetype 4-15-4 (standard to

lags isolerglass) ble trafikkstøyreduksjonstallet $R_w + C_{tr, 100 - 3150}$ redusert fra 27 dB til 22 dB med dårlig tetting. Tilsvarende ble trafikkstøyreduksjonstallet redusert fra 27 dB til 18 dB med ekstremt dårlig tetting. For N2 med rutetype 4-10-(4/1/4) ble trafikkstøyreduksjonstallet $R_w + C_{tr, 100 - 3150}$ redusert fra 34 dB til 23 dB med dårlig tetting. Tilsvarende ble trafikkstøyreduksjonstallet redusert fra 34 dB til 18 dB med ekstremt dårlig tetting.

Fullstendig målerapport fra målingene med vinduer fra Natre Vinduer AS, Gjøvik finnes i [22].

2.4 Sammenstilling av effekt av ulik tettegrad for alle vindustypene

Tabell 2.4.1 viser en sammenstilling av effekt av ulik tettegrad for alle vindustypene. Lydegenskapene er både gitt som veid lydreduksjonstall, R_w og med korreksjonsleddene $C_{tr,100-3150}$ og $C_{tr,50-5000}$.

Tabell 2.4.1. Sammenstilling av effekt av ulik tettegrad for alle vindustypene.

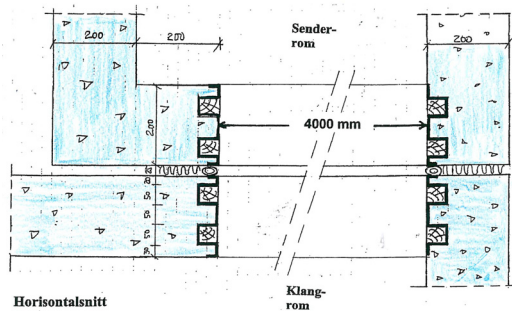
Vindus- type	Glass/ rutetype	God tetting			Begrenset tetting			Dårlig tetting			Ekstremt dårlig tetting		
		R_w	$C_{tr,100-3150}$	$C_{tr,50-5000}$	R_w	$C_{tr,100-3150}$	$C_{tr,50-5000}$	R_w	$C_{tr,100-3150}$	$C_{tr,50-5000}$	R_w	$C_{tr,100-3150}$	$C_{tr,50-5000}$
Koblet vindu	4-40-4	27	-4	-4	22	-2	-2	20	-2	-2	19	-2	-2
	4-22-(4-12-4)	30	-5	-5	24	-3	-3	22	-2	-3	20	-2	-2
Innad- slående vindu	(4-12-4-12-4)	31	-5	-5	29	-4	-4	19	-1	-1	18	0	0
	(8-20-4/1/4)	40	-4	-4	34	-2	-2	23	0	-1	23	0	0
Utad- slående vindu	(4-15-4)	32	-5	-5	31	-4	-5	24	-2	-2	19	-1	-1
	(4-10-4/1/4)	39	-5	-5	34	-3	-3	24	-1	-1	19	-1	-1

Tabellen viser at dårlig tetting kan gi betydelige reduksjoner i lydisolasjonen. I en praktisk kartleggingssituasjon kan tabellen brukes til å anslå forventet lydisolasjon avhengig av konstruksjon og tettegrad.

3. Yttervegger

3.1. Generelt

Det er foretatt lydmålinger av fire ulike hovedtyper av yttervegger fra ulike tidsperioder. Ytterveggene ble montert i prøveåpningen for vegger i SINTEF Byggforsks lydlaboratorium for større bygningskomponenter. Skytta Bygg AS ble engasjert til å utføre alle byggearbeidene. Appendix A gir nærmere beskrivelse av laboratoriet samt oversikt over måle- og vurderingsmetoder. Figur 3.1.1 viser horisontalsnitt av prøveåpningen med bredde x høyde lik 4000 mm x 2500 mm.



Figur 3.1.1. Horisontalsnitt av prøveåpningen for vegger mellom klangrom og senderrom

De ulike ytterveggene ble montert i prøveåpningen på én eller begge sider av fugen mellom prøverommene avhengig av totaltykkelsen av veggene. Veggtyper som er "doble" uten strukturell kontakt mellom ytre og indre del er montert på hver side av hovedfugen mellom prøverommene. Det er fuget i alle overganger mellom vegger og tilstøtende konstruksjoner i prøveåpningen for å sikre god lyd- og lufttetting.

Målingene er foretatt i perioden juli 2011 – oktober 2011 av Terje Retteråsen og Halvard Høiland-Kaupang.

Fullstendig rapport av ytterveggmålingene er gitt i intern oppdragsrapport [26].

3.2. Oversikt yttervegger som er målt

Det er målt på følgende hovedvarianter av yttervegger:

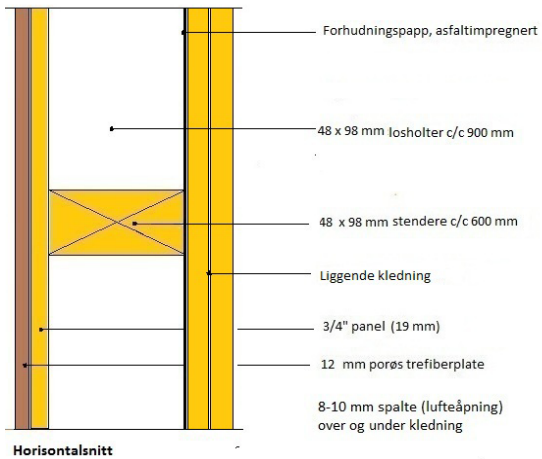
- Lett, eldre bindingsverk: 1950-1960
- Nyere bindingsverk: 1960-1980
- Nyere bindingsverk: 1980-2010
- Dagens bindingsverk I-tre: > 2010

For hver hovedvariant er det målt basiskonstruksjon og med ulike typer av tilleggskonstruksjoner/utbedringsløsninger. Totalt sett er det målt på 17 ulike ytterveggvarianter.

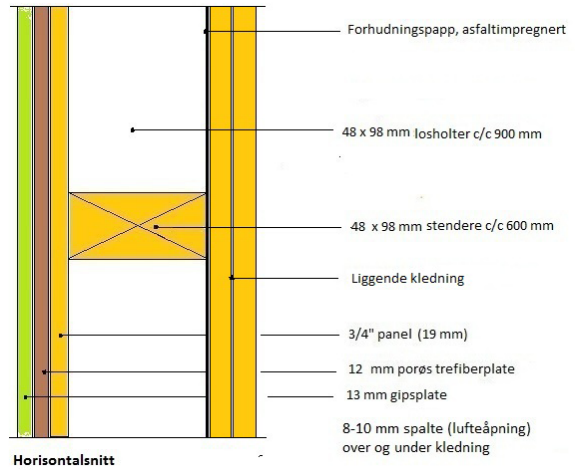
3.3. Beskrivelse av yttervegger og måleresultater

3.3.1 Lett, eldre bindingsverk 1950-1960 (48 x 98, utvendig papp og innvendig panel/porøs plate)

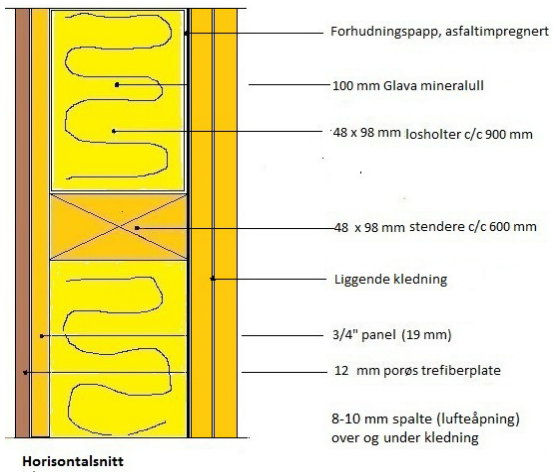
Tegningene under viser skisse av oppbygging av ytterveggtype 1 med ulike utbedringsvarianter og med nummerering som følger beskrivelse, foto, måleresultater og diagrammer.



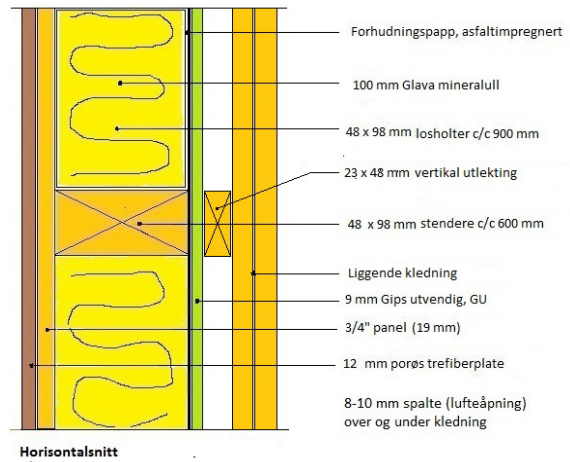
Tegning 1.1. Basisvegg



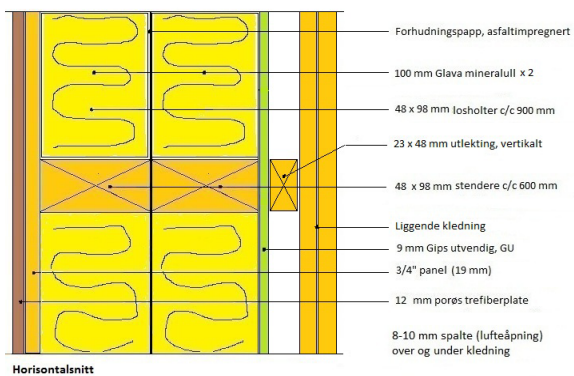
Tegning 1.2. Effekt av 1 lag 13 mm gips innvendig



Tegning 1.3 Basisvegg, isolert



Tegning 1.4 Effekt av GU (1lag) og mineralullisolasjon (når bare porøs plate innvendig)



Tegning 1.6 Utvendig 100 mm tilleggisolasjon

Fotoene under viser oppbygging av ytterveggtype 1 med ulike utbedringsvarianter



Foto av vegg 1.1, bindingsverk



Foto av vegg 1.1. Forhudningspapp og utvendig panel



Foto av vegg 1.1. Bindingsverk og innvendig panel



Foto av vegg 1.4 og 1.6. Utlektning og utvendig panel

Tabell 3.3.1 gir oversikt over hovedresultater for ytterveggtype 1. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 3.3.1 Hovedresultater for ytterveggtype 1

Type 1	Lett, eldre bindingsverk 1950-1960 (48 x 98, utvendig papp og innvendig panel/porøs plate)	Veid, laboratoriemålt lydreduksjonstall	Omgjøringstall for trafikkstøyspektrum (C-korreksjoner)		Veid lydreduksjonstall korr. for standard vegtrafikkstøyspekter	
		R_w	$C_{tr,100-3150}$	$C_{tr,50-5000}$	$R_w + C_{tr,100-3150}$	$R_w + C_{tr,50-5000}$
1.1	Basisvegg (48x 98 stendere utvendig papp, innvendig rupanel+ 12 mm porøs trefiberplate), uisolert	34	-6	-9	28	25
1.2	Basisvegg +13 mm gips innvendig kledning	40	-6	-9	34	34
1.3	Basisvegg + isolert med 100 mm Glava, innvendig 12 mm porøs trefiberplate	38	-8	-10	30	28
1.4	Basisvegg + isolert med 100 mm Glava, innv. 12 mm porøs plate, utvendig 9 mm gips/GU og utlektet kledn.	39	-6	-8	33	31
1.6	Basisvegg + 100 mm Glava, innv. 12 mm porøs plate, utv. 100 mm tilleggsisol. 9 mm gips/GU og utl. kledning.	49	-7	-16	42	33

Diagram 3.3.1 viser sammenligning av frekvensdiagrammet for alle variantene av ytterveggtype 1 (basisvegger og utbedringsvarianter).

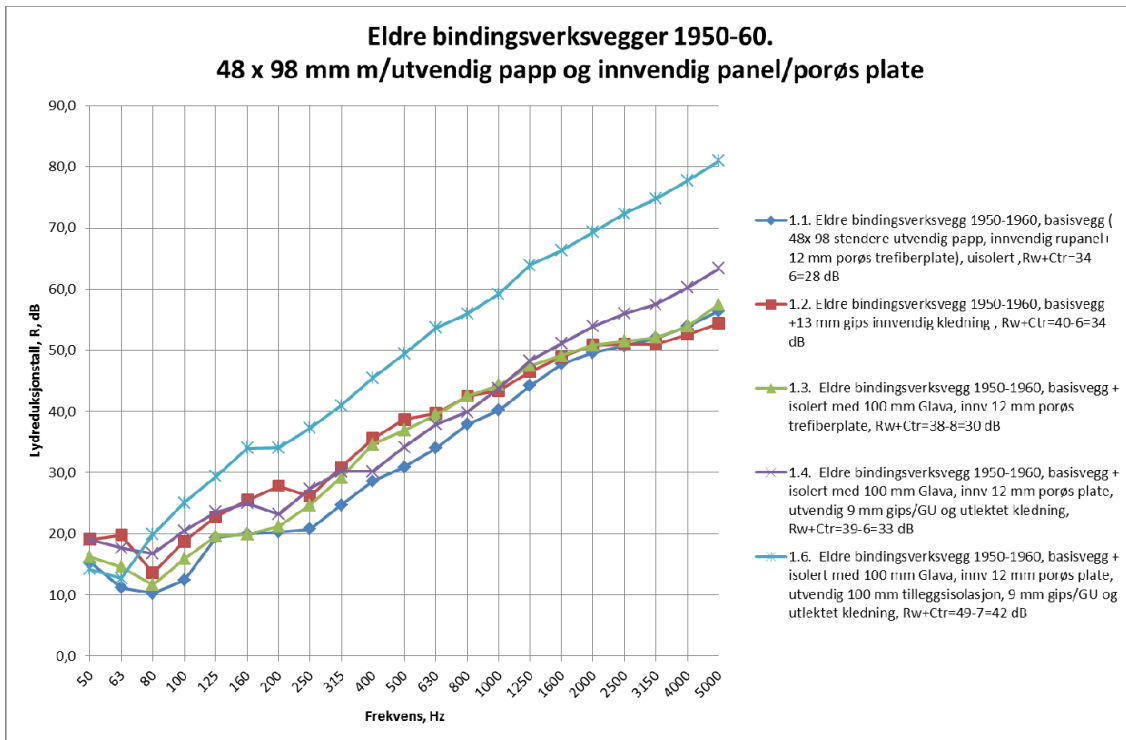
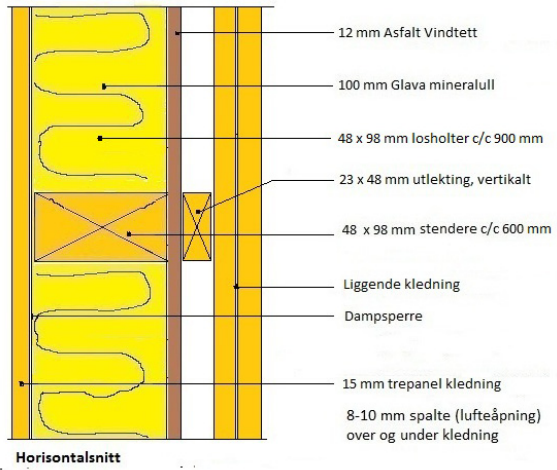


Diagram 3.3.1. Sammenligning av lydreduksjonstall for yttervegtype 1

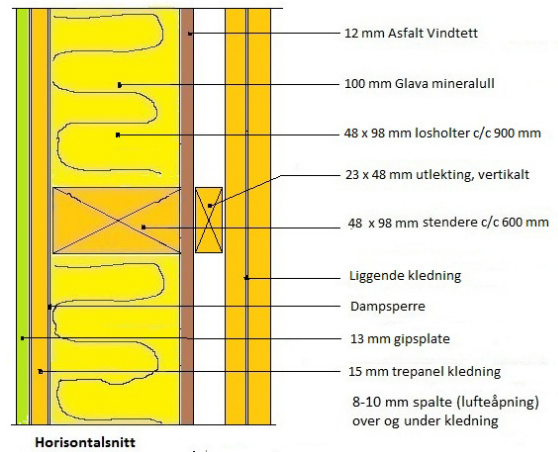
Diagrammet viser effekten av ulike utbedringstiltak. Innvendig, tett platekledning er relativt effektivt, selv for uisolert vegg. Effekten av utvendig tilleggsisolering er svært god.

2.3.2 Nyere bindingsverk 1960-1980 (48 x 98 utvendig Asphalt Vindtett og innvendig trepanel)

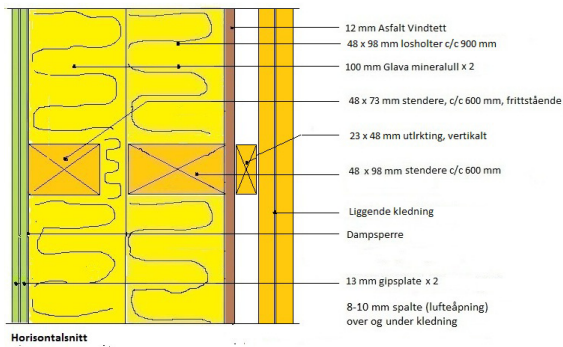
Tegningene under viser skisse av oppbygging av yttervegtype 2 med ulike utbedringsvarianter og med nummerering som følger beskrivelse, måleresultater og diagrammer



Tegning 2.1. Basisvegg 48 x 98 mm med Asfalt Vindtett og innvendig trepanel



Tegning 2.2. Innvendig ekstra lag 13 mm gips



Tegning 2.3. Innvendig, 100 mm mineralull med frittstående 48 x 73 mm stendere

Fotoene under viser oppbygging av ytterveggtype 2 med ulike utbedringsvarianter



Foto av vegg 2.1. Bindingsverk og Asfalt vindtett



Foto av vegg 2.1. Utvendig panel



Foto av vegg 2.1. Vindsperre (Asfalt vindtett)



Foto av vegg 2.1. Innvendig 15 mm panel



Foto av vegg 2.2. Ekstra innvendig gipsplate



Foto av vegg 2.3. Innvendig frittstående tilleggsvegg

Tabell 3.3.2 gir oversikt over hovedresultater for ytterveggtype 2. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 3.3.2 Hovedresultater for ytterveggtype 2

Type 2	Nyere bindingsverk 1960-1980 (48 x 98 utvendig Asphalt Vindtett og innvendig trepanel)	Veid, laboratoriemålt lydreduksjonstall	Omgjøringstall for trafikkstøyspektrum (C-korreksjoner)		Veid lydreduksjonstall korr. for standard vegtrafikkstøyspekter	
		R_w	$C_{tr,100-3150}$	$C_{tr,50-5000}$	$R_w + C_{tr,100-3150}$	$R_w + C_{tr,50-5000}$
2.1	Basisvegg (48x98 mm, isolert med 100 mm Glava, innv 15 mm skyggepanel, utvendig 12 mm asfaltimpr porøs trefiberplate/AV og utlektet kledning).	38	-8	-13	30	25
2.2	Basisvegg + ekstra innvendig 13 mm gipsplate,	41	-8	-17	33	24
2.3	Basisvegg + innvendig 100 mm isolasjon med frittstående 48 x 73 mm stendere, 2 x 13 mm gipsplater	52	-10	-19	42	33

Diagram 3.3.2 viser sammenligning av frekvensdiagrammet for alle variantene av ytterveggtype 2 (basisvegger og utbedringsvarianter).

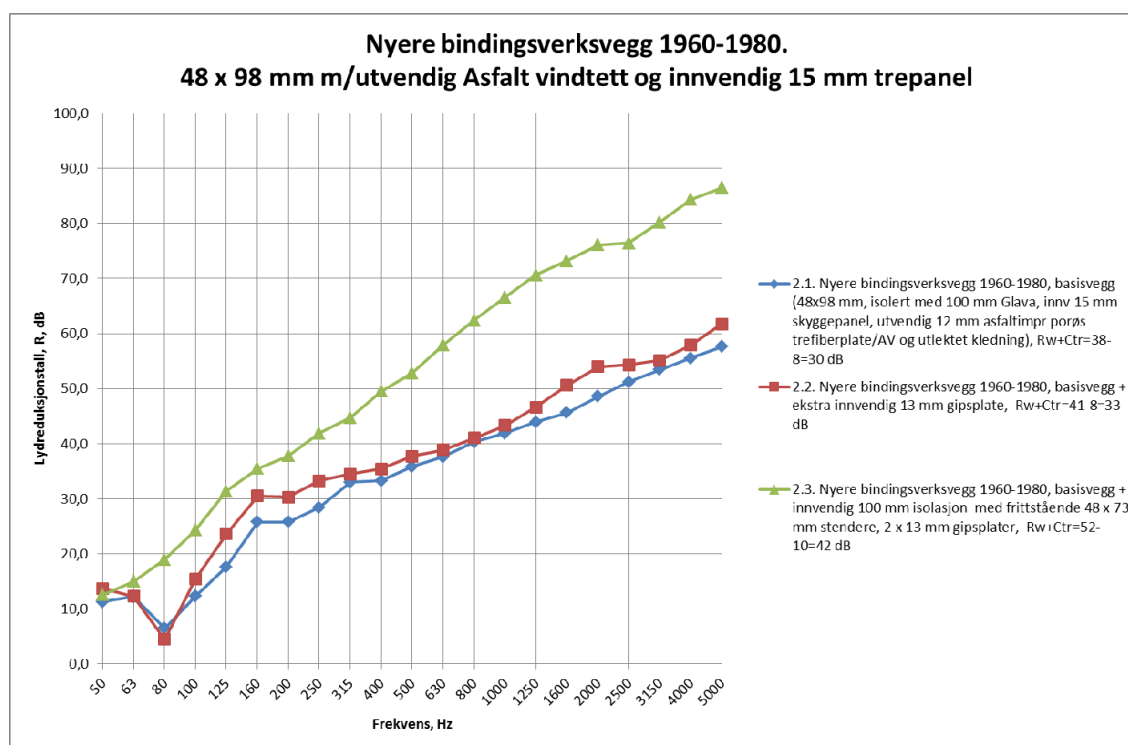
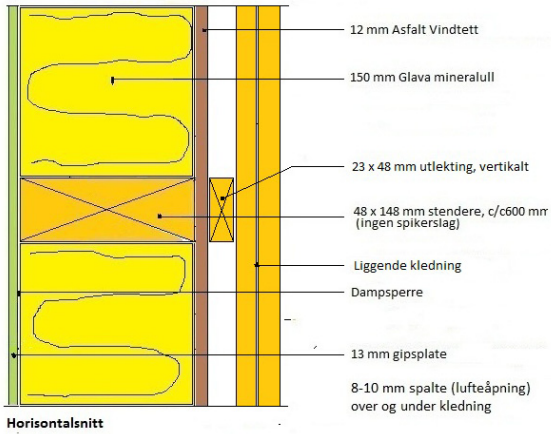


Diagram 3.3.2. Sammenligning av lydreduksjonstall for ytterveggtype 2

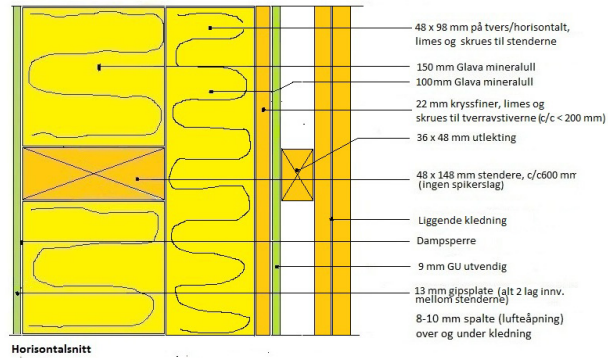
Diagrammet viser effekten av ulike utbedringstiltak. Innvendig. Effekten av innvendig tilleggsisolering med frittstående stendere og to lag innvendig kledning er svært god.

2.3.3 Nyere bindingsverk 1980-2010 (48 x 148 mm, utvendig Asphalt Vindtett og innvendig gips)

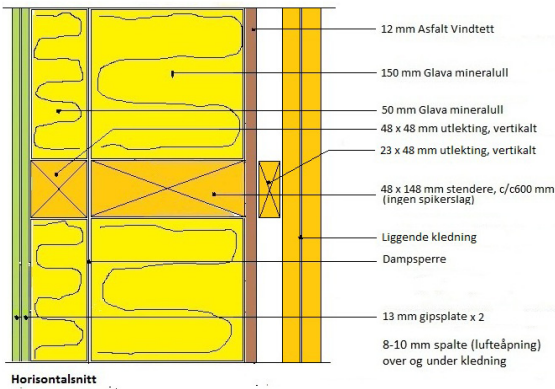
Tegningene under viser skisse av oppbygging av ytterveggtype 3 med ulike utbedringsvarianter og med nummerering som følger beskrivelse, måleresultater og diagrammer.



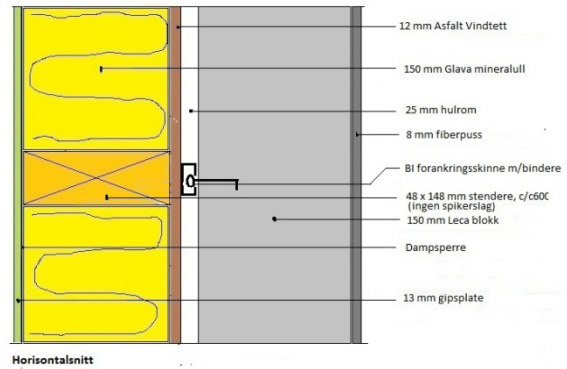
Tegning 3.1. Basisvegg 48 x 148 mm



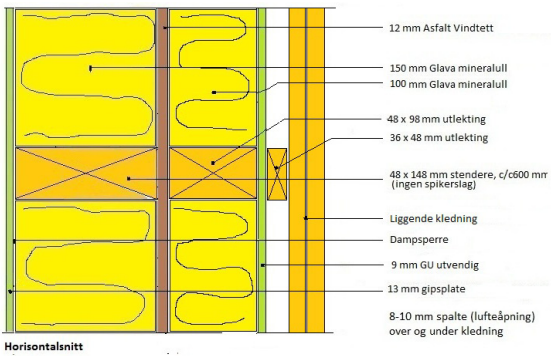
Tegning 3.4. Tverravstiving for lavfrekvensforbedring



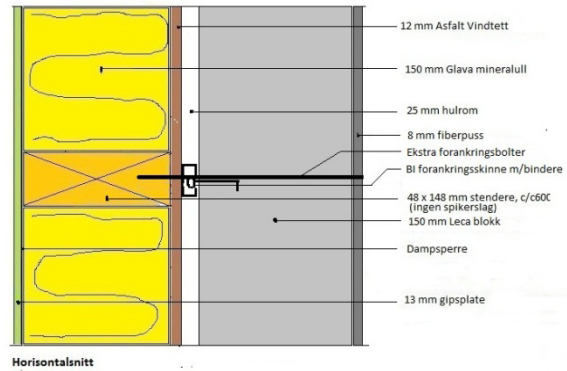
Tegning 3.2. Innvendig 50 mm utlekting



Tegning 3.5a. Utvendig 150 mm Leca forblending



Tegning 3.3. Utvendig 100 mm utlekting



Tegning 3.5b. Utvendig 150 mm Leca forblending økt stivhet med skruer c/c xx mm

Fotoene under viser oppbygging av ytterveggtype 3 med ulike utbedringsvarianter



Foto av vegg 3.1. Bindingsverk og Asfalt vindtett



Foto av vegg 3.4. Utvendig tverravstivet vegg



Foto av vegg 3.1. Utvendig kledning



Foto av vegg 3.4. Utvendig tverravstivet vegg



Foto av vegg 3.1. Utvendig kledning. Luftespalte!



Foto av vegg 3.5. Utvendig 150 mm Leca forblending



Foto av vegg 3.5. Bindere til Leca-vegg

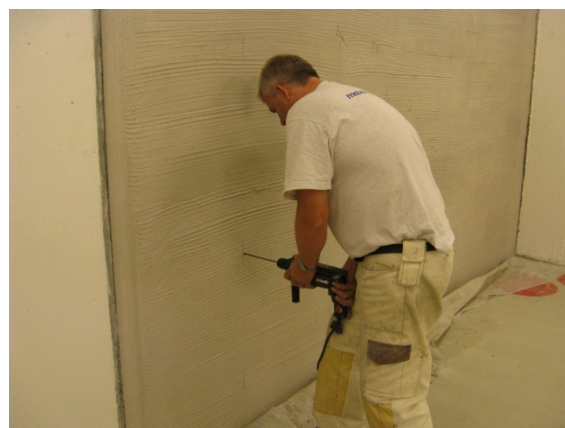


Foto av vegg 3.5. Fastskruing av Leca-vegg



Foto av vegg 3.5. Fiberarmert puss på Leca-vegg



Foto av vegg 3.5. Fastskruing, 24 stk av Leca-vegg

Tabell 3.3.3 gir oversikt over hovedresultater for ytterveggtype 3. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Komplette måleresultater i 1/3 oktavnband er gitt i appendix C.

Tabell 3.3.3. Hovedresultater for ytterveggtype 3

Type 3	Nyere bindingsverk 1980-2010 (48 x 148 mm, utvendig Asfalt Vindtett og innvendig gips)	Veid, laboratoriemålt lydreduksjonstall	Omgjøringstall for trafikkstøyspektrum (C-korreksjoner)		Veid lydreduksjonstall korr. for standard vegtrafikkstøyspekter	
			R_w	$C_{tr,100-3150}$	$C_{tr,50-5000}$	$R_w + C_{tr,100-3150}$
3.1	Basisvegg (48x148 mm, isolert med 150 mm Glava, innvendig 13 mm gips, utvendig 12 mm asfaltimpr porøs trefiberplate/AV og utlektet kledning).	44	-7	-15	37	29
3.2	Basisvegg + innvendig 50 mm isolasjon/ 48x 48 mm lekter og 2 x 13 mm gips innvendig kledning,	49	-8	-16	41	33
3.3	Basisvegg + utvendig 100 mm isolasjon/48x 98 mm c/c 600, 9 mm gips utvendig/GU og utlektet kledning,	54	-11	-21	43	33
3.4	Basisvegg + utvendig 100 mm isolasjon/48x 98 mm c/c 600 horisontalt limt og skrudd, 22 mm kryssfiner limt og skrudd, 9 mm gips utvendig/GU og utlektet kledning.	45	-6	-10	39	35
3.5a	Basisvegg uten utvendig kledning+ BI-skiner og bindere, 150 mm Leca blokk, 8 mm puss.	56	-6	-12	50	44
3.5b	Basisvegg + BI-skiner og bindere, 150 mm Leca blokk, 15 mm puss + 24 bolter/skruer til bindingsverket.	55	-6	-10	49	45

Diagram 3.3.3 – 3.3.4 viser sammenligning av frekvensdiagrammet for alle variantene av ytterveggtype 3 (basisvegger og utbedringsvarianter).

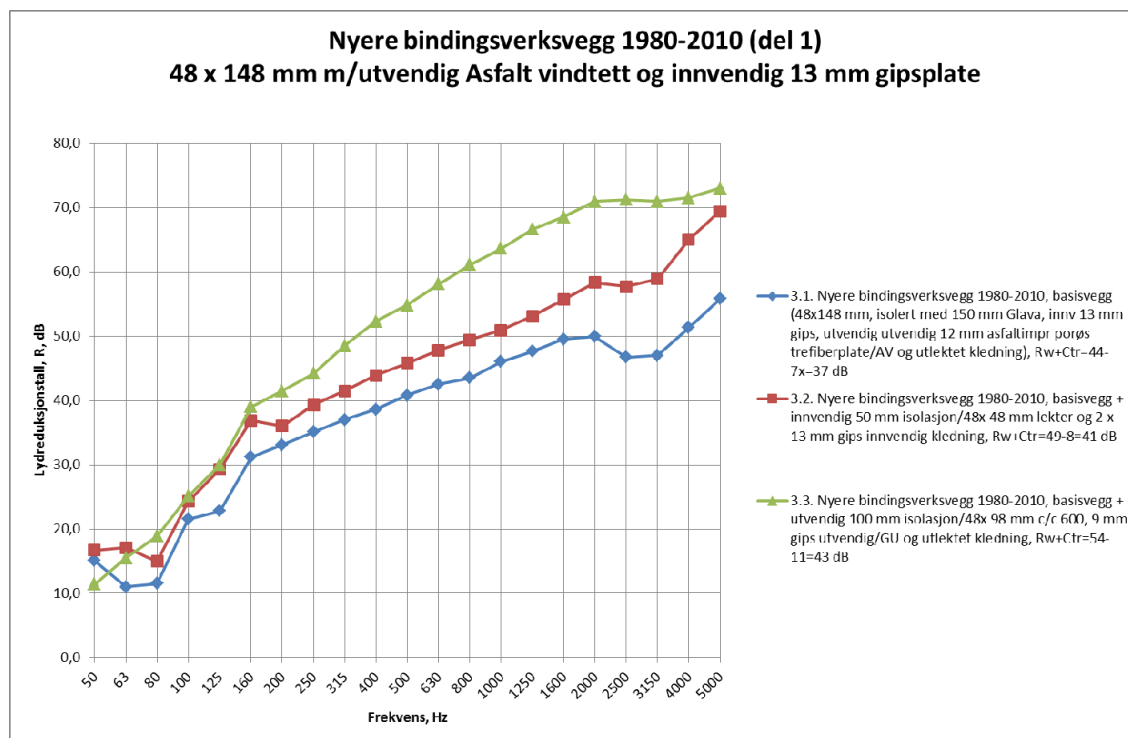


Diagram 3.3.3. Sammenligning av lydreduksjonstall for ytterveggtype 3

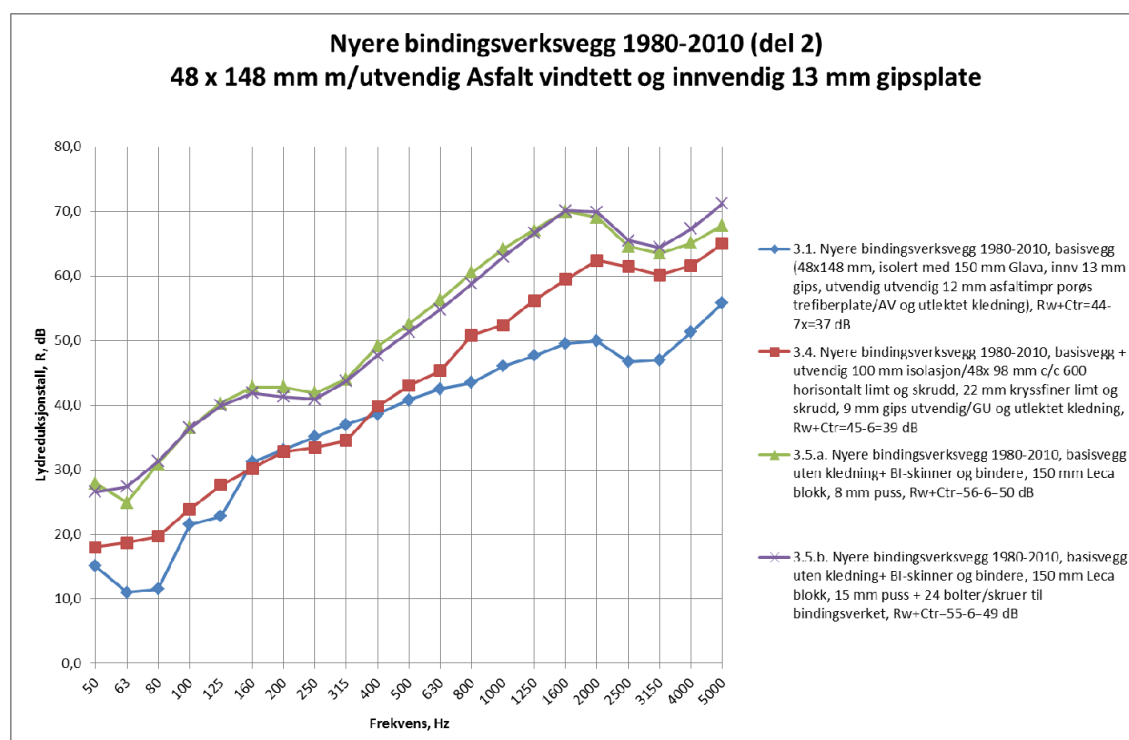
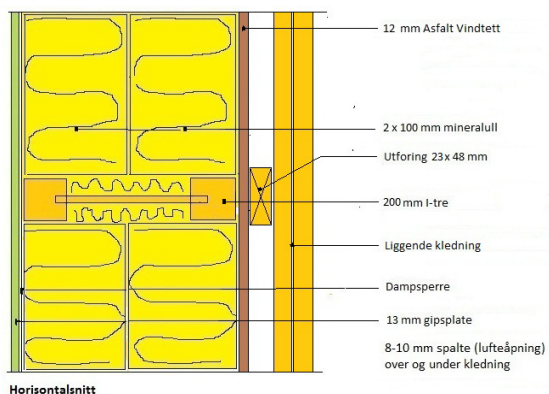


Diagram 3.3.4. Sammenligning av lydreduksjonstall for ytterveggtype 3, forts.

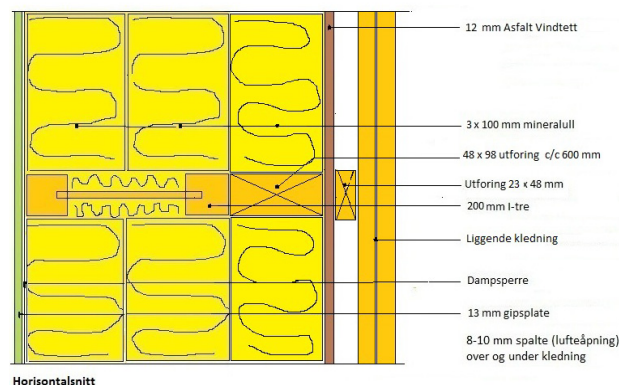
Diagrammene viser effekten av ulike utbedringstiltak. Effekten av utvendig tilleggisolering (100 mm utlekket tilleggisolering og 150 mm Leca) er svært god.

2.3.4 Dagens bindingsverk I-tre, > 2010 (200 mm, utvendig Asfalt Vindtett og innvendig gips)

Tegningene under viser skisse av oppbygging av ytterveggtype 5 (nr. 4 ble ikke brukt i forsøkene) med ulike utbedringsvarianter og med nummerering som følger beskrivelse, måleresultater og diagrammer.



Tegning 5.1. 200 mm I-tre med 13 mm gips innvendig og 12 mm Asfalt Vindtett utvendig



Tegning 5.2. Utvendig 100 mm tilleggisolasjon (passivhusstandard)

Fotoene under viser oppbygging av ytterveggtype 5 med ulike utbedringsvarianter



Foto av vegg 5.1. Stendere av 200 mm I-bjelker



Foto av vegg 5.15.1. Stendere av 200 mm I-bjelker

Tabell 3.3.4 gir oversikt over hovedresultater for ytterveggtype 5. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 3.3.4. Hovedresultater for ytterveggtype 5 (nr. 4 ikke brukt i forsøkene)

Type 5	Dagens bindingsverk I-tre, > 2010 (200 mm, utvendig Asfalt Vindtett og innvendig gips)	Revidert, laboratoriemålt lydreduksjonstall R_w	Omgjøringstall for trafikkstøyspektrum (C-korreksjoner)		Revidert lydreduksjonstall korr. for standard trafikkstøyspekter	
			$C_{tr,100-3150}$	$C_{tr,50-5000}$	$R_w + C_{tr,100-3150}$	$R_w + C_{tr,50-5000}$
5.1	isvegg (200 I-tre, isolert med 200 mm Glava, innv 13 mm gips, utvendig 12 mm asfaltimpr porøs trefiberplate/AV og utlekket kledning).	42	-5	-10	37	32
5.2	isvegg + utvendig tilleggisolasjon med 100 mm Glava, utvendig 12 mm asfaltimpr porøs trefiberplate/AV og utlekket kledning).	50	-7	-13	43	37

Diagram 3.3.5 viser sammenligning av frekvensdiagrammet for alle variantene av ytterveggtype 5 (basisvegger og utbedringsvarianter).

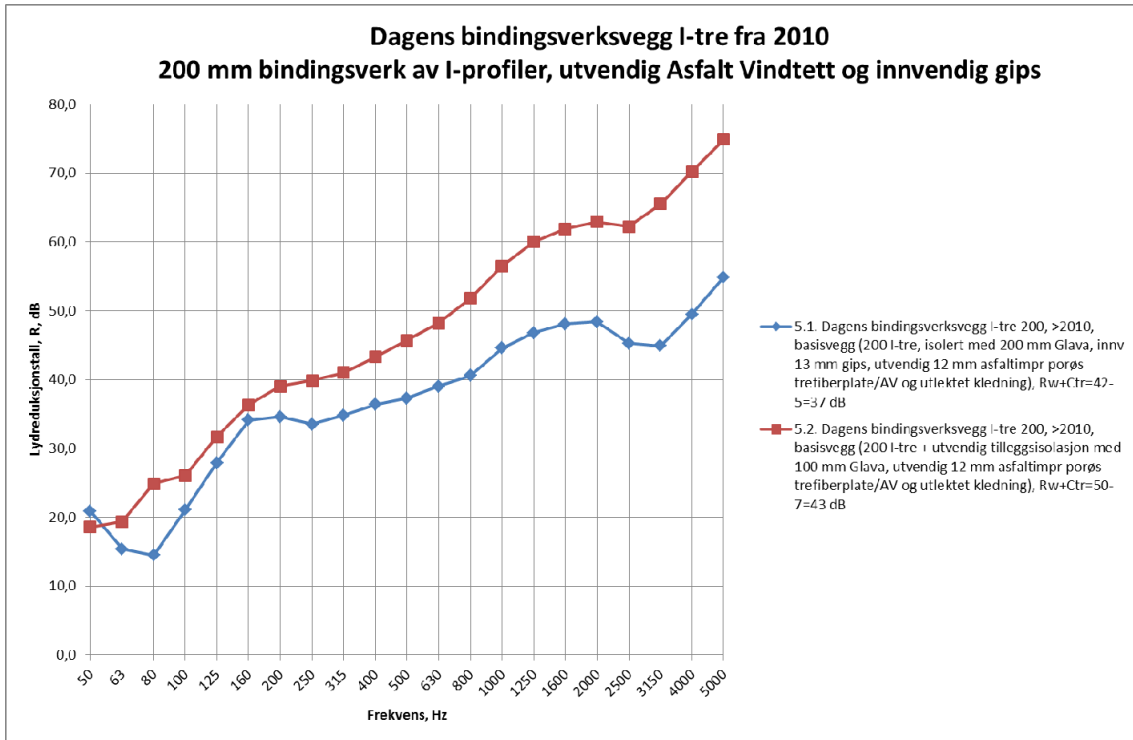


Diagram 3.3.5. Sammenligning av lydreduksjonstall for ytterveggtype 5

3.4 Sammenligning av alle basisveggene

Diagram 3.4.1 viser en sammenstilling av frekvensdiagrammet for alle basisveggene. Diagrammet viser at det er betydelige forskjeller mellom de ulike veggtypene, og ikke uventet har de eldre ytterveggtypene dårligst lydisolering. Alle basisveggene har begrenset lydisolering i hulromsresonansområdet rundt 80 Hz.

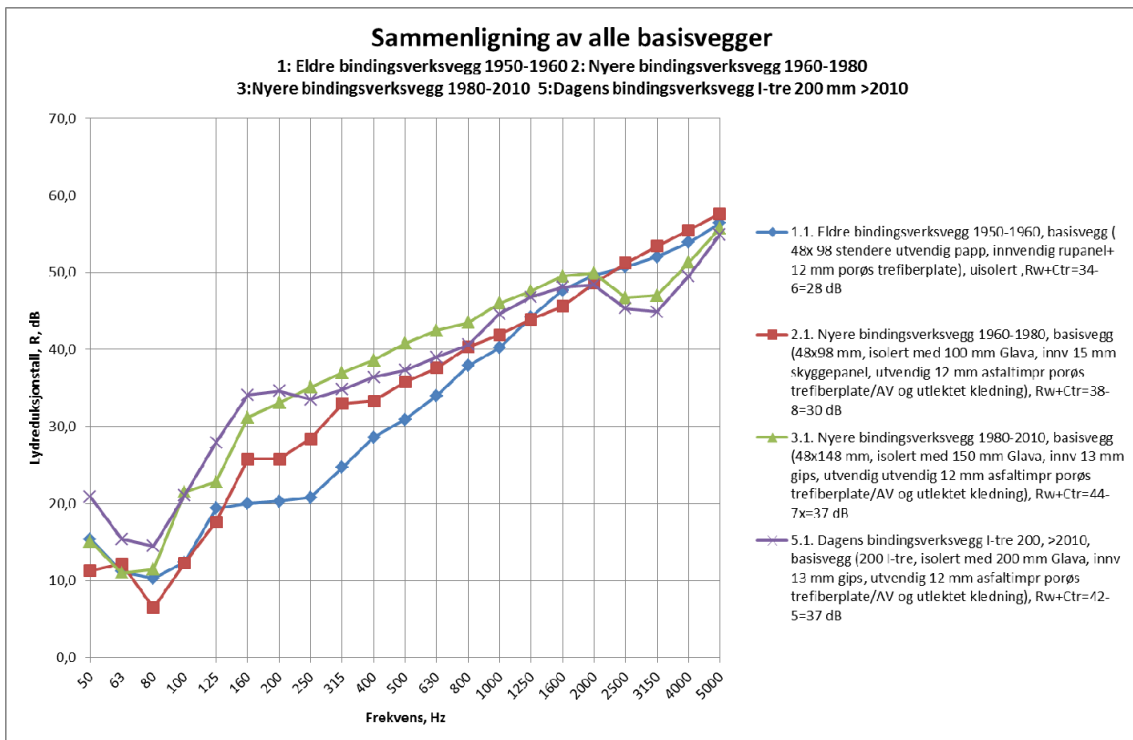


Diagram 3.4.1. Sammenligning av lydreduksjonstall for ytterveggtype 1, 2, 3 og 5 (basiskonstruksjonene)

3.5 Lavfrekvensmålinger under 50 Hz

Etter ønske fra Forsvarsbygg ble det gjort forsøk på å måle lydreduksjonstallet for ytterveggene også under 50 Hz, gjerne godt under grensen for hørbart område som er ca. 20 Hz. Området under hørbart område vil generere vibrasjoner som igjen kan eksitere skillekonstruksjonen eller andre tilstøtende konstruksjoner. Disse vibrasjonene vil oppleves som rystelser og kan igjen avstråles som hørbar lyd i bygningen. Forsvarsbygg har en spesiell interesse av lavfrekvensområdet på grunn av boliger nær militære flyplasser og andre øvingsområder.

Våre målinger av lavfrekvensisolasjon under 50 Hz var kun et forsøk som ble avsluttet fordi vårt måleutstyr ikke ga tilstrekkelig signal-støyforhold, i alle fall ikke under 31,5 Hz. Resultatene er derfor svært usikre. Diagram 3.5.1 viser et eksempel på lavfrekvensverdier for veggtype 3 ned til 31,5 Hz og viser at tunge, stive vegger har klart best egenskaper.

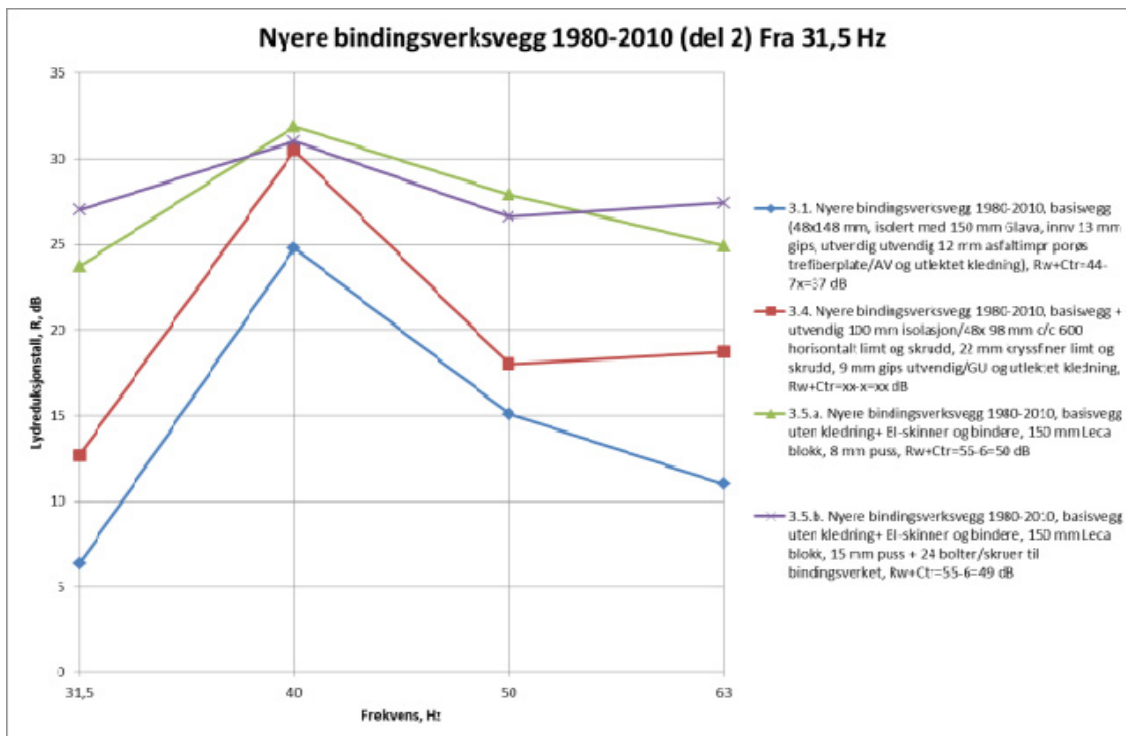


Diagram 3.5.1. Lavfrekvensverdier for veggtype 3.

Forsvarsbygg har engasjert Norges Geotekniske institutt, NGI for å gjøre lyd- og vibrasjonsmålinger av konstruksjoner ned til 20 Hz med spesielt lyd- og vibrasjonsmåleutstyr. NGI har gjort målinger på vår veggtype 1 og 3 som ledd i dette arbeidet.

4. Ytterveggventiler

4.1. Generelt

Det er foretatt lydmålinger av alle vanlige hovedtyper av ytterveggventiler. Det ble sendt ut forespørsel til flere produsenter, men kun firmaet Fresh Norge AS var interessert i et aktivt samarbeid. Fresh Norge AS har også en betydelig del av markedet for ytterveggventiler, spesielt når det gjelder lyddempede løsninger. Fresh Norge har velvillig lånt ut ventiler til forsøkene.

Ytterveggventilene ble montert i prøveåpningen for vinduer i SINTEF Byggforsks lydlaboratorium i underetasjen. Appendix A gir nærmere beskrivelse av laboratoriet samt oversikt over måle- og vurderingsmetoder.

Montering og målinger av vinduene er foretatt i perioden oktober 2009 til januar 2010 av Jørgen Tidemann-Andersen. Foto 4.1.1 og 4.1.2 viser avblending av vindusåpning og montert ventil



Foto 4.1.1. Avblendet vindusåpning med veggventil montert sett fra klangrommet



Foto 4.1.2. Avblendet vindusåpning med veggventil montert sett fra senderrommet

Prøveåpningen for vinduer har bredde x høyde lik 1250 mm x 1500 mm på klangromssiden og bredde x høyde lik 1370 mm x 1560 mm på senderromssiden. I åpningen er det montert avblendingsvegger med tykkelse henholdsvis 200 mm, 300 mm og 400 mm avhengig av kanaltype/lengde. I randsonen er det i prinsippet felles stendere/omramming, mens midtsprossen er delt slik at veggen har separate stendere. Det er brukt 2x13 mm gips på hver ytterside og veggen er fylt med mineralull. Foto 4.1.3 viser eksempler på oppbygging av 200 mm avblendingsvegg med omramming, delt midtstolpe og "kasse" for rørgjennomføring.



Foto 4.1.3. Oppbygging av 200 mm vegg med omramming, delt midtstolpe og "kasse" for rørgjennomføring.

Ytterveggventilmålingene er fullstendig rapportert i intern oppdragsrapport [25]

4.2. Oversikt ytterveggventiler som er målt

Det er målt på syv hovedtyper av ytterveggventiler:

- Udempet, rund ventil Ø80 mm (veggtykkelse 200, 300 og 400 mm)
- Lyddempet, rund ventil Ø80 mm (veggtykkelse 200, 300 og 400 mm)
- Lyddempet, rund ventil Ø100 mm (veggtykkelse 200, 300 og 400 mm)
- Lyddempet, spalteventil (overkarmventil for vindu)
- Lyddempet ventil av perforert stålplate (innbygging i 200 mm isolert yttervegg)
- Lyddempet radiatorventil (veggramme og rørgjennomføring i 200 mm vegg)
- Lyddempet, mekanisk ventilasjonsenhet (rørgjennomføring i 200 mm vegg)

Hver hovedtype er målt med varierende utførelse når det gjelder dimensjoner, dempemateriale, utvendig rist, innvendig ventil osv. For å begrense antall undervarianter har vi stort sett valgt de som gir lavest demping, dvs. målinger i 200 mm vegg for de fleste typene. Det er imidlertid også gjort noen sammenligninger mellom veggtykkelse 200 mm, 300 mm og 400 mm. Det er foretatt kontroll av lydreduksjonstallet uten ventil for hver ventiltype for å sikre at ikke veggen påvirker måleresultatet.

Totalt sett er det målt på 36 ulike varianter som igjen er målt i både lukket og åpen tilstand. Årsaken er at ventildata i lukket tilstand er aktuelt å bruke ved kartlegging av innendørs lydnivå i støyutsatte, eksisterende boliger etter Forurensningsloven. Det er brukt direkte referanse til produktnavn i rapporten. Utvalget er gjort for å dekke de mest vanlige produktene på markedet. Tilbudet om å være med på undersøkelsen ble gitt til flere produsenter.

Det ble ikke gjort målinger av vanlige spalteventiler i overkarm for vinduer og klaffluker i vegg fordi vi relativt nylig har målt disse variantene. I tabell 4.4.1 har vi tatt med hovedresultatene for disse ventiltypene med referanse til målerapportene.

4.3. Beskrivelse av ytterveggventiler og måleresultater

4.3.1 Udempet, rund ventil Ø80 mm (veggtykkelse 200, 300 og 400 mm)

Foto 4.3.1 viser ventiltype og komponenter.



Foto 4.3.1. Udempet, rund ventil Ø 80 mm. Ventiltype og komponenter

Foto 4.3.2 viser rørgjennomføring for ventiltype Fresh 80

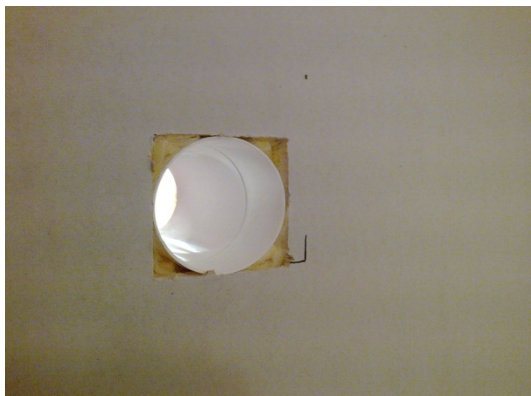


Foto 4.3.2. Rørgjennomføring for ventiltype Fresh 80. Mineralullen som vises er fylling rundt røret i kassen og ikke mineralullen vegg.

Tabell 4.3.1 gir oversikt over hovedresultater for udempet, rund ventil \varnothing 80. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Tekniske beskrivelse for komponentene er gitt i appendix B. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 4.3.1. Hovedresultat for udempet, rund ventil for gjennomføring i vegg. Fresh 80, Lengde 200 mm, 300 mm og 400 mm.

FRESH 80 Gjennomføring (netto): Udempet \varnothing 80 mm	Veid, normalisert nivå- differanse for ventil $D_{n,e,w}$, dB		Omgjøringstall for spektrum for ventil			
	Åpen	Lukket	$C_{tr,100-3150}$, dB		$C_{tr,50-5000}$, dB	
			Åpen	Lukket	Åpen	Lukket
Fresh 80, L=200 mm med ventiltype A	33	41	-2	-3	-2	-4
Fresh 80, L=200 mm med ventiltype B	32	46	-1	-1	-1	-3
Fresh 80, L=200 mm med ventiltype C	32	41	-1	-3	-1	-3
Fresh 80, L=200 mm med ventiltype D	32	49	0	-1	-1	-4
Fresh 80, L=300 mm med ventiltype A	33	38	-1	-2	-1	-2
Fresh 80, L=300 mm med ventiltype B	33	45	-2	-2	-2	-3
Fresh 80, L=300 mm med ventiltype C	33	39	-2	-2	-2	-3
Fresh 80, L=300 mm med ventiltype D	33	49	-1	-3	-1	-4
Fresh 80, L=400 mm med ventiltype A	33	39	-2	-3	-2	-3
Fresh 80, L=400 mm med ventiltype B	32	45	-1	-2	-1	-3
Fresh 80, L=400 mm med ventiltype C	33	41	-1	-4	-1	-4
Fresh 80, L=400 mm med ventiltype D	32	48	-1	-3	-1	-3

Målingene viser at det er liten forskjell på dempingen mellom de ulike ventiltypene i åpen tilstand.

Diagram 4.3.1 viser resultater med ventiltype A (lukket og åpen) i 200 mm vegg sammenlignet med resultat for 200 mm referansevegg uten ventil. Korrekt måleverdi for ventil forutsetter at veggens selv har verdi som er minst 6 dB bedre enn ventilen. Ved enkelte frekvenser er ikke dette tilfelle for lukket ventil.

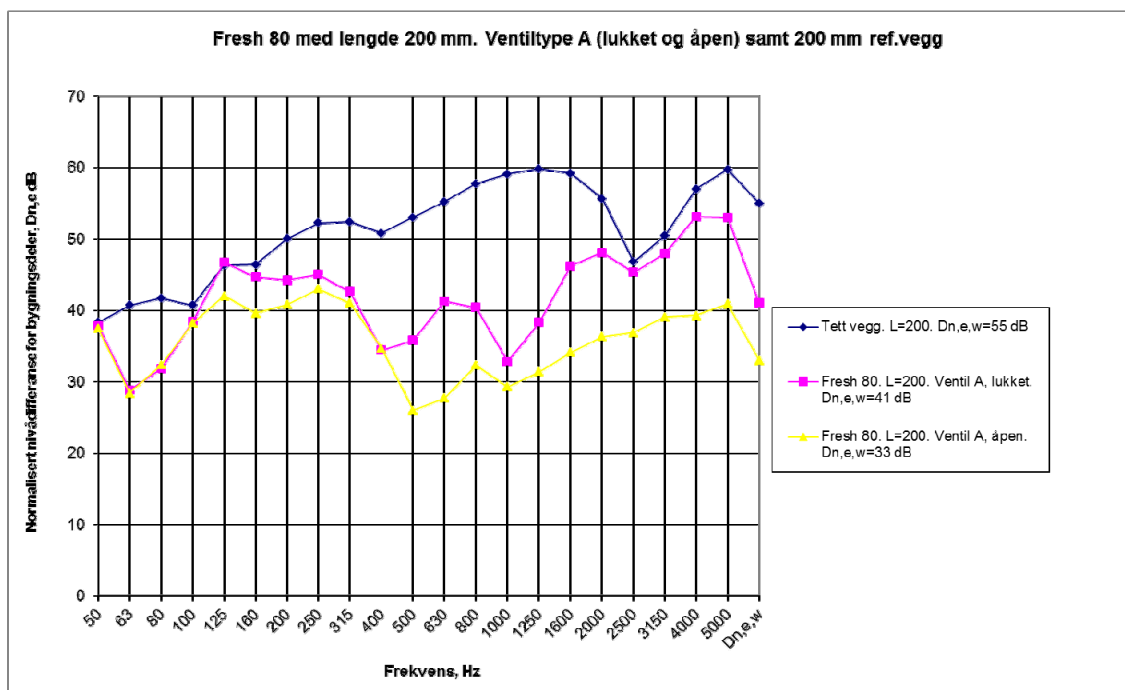


Diagram 4.3.1. Sammenligning av normalisert nivåforskjell $D_{n,e}$ for Fresh 80 med ventiltype A (lukket og åpen) i 200 mm vegg sammenlignet med resultat for 200 mm referansevegg uten ventil.

4.3.2 Lyddempet, rund ventil \varnothing 80 mm (veggtykkelse 200, 300 og 400 mm)

Foto 4.3.3 viser ventiltype og komponenter.



Foto 4.3.3. Lyddempet, rund ventil \varnothing 80 mm. Ventiltype og komponenter

Foto 4.3.4 viser "kasse" og rørgjennomføring for ventiltype Fresh 80dB (dempet kanal). "Kassen" består av 20 mm kryssfiner (også todelt med spalte for å sikre "dobbeltvegg") som ble montert for å sikre at gjennomføringen var "udempet". Dette er spesielt viktig for "dempet rørtipe" som ellers kunne fått økt dempningseffekt av mineralullen i vegg. På denne måten sikrer vi at resultatene blir mest mulig uavhengig av om vegg er isolert bindingsverksvegg eller vegg av lettklinker, betong eller lignende. "Kassen" hadde varierende størrelse avhengig av gjennomføringsrørets utvendige diameter (varierte mellom 85 – 140 mm)

Foto 4.3.5 og 4.3.6 viser henholdsvis standard utvendig ventil og eksempel på én type innvendig ventil (ventil A for ventiltype Fresh 80 dB).

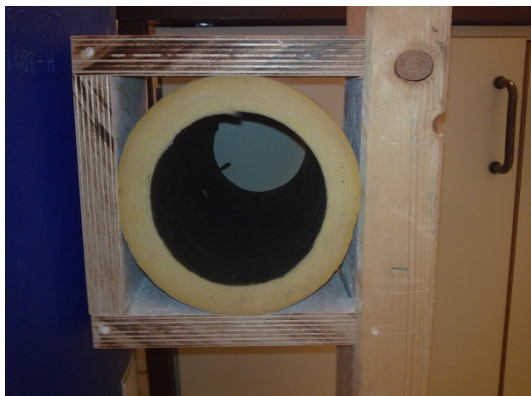


Foto 4.3.4. Rørgjennomføring og "kasse" for ventiltype Fresh 80dB (dempet kanal)



Foto 4.3.6. Eksempel på én type innvendig ventil (ventil A for ventiltype Fresh 80 dB)



Foto 4.3.5. Standard utvendig ventil.

Tabell 4.3.2 gir oversikt over hovedresultater for dempet, rund ventil Ø 80 for gjennomføring i vegg. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Tekniske beskrivelse for komponentene er gitt i appendix B. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 4.3.2. Hovedresultat for dempet, rund ventil Ø 80 for gjennomføring i vegg. Fresh 80dB, Lengde 200 mm, 300 mm og 400 mm.

FRESH 80dB Gjennomføring (netto): Dempet Ø 80 mm	Veid, normalisert nivå-differanse for ventil, $D_{n,e,w}$, dB		Omgjøringstall for spektrum for ventil			
	Åpen	Lukket	$C_{tr,100-3150}$, dB		$C_{tr,50-5000}$, dB	
			Åpen	Lukket	Åpen	Lukket
Fresh 80dB, L=200 mm med ventiltype A	43	47	-2	-2	-2	-2
Fresh 80dB, L=200 mm med ventiltype B	42	46	-1	-1	-1	-2
Fresh 80dB, L=200 mm med ventiltype C	43	53	-2	-2	-2	-3
Fresh 80dB, L=300 mm med ventiltype A	46	50	-2	-2	-2	-3
Fresh 80dB, L=300 mm med ventiltype B	46	49	-2	-2	-2	-2
Fresh 80dB, L=300 mm med ventiltype C	46	50	-2	-3	-2	-4
Fresh 80dB, L=400 mm med ventiltype A	50	54	-3	-4	-3	-4
Fresh 80dB, L=400 mm med ventiltype B	50	53	-3	-3	-3	-3
Fresh 80dB, L=400 mm med ventiltype C	50	57	-3	-4	-3	-4

Måleresultatene viser at det er liten forskjell på dempningen mellom de ulike ventiltypene i åpen tilstand. Marginen mot referanseveggen er ganske god.

Diagram 4.3.2. viser sammenligning av normalisert nivå-differanse $D_{n,e}$ for Fresh 80 dB for alle ventiltyper A-C i åpen tilstand (veggtykkelse 300 mm).

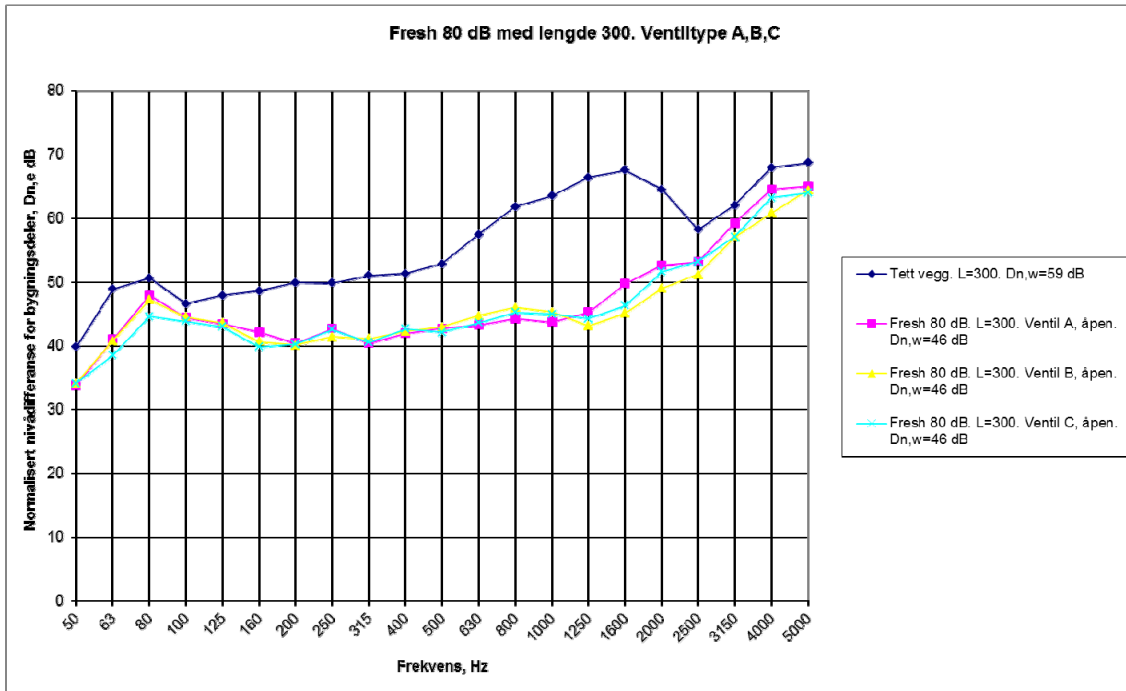


Diagram 4.3.2. Sammenligning av normalisert nivåforskjell $D_{n,e}$ for Fresh 80 dB for alle ventiltyper A-C i åpen tilstand (veggtykkelse 300 mm).

Diagram 4.3.3 viser resultater med lengde 200 mm med åpen ventil sammenlignet med eldre måledata. Det er dårlig overensstemmelse mellom nye og gamle måledata i det øvre frekvensområdet. Vi tror dette kan skyldes at tidligere målinger er gjort uten "kasse" rundt de dempede kanalene slik at man har fått en uriktig tilleggseffekt av mineralullen i vegg.

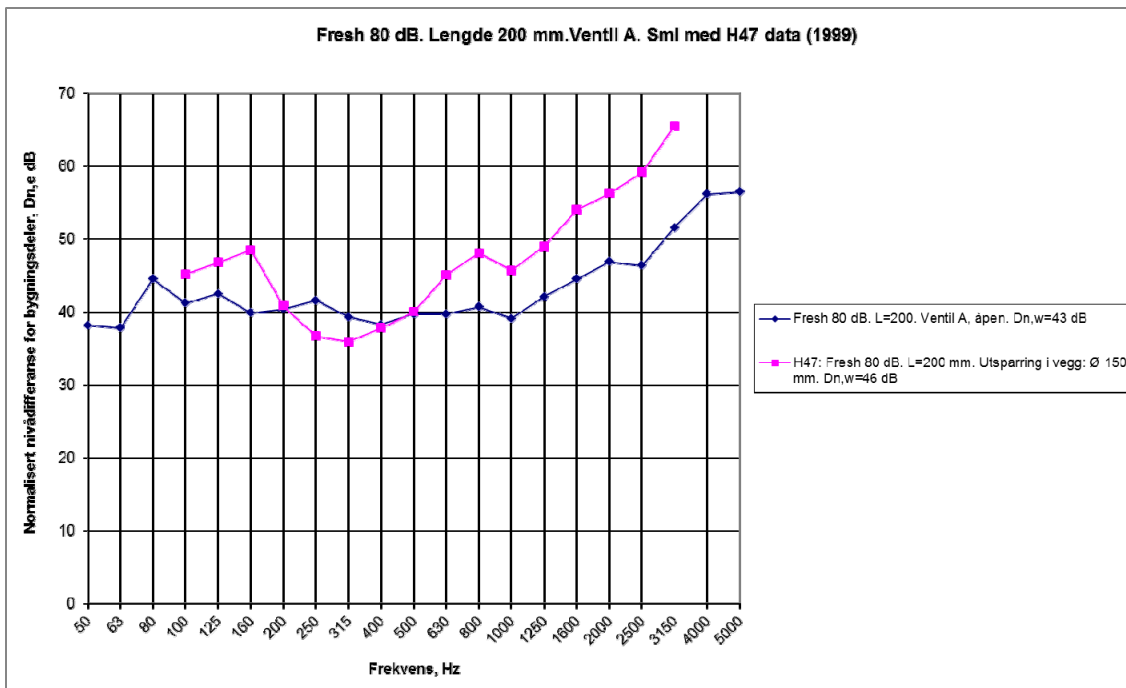


Diagram 4.3.3. Sammenligning av normalisert nivåforskjell $D_{n,e}$ for Fresh 80 dB med lengde 200 mm med åpen ventil sammenlignet med eldre måledata.

4.3.3 Lyddempet, rund ventil Ø100 mm (veggtykkelse 200, 300 og 400 mm)

Foto 4.3.7 viser ventiltype og komponenter.



Foto 4.3.7. Lyddempet, rund ventil Ø 100 mm. Ventiltype og komponenter

Tabell 4.3.3 gir oversikt over hovedresultater for dempet, rund ventil Ø 100 for gjennomføring i vegg. Fresh Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Tekniske beskrivelse for komponentene er gitt i appendix B. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 4.3.3. Hovedresultat for dempet, rund ventil Ø 100 mm for gjennomføring i vegg. Fresh 100dB, Lengde 200 mm, 300 mm og 400 mm.

FRESH 100dB Gjennomføring (netto): Dempet Ø100 mm	Veid, normalisert nivå-differanse for ventil, $D_{n,e,w}$, dB		Omgjøringstall for spektrum for ventil			
	Åpen	Lukket	$C_{Ir-100-3150}$, dB		$C_{Ir-50-5000}$, dB	
	Åpen	Lukket	Åpen	Lukket	Åpen	Lukket
Fresh 100dB, L=200 mm med ventiltype A	41	53	-2	-2	-2	-5
Fresh 100dB, L=200 mm med ventiltype B	41	49	-1	-1	-2	-2
Fresh 100dB, L=300 mm med ventiltype A	44	56	-2	-4	-2	-4
Fresh 100dB, L=300 mm med ventiltype B	45	52	-3	-3	-3	-3
Fresh 100dB, L=400 mm med ventiltype A	46	60	-3	-5	-3	-6
Fresh 100dB, L=400 mm med ventiltype B	47	55	-4	-3	-4	-4

Måleresultatene viser at det er liten forskjell på dempningen mellom de ulike ventiltypene i åpen tilstand. Marginen mot referanseveggen er ganske god.

Diagram 4.3.4 viser sammenligning av normalisert nivå-differanse $D_{n,e}$ for Fresh 100 dB for begge ventiltyper A-B i åpen tilstand (veggtykkelse 200 mm) samt referansevegg.

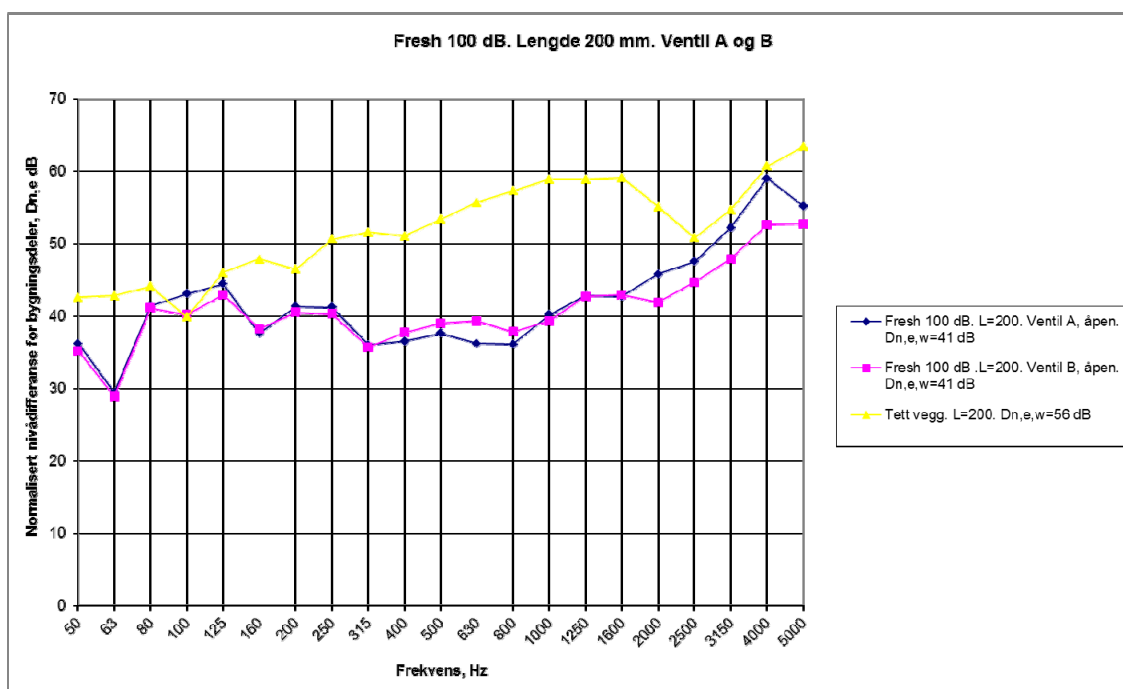


Diagram 4.3.4. Sammenligning av normalisert nivåforskjell $D_{n,e}$ for Fresh 100 dB for begge ventiltypene A-B i åpen tilstand (veggtykkelse 200 mm) samt referansevegg.

Diagram 4.3.5 viser utdrag av resultater for Fresh 100 dB for ventiltype A i åpen tilstand for alle tre veggtykkelser (200 mm, 300 mm og 400 mm).

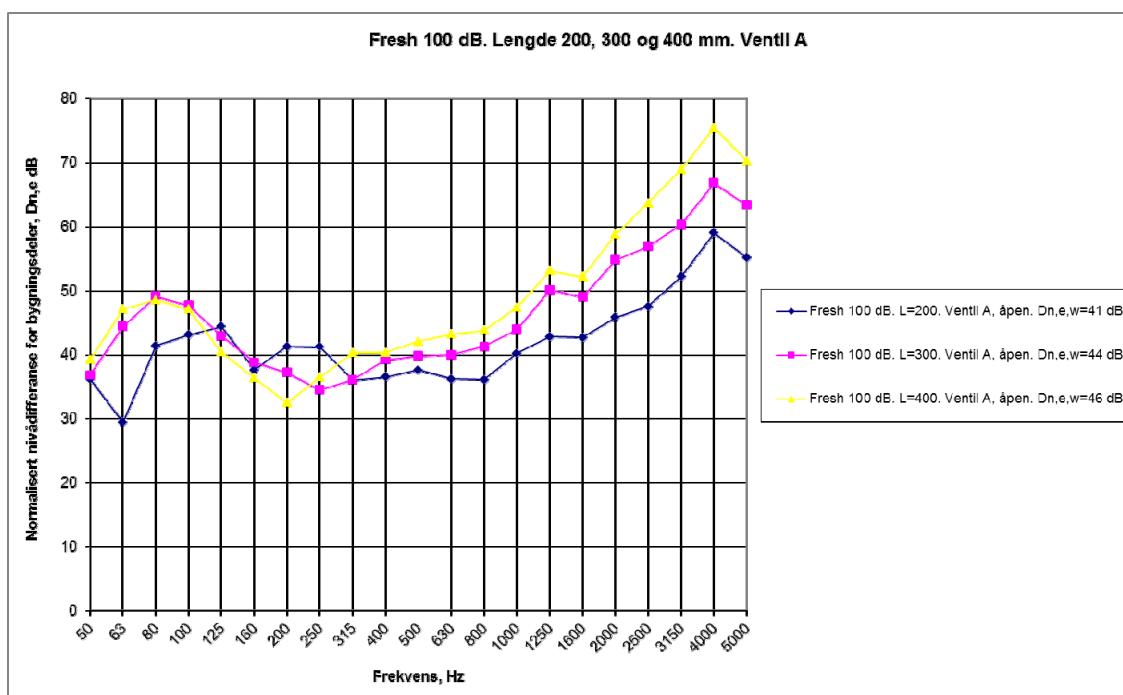


Diagram 4.3.5. Sammenligning av normalisert nivåforskjell $D_{n,e}$ for Fresh 100 dB for ventiltype A i åpen tilstand for alle tre veggtykkelser (200 mm, 300 mm og 400 mm).

4.3.4 Lyddempet, spalteventil (overkarmventil for vindu)

Foto 4.3.8 og 4.3.9 viser ventiltype og komponenter.



Foto 4.3.8. Lyddempet spalteventil Fresh AL-dB 800/42



Foto 4.3.9. Lyddempet spalteventil Fresh AL-dB 450/40

Foto 4.3.10 viser prøvevegg for måling av spalteventiler (200 mm vegg). Spalten er 12 mm høy og blendes ned til 350 mm bredde. De to midtbordene som danner spalten på 12 mm høyde er begge delt langsgående på midten med en 5 mm spalte for å sikre en vegg med "separate stendere" i midtfeltet. Den langsgående spalten er tettet med elastisk fugemasse for at spalten skal være "glatt" og uten dempning. Foto 4.3.11 viser eksempel på spalteventil montert på innvendig side.



Foto 4.3.10. Prøvevegg for måling av spalteventiler (200 mm vegg).



Foto 4.3.11. Eksempel på spalteventil montert på innvendig side.

Tabell 4.3.4 gir oversikt over hovedresultater for lyddempet, overkarmventil for montering i overkant vindusnisje. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Tekniske beskrivelse for komponentene er gitt i appendix B. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 4.3.4. Hovedresultat for lyddempet, overkarmventil for montering i overkant vindusnisje

Lyddempede spalteventiler for overkarm vindu/vindusnisje. Gjennomføring: 12x360 mm	Veid, normalisert nivå-differanse for ventil, $D_{n,e,w}$, dB		Omgjøringstall for spektrum for ventil			
	Åpen	Lukket	$C_{tr,100-3150}$, dB		$C_{tr,50-5000}$, dB	
			Åpen	Lukket	Åpen	Lukket
Fresh AL-dB 800-42	49	52	-1	-1	-1	-2
Fresh AL-dB 450-40	46	50	0	0	0	-1
Fresh FL-dB 800	46	47	-1	-1	-1	-1

Diagram 4.3.6 viser utdrag av resultater for alle tre typer av Fresh lyddempede spalteventiler i åpen tilstand (veggtykkelse 200 mm) og for referansevegg. Diagrammet viser at det er liten forskjell på dempningen mellom de ulike spalteventiltypene. Marginen mot referanseveggen er dårlig, spesielt i det nedre frekvensområdet. Dempningsverdiene for disse ventiltypene er høye og er minst like gode som veggene i disse frekvensområdene.

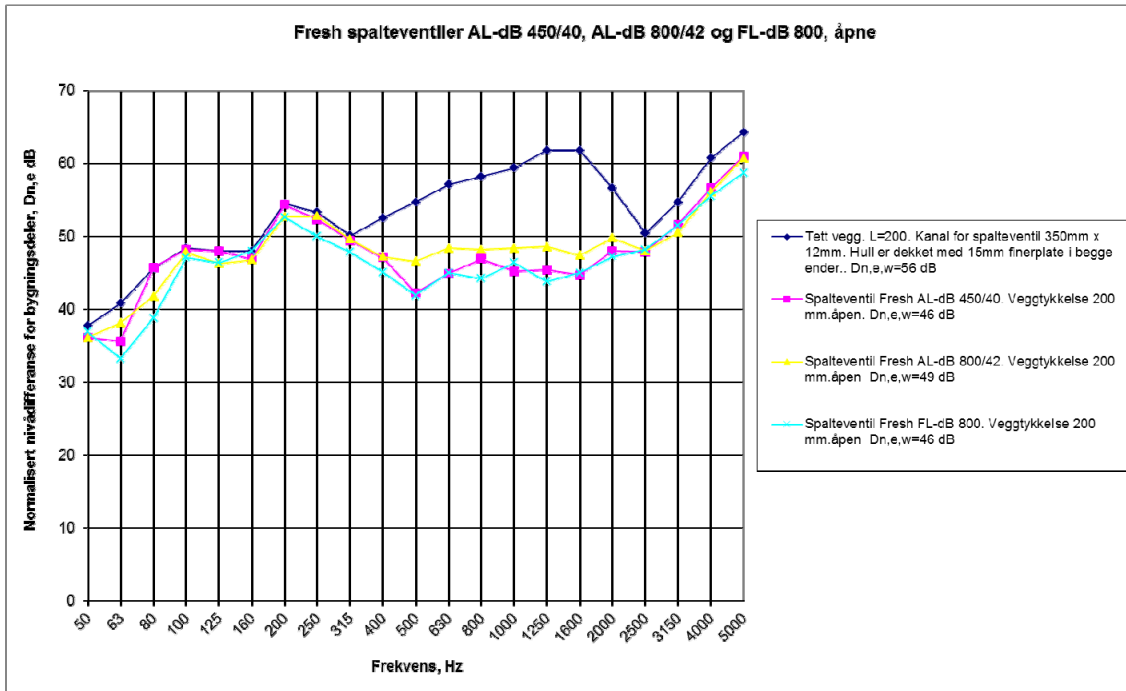


Diagram 4.3.6. Sammenligning av normalisert nivåforskjell $D_{n,e}$ for alle typer Fresh lydempede spalteventiler i åpen tilstand (veggykkelse 200 mm) og for referansevegg.

Diagram 4.3.7 viser utdrag av resultater for alle tre typer av Fresh lydempede spalteventiler i lukket tilstand og for referansevegg. Marginen mot referanseveggen blir nå naturlig nok enda dårligere.

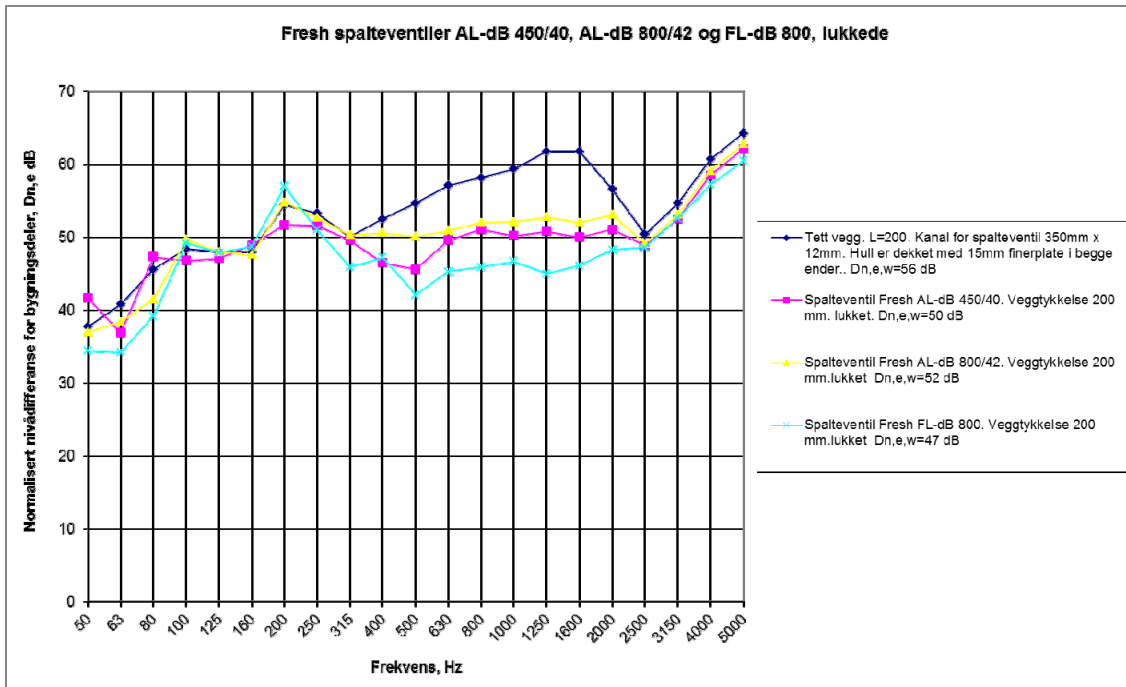


Diagram 4.3.7. Sammenligning av normalisert nivåforskjell $D_{n,e}$ for Fresh lydempede spalteventiler i lukket tilstand (veggykkelse 200 mm) og for referansevegg.

4.3.5 Lyddempet ventil av perforert stålplate (innbygging i 200 mm isolert yttervegg)

Foto 4.3.11 viser ventiltype og komponenter.



Foto 4.3.11. Lyddempet ventil av perforert stålplate, Fresh Z-dB. Ventiltype og komponenter

Foto 4.3.12 og 4.3.13 viser innbygging av Fresh Z-dB i 200 mm vegg



Foto 4.3.12. Innbygging av Fresh Z-dB i 200 mm vegg med mineralull, delvis isolert



Foto 4.3.13. Innbygging av Fresh Z-dB i 200 mm vegg med mineralull, ferdig isolert

Tabell 4.3.5 gir oversikt over hovedresultater for lyddempet ventil av perforert stålplate innbygget i 200 mm vegg med mineralullisolasjon. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Tekniske beskrivelse for komponentene er gitt i appendix B. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 4.3.5. Hovedresultat for lyddempet ventil av perforert stålplate innbygget i 200 mm vegg med mineralull.

FRESH Z-dB. Lyddempet ventil for innbygging i vegg. Gjennomføring (netto): Udempet Ø 90 mm	Veid, normalisert nivå-differanse for ventil, $D_{n,e,w}$, dB		Omgjøringstall for spektrum for ventil			
			$C_{Ir-100-3150}$, dB		$C_{Ir-50-5000}$, dB	
	Åpen	Lukket	Åpen	Lukket	Åpen	Lukket
Fresh Z-dB, ventil A,	57	57	-2	-2	-3	-3

Diagram 4.3.8 viser utdrag av resultater for Fresh Z-dB ventil. Dempningsverdiene for denne ventiltypen er svært høye og er minst like gode som vegg mer eller mindre i hele frekvensområdet. Dempningen påvirkes lite av om indre spjeld er lukket eller åpent.

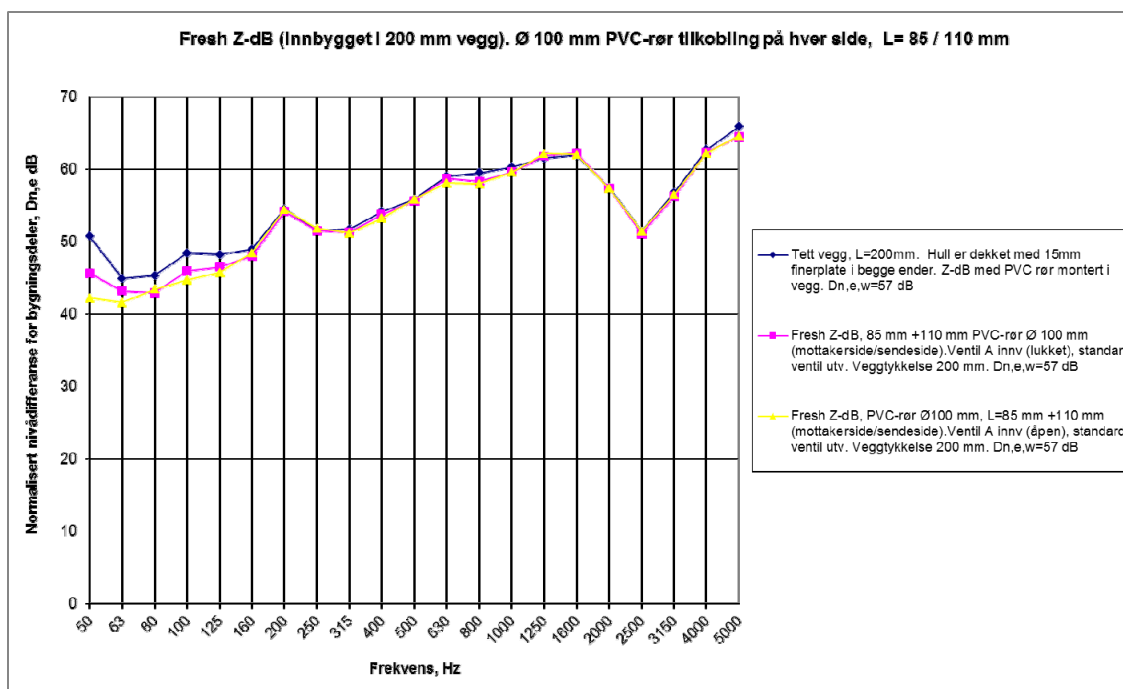


Diagram 4.3.8. Sammenligning av normalisert nivåforskjell $D_{n,e}$ for Fresh Z-dB ventil for innbygging i vegg

4.3.6 Lyddempet radiatorventil (veggramme og rørgjennomføring i 200 mm vegg)

Foto 4.3.14 viser ventiltype og komponenter.



Foto 4.3.14. Rotus SL radiatorventil.

Tabell 4.3.6 gir oversikt over hovedresultater for lyddempet radiatorventil m/veggramme med gjennomføring i 200 mm vegg. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Tekniske beskrivelse for komponentene er gitt i appendix B. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 4.3.6. Hovedresultat for lydempet radiatorventil m/veggramme med gjennomføring i 200 mm vegg.

Rotus SL. Radiatorventil. Gjennomføring (netto): Dempet og udempet rør Ø90 mm	Veid, normalisert nivå- differanse for ventil, $D_{n,e,w}$, dB		Omgjøringstall for spektrum for ventil			
	Åpen	Lukket	$C_{tr,100-3150}$, dB		$C_{tr,50-5000}$, dB	
			Åpen	Lukket	Åpen	Lukket
Rotus SL, PVC-rør Ø90 mm	41	43	-1	-1	-1	-1
Rotus SL, dempet rør Ø140/90 (min.ull m/plast-mantel)	45	47	-2	-3	-3	-3

Diagram 4.3.9 viser utdrag av resultater for Rotus SL radiatorventil (åpen) med udempet og dempet rørgjennomføring i 200 mm vegg og for referansevegger. Marginene mot referanseveggene er dårlig, spesielt i det nedre frekvensområdet. Dempningsverdiene for disse ventiltypene er høye og er minst like gode som veggene i disse frekvensområdene.

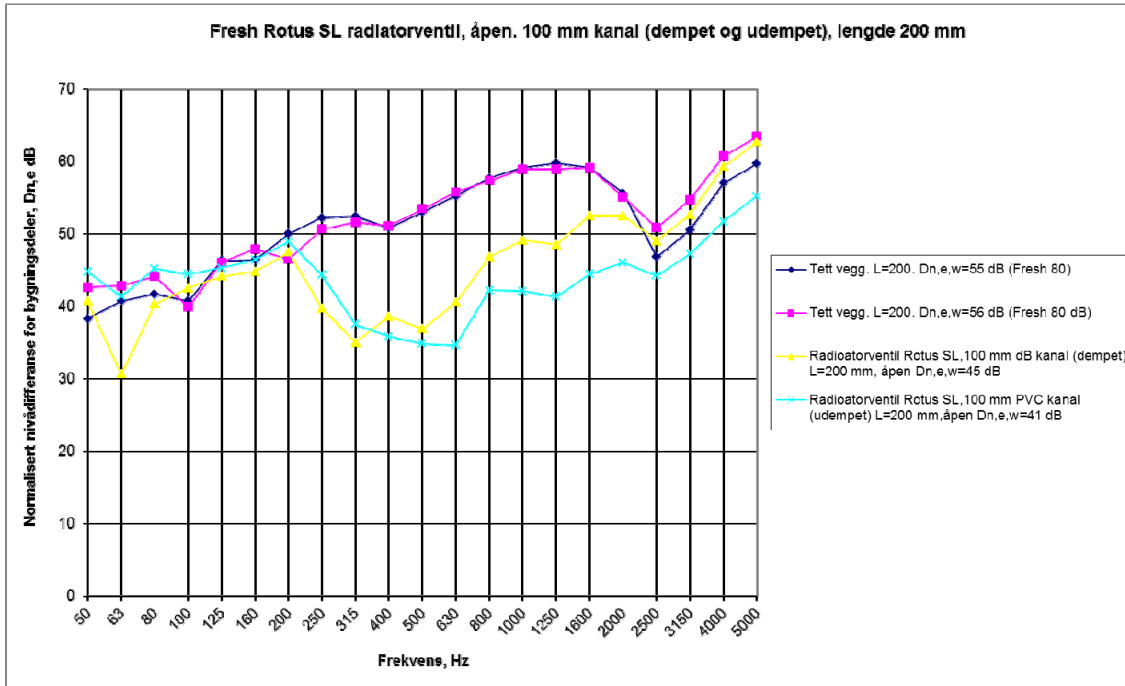
Diagram 4.3.9. Sammenligning av normalisert nivåddifferanse $D_{n,e}$ for Rotus SL radiatorventil med udempet og dempet rørgjennomføring i 200 mm vegg og for referansevegger

Diagram 4.3.10 viser utdrag av resultater for Rotus SL radiatorventil (lukket) med udempet og dempet rørgjennomføring i 200 mm vegg og for referansevegger. Marginene mot referanseveggene er naturlig nok fortsatt dårlig, spesielt i det nedre frekvensområdet. Dempningsverdiene for disse ventiltypene er høye og er minst like gode som veggene i disse frekvensområdene. Dette indikerer at dempningen i selve ventilen er svært god og påvirkes lite av om indre spjeld er lukket eller åpent.

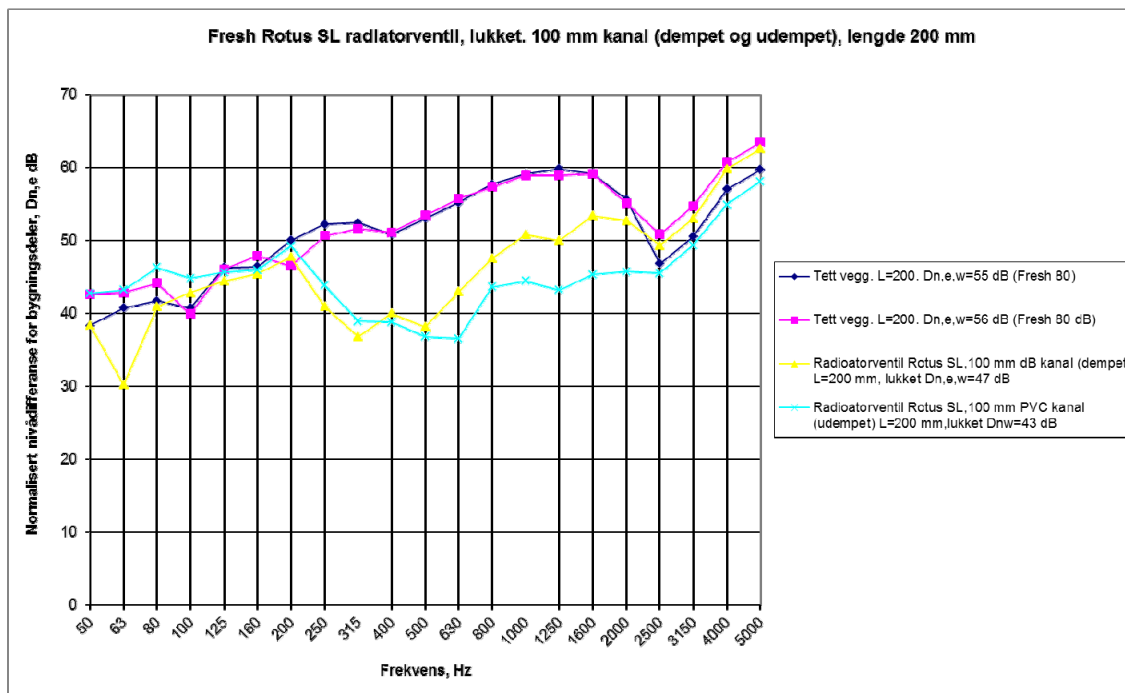


Diagram 4.3.10. Sammenligning av normalisert nivåforskjell $D_{n,e}$ for Rotus SL radiatorventil (lukket) med udempet og dempet rørgjennomføring i 200 mm vegg og for referansevegger.

4.3.7 Lyddempet, mekanisk ventilasjonsenhet (rørgjennomføring i 200 mm vegg)

Foto 4.3.15 viser ventiltype og komponenter.

Foto 4.3.15 og 4.3.16 viser eksempel på mekanisk ytterveggventil (Fresh F+)

Foto 4.3.17 og 4.3.18 viser eksempel på mekanisk ytterveggventil (Siegenia Aerolife og Aerovital)



Foto 4.3.15. Mekanisk ytterveggventil (Fresh F+)



Foto 4.3.16. Mekanisk ytterveggventil (Fresh F+)

)



Foto 4.3.17. Mekanisk ytterveggventil (Siegenia Aerolife)



Foto 4.3.18. Mekanisk ytterveggventil (Siegenia Aerovital)

Tabell 4.3.7 gir oversikt over hovedresultater for lydempede, mekaniske ventilasjonsenheter med og uten varmegjenvinner for montering innvendig og med gjennomføring i 200 mm vegg. Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Tekniske beskrivelse for komponentene er gitt i appendix B. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 4.3.7. Hovedresultat for lydempede, mekaniske ventilasjonsenheter med og uten varmegjenvinner for montering innvendig og med gjennomføring i 200 mm vegg

Mekaniske ventilasjons-enheter. Gjennomføring (netto): Udempet og dempet rør Ø 100-110 mm	Veid, normalisert nivå-differanse for ventil, $D_{n,e,w}$, dB		Omgjøringstall for spektrum for ventil			
	Åpen	Lukket	$C_{tr,100-3150}$, dB		$C_{tr,50-5000}$, dB	
			Åpen	Lukket	Åpen	Lukket
Siegenia Sonair A+, rør 140 mm mineralull m/plastmantel (Ø102 innv)	49*	55	-4	-3	-4	-3
Siegenia Sonair F+, rør 100 mm PVC, Vifte av Vifte på "2"	48 48	53 -	-1 0	-1 -	-1 -1	-1 -
Siegenia Sonair F+, rør 140 mm mineralull m/plastmantel (Ø102 innv), vifte av.	51*	54	-4	-4	-4	-4
Siegenia Aerolife, rør 112 mm utv, PVC, Vifte av Vifte på "laveste trinn"	- 50	50 -	- -2	-2 -	- -2	-2 -
Siegenia Aerovital, rør 112 mm utv, PVC, Vifte på "laveste trinn"	50	51	-2	-2	-2	-2

* Målt av Byggforsk (tidligere modell) O18055, 03.10.2003 til $D_{n,e,w} = 47$ dB (type A+) og $D_{n,e,w} = 53$ dB (type F+)

Diagram 4.3.11 viser utdrag av resultater for alle fire mekaniske ventilasjonsenheter (åpne spjeld) og referansevegg. Marginene mot referanseveggene er relativt dårlige, bortsett fra i mellomfrekvensområdet. Dette viser at dempningsverdiene for disse ventiltypene er svært høye og er minst like gode som veggen mer eller mindre i hele frekvensområdet.

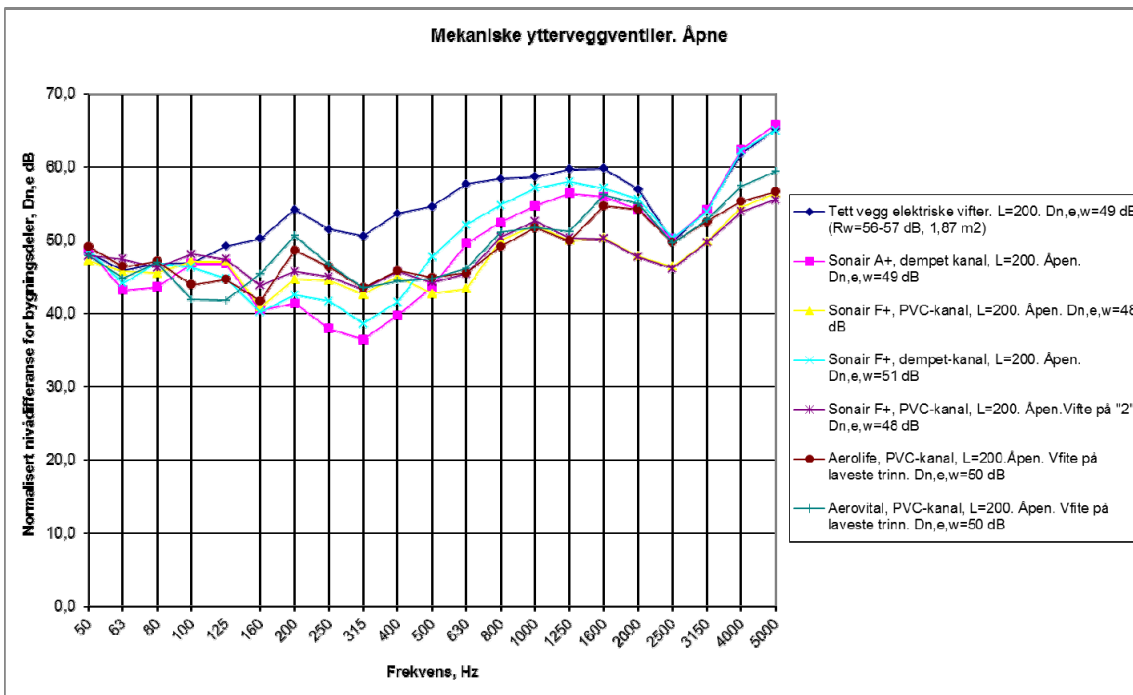


Diagram 4.3.11. Sammenligning av normalisert nivåforskjell Dn,e for alle fire mekaniske ventilasjonsenheter (åpne spjeld) og referansevegg.

Diagram 4.3.12 viser utdrag av resultater for alle fire mekaniske ventilasjonsenheter (lukkede spjeld) og referansevegg. Marginene mot referanseveggene er naturlig nok enda dårlige enn for åpne spjeld. Dette viser at dempningsverdiene for disse ventiltypene er svært høye og er minst like gode som veggen mer eller mindre i hele frekvensområdet. Demningen i selve ventilen er også så god at demningen påvirkes lite av om indre spjeld er lukket eller åpent.

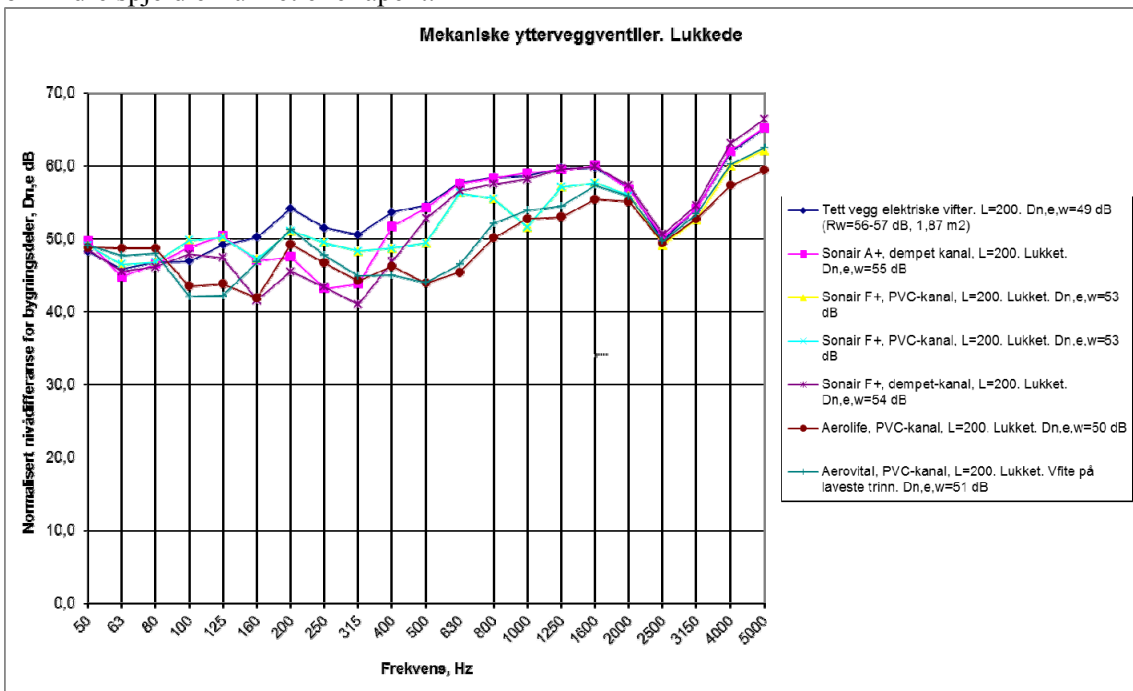


Diagram 4.3.12. Sammenligning av normalisert nivåforskjell Dn,e for alle fire mekaniske ventilasjonsenheter (lukkede spjeld) og referansevegg.

4.4 Standard klaffluke i vegg og standard spalteventil i overkarm

For helhetens skyld så gjengir vi her også tidligere måleresultater for de to mest vanlige udempede ventilasjonsåpninger i yttervegger. Det er typene standard 150 mm x 150 mm klaffluke i vegg og standard spalteventil for montering i overkarm vindu, se foto 4.4.1 og 4.4.2.



Foto 4.4.1 Klaffeventil montert i laboratoriet

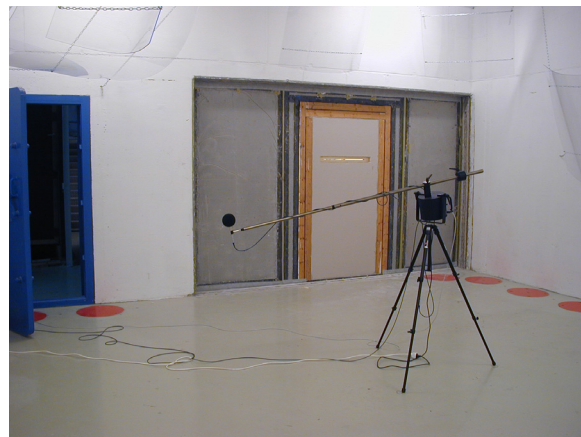


Foto 4.4.2 Spalteventil montert i laboratoriet

Tabell 4.4.1 gir hovedresultater for disse to typene. Fullstendige måleresultater er gitt i interne oppdragsrapporter [20] og [21].

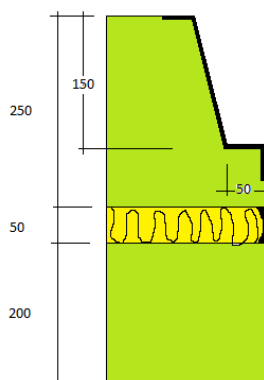
Tabell 4.4.1. Hovedresultater for standard klaffluke i vegg og standard spalteventil i overkarm fra tidligere målinger.

Klaffluke i vegg og enkle overkarmventiler for vindu	Veid, normalisert nivå-differanse for ventil, $D_{n,e,w}$, dB		Omgjøringstall for spektrum for ventil			
	Åpen	Lukket	$C_{tr,100-3150}$, dB		$C_{tr,50-5000}$, dB	
			Åpen	Lukket	Åpen	Lukket
Klaffluke med utvendig rist m/fluenetting og innvendig klaffluke m/trekksnor. Stålkanel i vegg 150x150 mm, L=270 mm.	28 (max)	45	0	-3	0	-3
Utenpåliggende spalteventil for overkarm i vindu, Biobe AS						
- 15 x 220 mm, dybde 45 mm	32	43	0	-1	0	-2
- 15 x 420 mm, dybde 45 mm	29	45	0	-	0	-
- 15 x 620 mm, dybde 45 mm	28	-	0	-	0	-

5. Tak

5.1. Generelt

Det er foretatt lydmålinger av fire ulike hovedtyper av tak. Takene ble montert i SINTEF Byggforsks lydlaboratorium for større bygningskomponenter i prøveåpningen for etasjeskillere/tak. Skytta Bygg AS ble engasjert til å utføre alle byggearbeidene. Appendix A gir nærmere beskrivelse av laboratoriet samt oversikt over måle- og vurderingsmetoder. Figur 5.1.1 viser utsnitt av prøveåpningen mellom senderrom og klangrom. Prøveåpning inkludert 50 mm opplegg på fire sider er 2900 mm x 3800 mm (ca. 11 m²).



Figur 5.1.1. Utsnitt (vertikalsnitt) av prøveåpningen mellom senderrom og klangrom.

Den mest ideelle ville vært å montere takene slik de bygges i praksis med skrå utførelse og mest mulige riktige detaljer ved raft og møne. I praksis er dette ikke lett å få til i et laboratorium, og det gir også relativt stor fare for lydoverføringen i for stor grad kan bli påvirket av avslutningsdetaljer og nødvendige avblendinger. De skrått isolerte takene er derfor montert horisontalt i prøveåpningen, men fortsatt i en høyde som sikret mulighet for lufting mot oversiden der dette var aktuelt. Taket med kaldt loft er derimot tilnærmet bygget som i praksis, da dette var nødvendig ut fra takets virkemåte med yttertak, luftet loft og isolert himling under. Plasseringen av takene i prøveåpningen fremgår av tegningene pkt. 5.2.

Målingene er foretatt i perioden januar 2012 – april 2012 av Halvard Høiland-Kaupang. Takmålingene er fullstendig rapportert i intern oppdragsrapport [27]

5.2. Oversikt takkonstruksjoner som er målt

Det er gjort målinger av fire hovedtyper av tak fra ulike tidsperioder:

- Nyere skråtak. 48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftesjikt. Fra 1980.
- Nyere skråtak. Kombinert undertak og vindsperre, 300 mm isolasjon. Fra 2000.
- Skråtak med kaldt loft (W-takstoler) 1965-1980
- Eldre skråtak 1½ etasje med knevegger og kalde loft (1950-60)

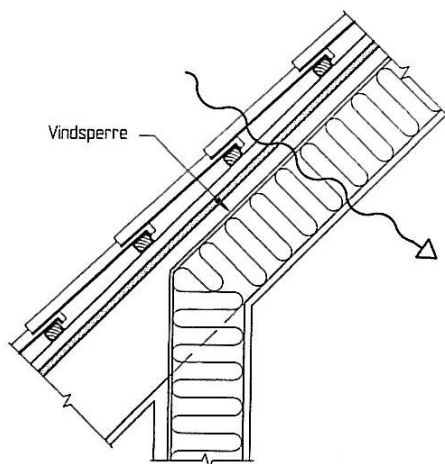
Det er tettet med mineralull, trelekter og fugemasse langs kantene på over- og underside for å sikre mot lekkasjer og uønsket lydoverføring. For takkonstruksjoner som forutsetter luftesjikt mot det fri er det laget 25 mm lufteåpning mot én side av taket, ellers er lufteåpningene tettet med lister/kledningsbord. Dette er gjort for at man ikke skal overdrive lufteåpningen sett i forhold til at takflaten er liten i laboratoriet. For de luftede takene er det også gjort måling med lukket lufteåpning ved at det er montert en lekt over spalten.

For hver hovedvariant er det målt basiskonstruksjon og med ulike typer av tilleggskonstruksjoner/utbedringer. Totalt sett er det målt på 29 ulike varianter.

5.3. Beskrivelse av takkonstruksjoner og måleresultater

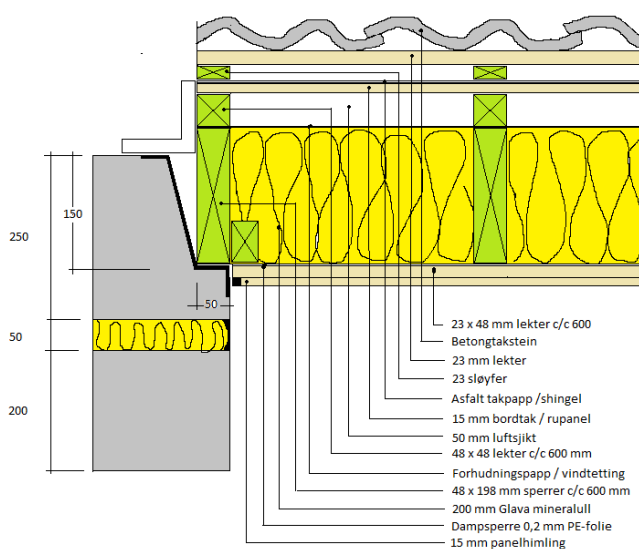
5.3.1 Nyere skråtak. 48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftesjikt. Fra 1980.

Figur 5.3.1 viser prinsippskisse for taktypen.

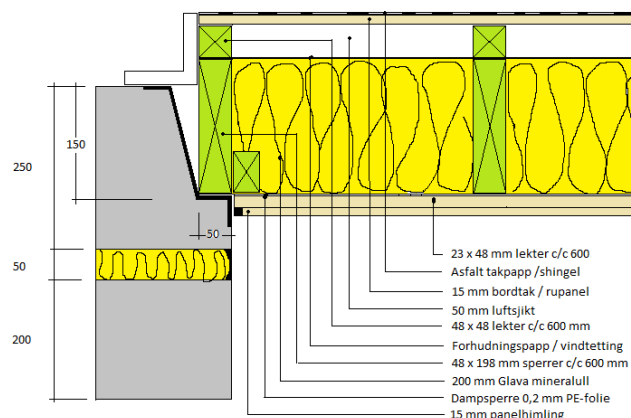


Figur 5.3.1. Prinsipptegning for taktype 1

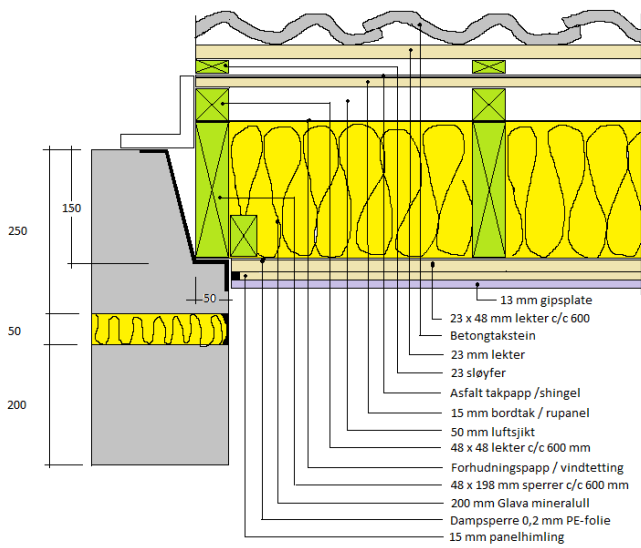
Tegningene under viser skisse av oppbygging av taktype 1 med ulike utbedringsvarianter og med nummerering som følger beskrivelse, måleresultater og diagrammer.



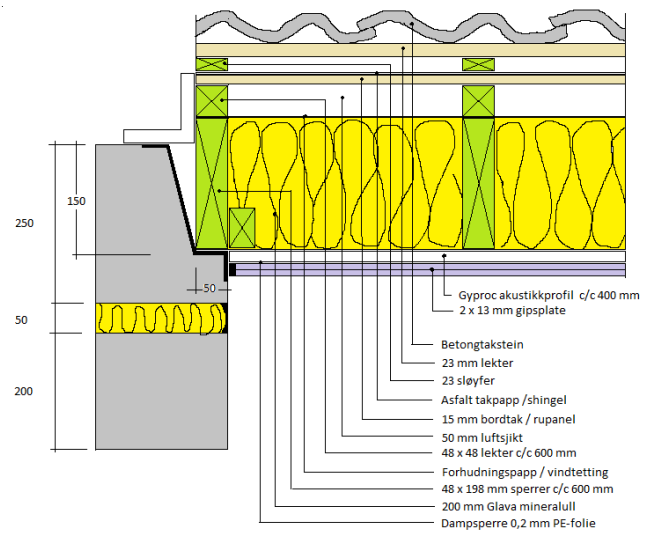
Tegning av tak 1.1 basis



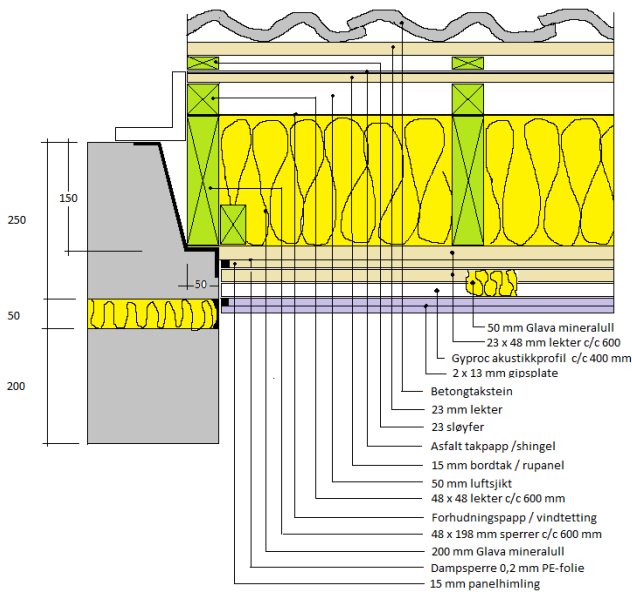
Tegning av tak 1.2 Asfalt takpapp



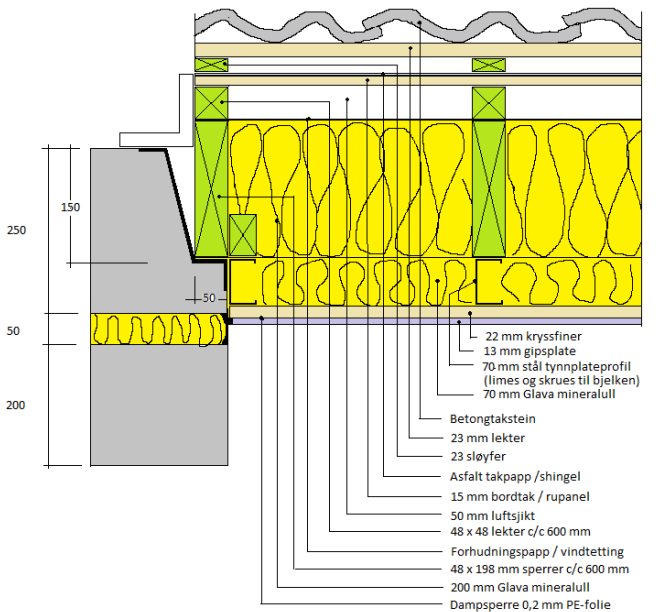
Tegning av tak 1.3 Gipsplate på panelhimling



Tegning av tak 1.5 Ny elastisk opphengt himling, fjerner eksisterende



Tegning av tak 1.4 Ny elastisk opphengt himling under eksisterende



Tegning av tak 1.6 Økt stivhet i himling med tynnplateprofil i stål og 22 mm kryssfiner

Fotoene under viser oppbygging av taktype 1 med ulike utbedringsvarianter. Fotoene med aksellerometre på over og undersiden er knyttet til målinger utført av Norges Geotekniske institutt, NGI. Dette er nærmere omtalt for yttervegger i pkt. 2.4 "Lavfrekvensmålinger under 50 Hz".



Foto av tak 1.1. 25 mm lufteåpning



Foto av tak 1.2. Tekking med asfaltpapp



Foto av tak 1.1. 15 mm panelhimling

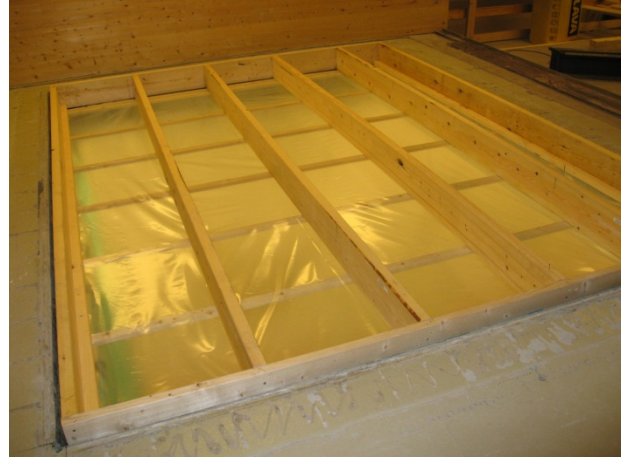


Foto av tak 1.2. Taksperrer og dampsperre



Foto av tak 1.1. Takstein

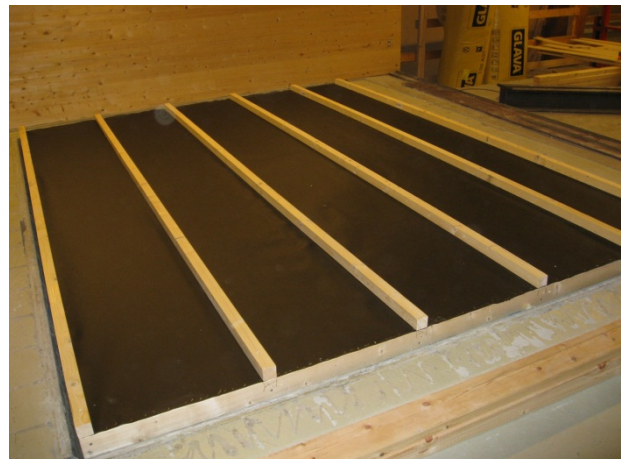


Foto av tak 1.1. Lekter, luftesjikt over vindpapp



Foto av tak 1.3. Ekstra gips i himling



Foto av tak 1.4. Nedlektet lydhimling



Foto av tak 1.4. Nedlektet lydhimling



Foto av tak 1.4. Nedlektet lydhimling

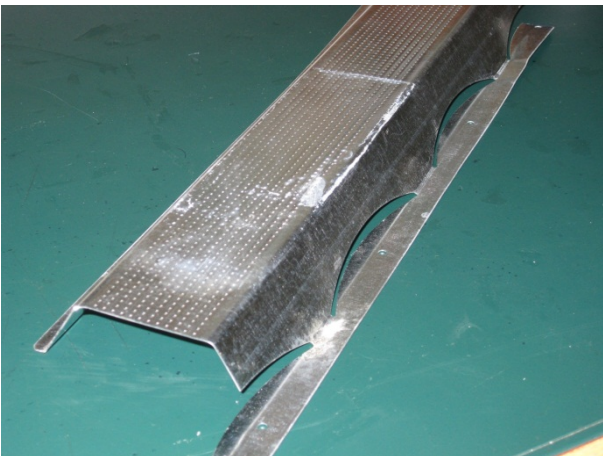


Foto av tak 1.4. Gyproc akustikkprofil (AP)



Foto av tak 1.4. Nedlektet lydhimling, ferdig.



Foto av tak 1.6. 22 mm kryssfiner til stålprofiler



Foto av tak 1.6. Taksteinl lekter, sløyfer.

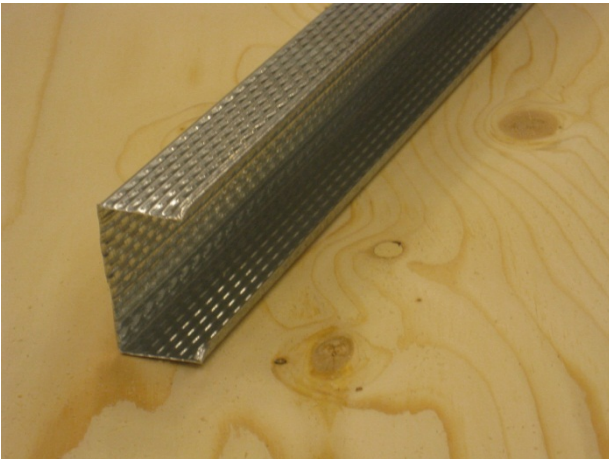


Foto av tak 1.6. 70 mm stål tynnplateprofil



Foto av tak 1.6. Instrumentering fra NGI

Tabell 5.3.2 gir oversikt over hovedresultatet for lydreduksjonstallet for taktype 1 (basiskonstruksjon og utbedringsvarianter). Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 5.3.2. Prøveresultater Lydreduksjonstall for taktype 1.

Type	Nyere skråtak. 48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Fra 1980.	Veid, laboratoriemålt lydreduksjonstall	Omgjøringstall for trafikkstøyspektrum (C-korreksjoner), dB		Veid lydreduksjonstall korr. for standard vegtrafikkstøyspekter	
		R _w , dB	C _{tr,100-3150}	C _{tr,50-5000}	R _w + C _{tr,100-3150}	R _w + C _{tr,50-5000}
1.1.a	48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Betongtakstein, sløyfer og lekter. Panelt himling på lekter. Uten luftespalte.	46	-9	-10	37	36
1.1.b	48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Betongtakstein, sløyfer og lekter. Panelt himling på lekter. 25 mm luftespalte.	45	-8	-10	37	35
1.2.a	48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Takpapp. Panelt himling på lekter. Uten luftespalte.	48	-9	-11	39	37
1.2.b	48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Takpapp. Panelt himling på lekter. 25 mm luftespalte.	47	-9	-11	38	36
1.3.a	48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Betongtakstein, sløyfer og lekter. Panelt himling på lekter. Gipsplate i himling. Uten luftespalte.	51	-10	-12	41	39
1.3.b	48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Betongtakstein, sløyfer og lekter. Panelt himling på lekter. Gipsplate i himling. 25 mm luftespalte.	51	-9	-11	42	40
1.4.a	48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Betongtakstein, sløyfer og lekter. Panelt himling på lekter. Ekstra 2 x 13 mm gips på lekter og akustikkprofil og 50 mm mineralull. Uten luftespalte.	59	-13	-15	46	44
1.4.b	48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Betongtakstein, sløyfer og lekter. Panelt himling på lekter. Ekstra 2 x 13 mm gips på lekter og akustikkprofil og 50 mm mineralull. 25 mm luftespalte.	59	-11	-14	48	45
1.5.a	48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Betongtakstein, sløyfer og lekter. 2 x 13 mm gips på 25 mm akustikkprofil. Uten luftespalte.	61	-9	-11	52	50
1.5.b	48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Betongtakstein, sløyfer og lekter. 2 x 13 mm gips på 25 mm akustikkprofil. 25 mm luftespalte.	58	-8	-9	50	49
1.6.a	48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Betongtakstein, sløyfer og lekter. 70 mm C-profil i stål (skurdd og limt til bjeker), 70 mm mineralull. 21 kryssfiner+ 13 mm gips. Uten luftespalte.	54	-11	-12	43	42
1.6.b	48x198 mm heltre sperrer/200 mm isolasjon, papp, 50 mm luftsjikt. Betongtakstein, sløyfer og lekter. 70 mm C-profil i stål (skurdd og limt til bjeker), 70 mm mineralull. 21 kryssfiner+13 mm gips. 25 mm luftespalte.	54	-10	-11	44	43

Diagram 5.3.1–5.3.3 viser sammenstilling av frekvensdiagrammet for taktype 1 (basisvegger og utbedringsvarianter)

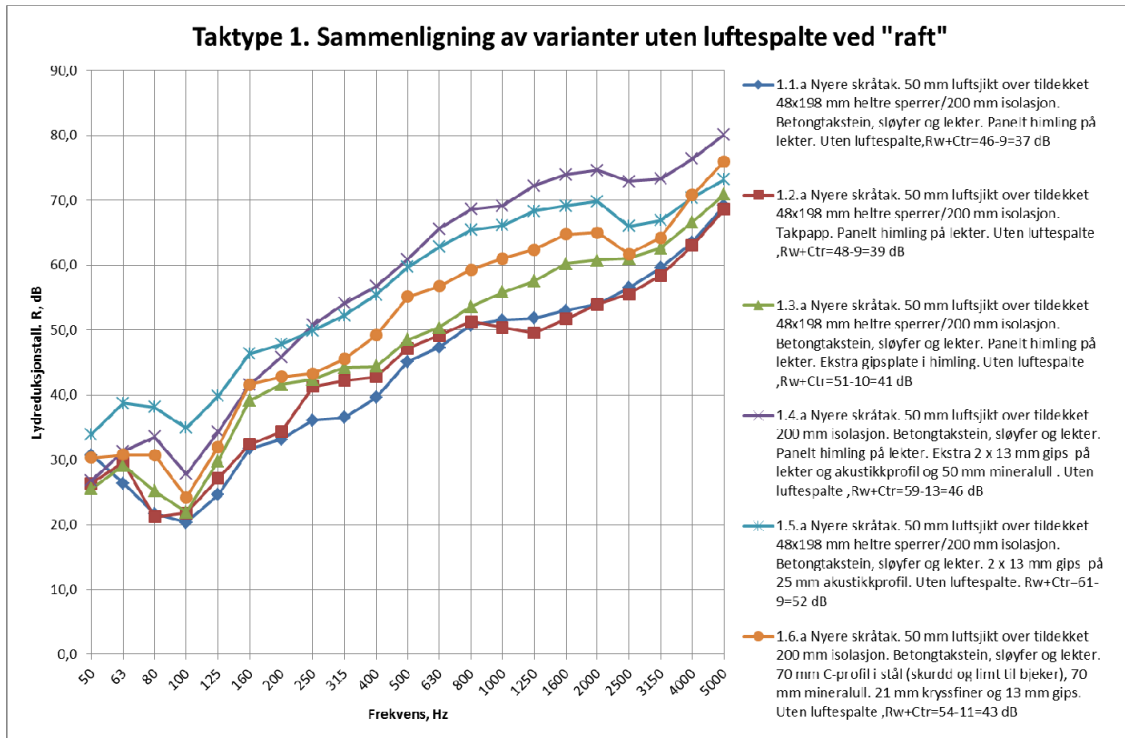


Diagram 5.3.1. Sammenligning av lydredusjonstall for taktype 1 uten lufting.

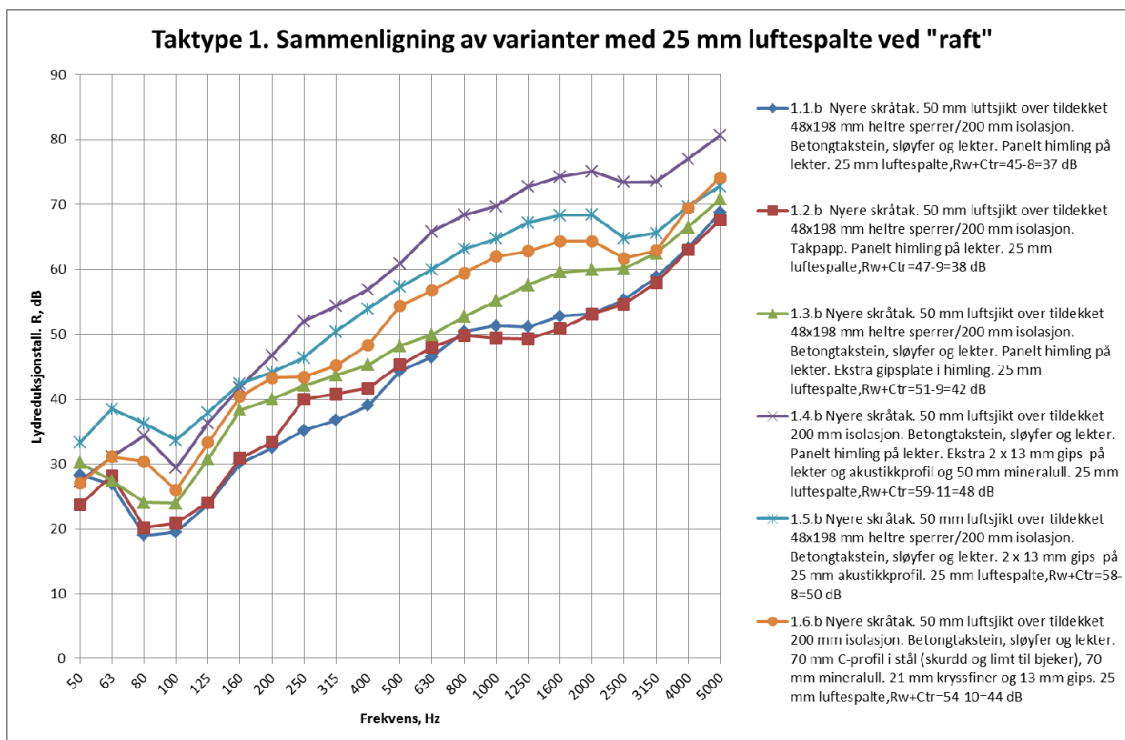


Diagram 5.3.2. Sammenligning av lydredusjonstall for taktype 1 med lufting

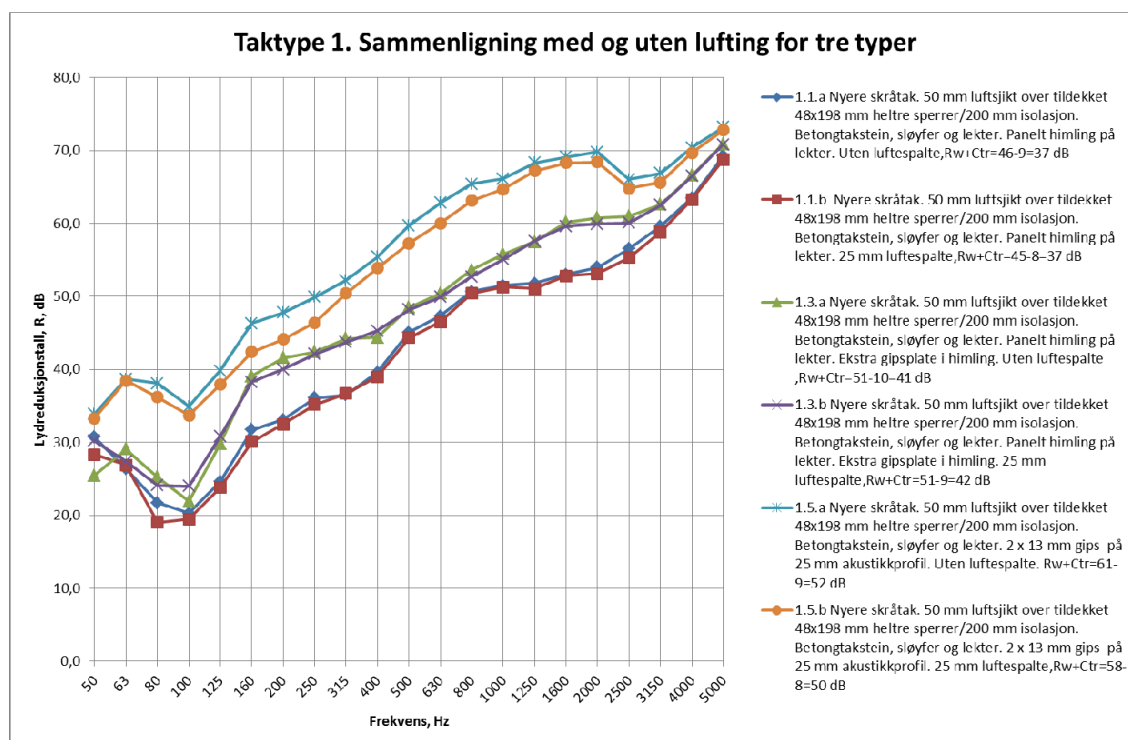
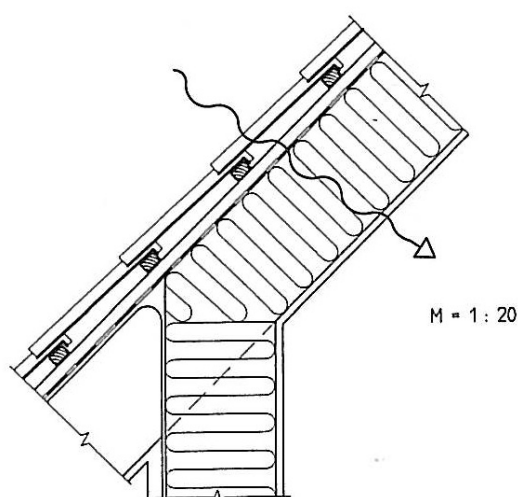


Diagram 5.3.3. Sammenligning av lydredusjonstall for taktype 1 med og uten lufting

Diagrammet viser effekten av ulike utbedringstiltak. Effekten av nedforet lydhimling (Gyproc akustikkprofil og to lag 13 mm gipsplater) er god. Effekt av lufting er relativt liten, spesielt for de dårligste løsningene.

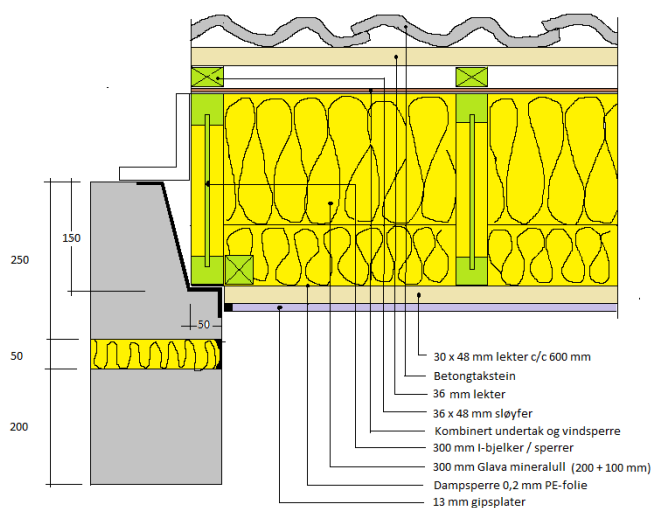
5.3.2 Nyere skråtak. Kombinert undertak og vindsperre, 300 mm isolasjon. Fra 2000.

Figur 5.3.2 viser prinsippskisse for taktype 2. Tegning 6.2.2 – 6.2.3 viser skisse av oppbygging av taktype 2 med utbedringsvariant:

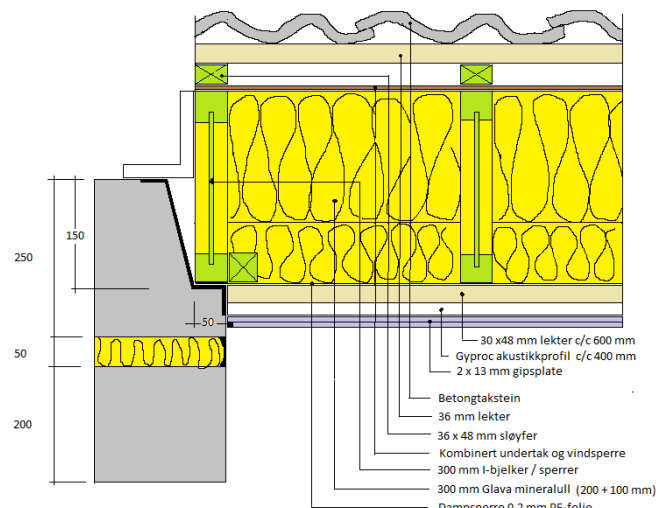


Figur 5.3.2. Prinsipptegning for taktype 2

Tegningene under viser skisse av oppbygging av taktype 2 med ulike utbedringsvarianter og med nummerering som følger beskrivelse, måleresultater og diagrammer.



Tegning av basisløsning for taktype 2



Tegning av taktype 2 med ny lydhimling, fjerne eks.

Fotoene under viser oppbygging av taktype 2 med utbedringsvariant.



Foto av tak 2.1. 300 mm I-bjelker.



Foto av tak 2.1. Brettex, sløyfer og lekter.

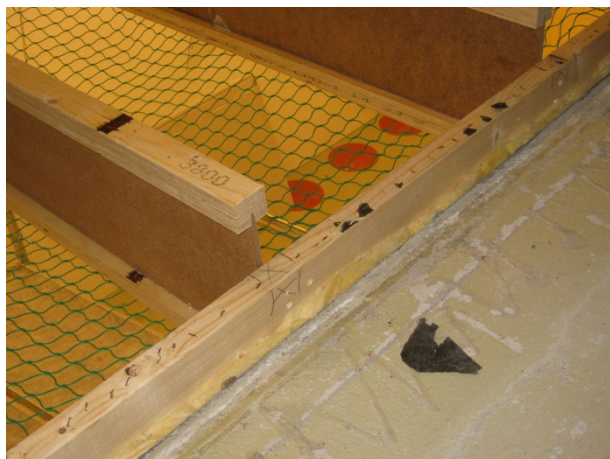


Foto av tak tak 2.1. 300 mm I-bjelker.



Foto av tak 2.1. Lekter underside.



Foto av tak 2.1. Takstein.



Foto av tak 2.2. Gyproc akustikkprofil.

Tabell 5.3.3 gir oversikt over hovedresultatet for lydreduksjonstallet for taktype 2 (basiskonstruksjon og utbedringsvarianter). Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell. 5.3.3. Prøveresultater Lydreduksjonstall for taktype 2. Alle måleenheter er gitt i henhold til NS-EN ISO 717-1.

Type	Nyere skråtak. Kombinert undertak og vindsperre, 300 mm isolasjon. Fra 2000	Veid, laboratoriemålt lydredusjonstall	Omgjøringstall for trafikkstøyspektrum (C-korreksjoner), dB		Veid lydredusjonstall korr. for standard vegtrafikkstøyspekter	
		R _w , dB	C _{tr,100-3150}	C _{tr,50-5000}	R _w + C _{tr,100-3150}	R _w + C _{tr,50-5000}
2.1	300 mm I-bjelker/300 mm isolasjon. Betongtakstein, sløyfer og lekter. 13 mm gips på 30 mm lekter. Kun lufting under takstein.	52	-6	-12	46	40
2.2	300 mm I-bjelker/300 mm isolasjon. Betongtakstein, sløyfer og lekter. 2x13 mm gips på akustikkprofil og 30 mm lekter. Kun lufting under takstein.	57	-9	-12	48	45

Diagram 5.3.4 – 5.3.5 viser sammenstilling av frekvensdiagrammet for taktype 2 (basisvegger og utbedringsvarianter)

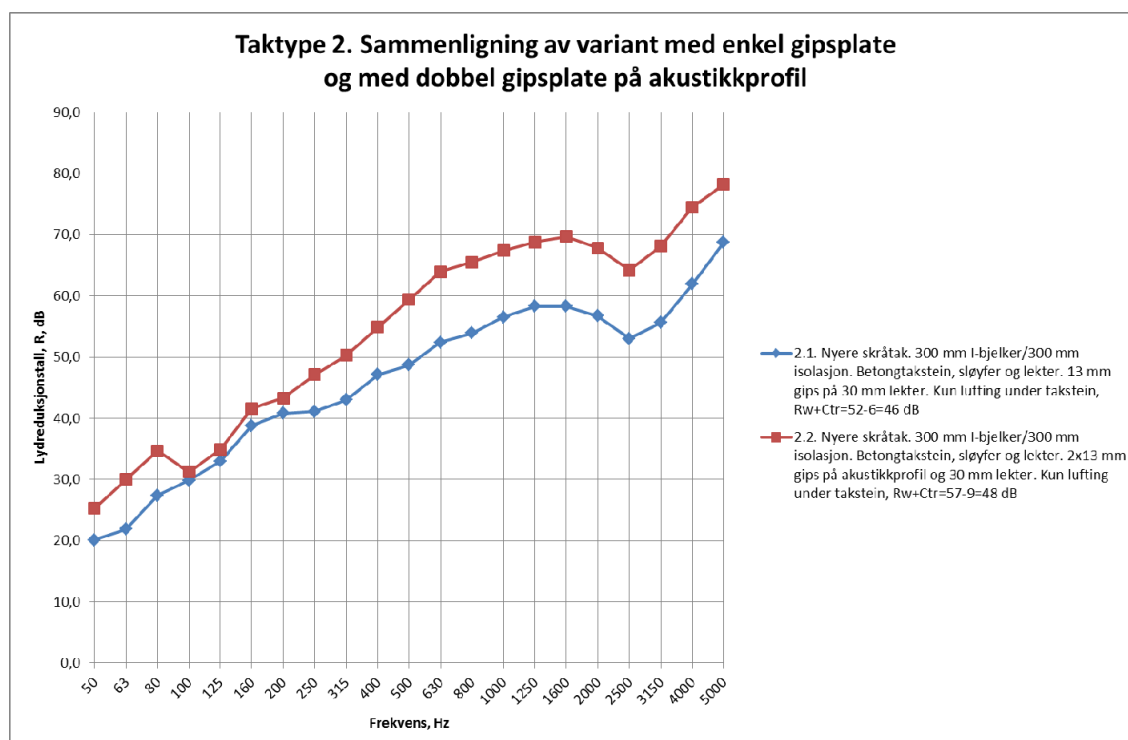


Diagram 5.3.4. Sammenligning av lydredusjonstall for taktype 2 med ulike himlinger

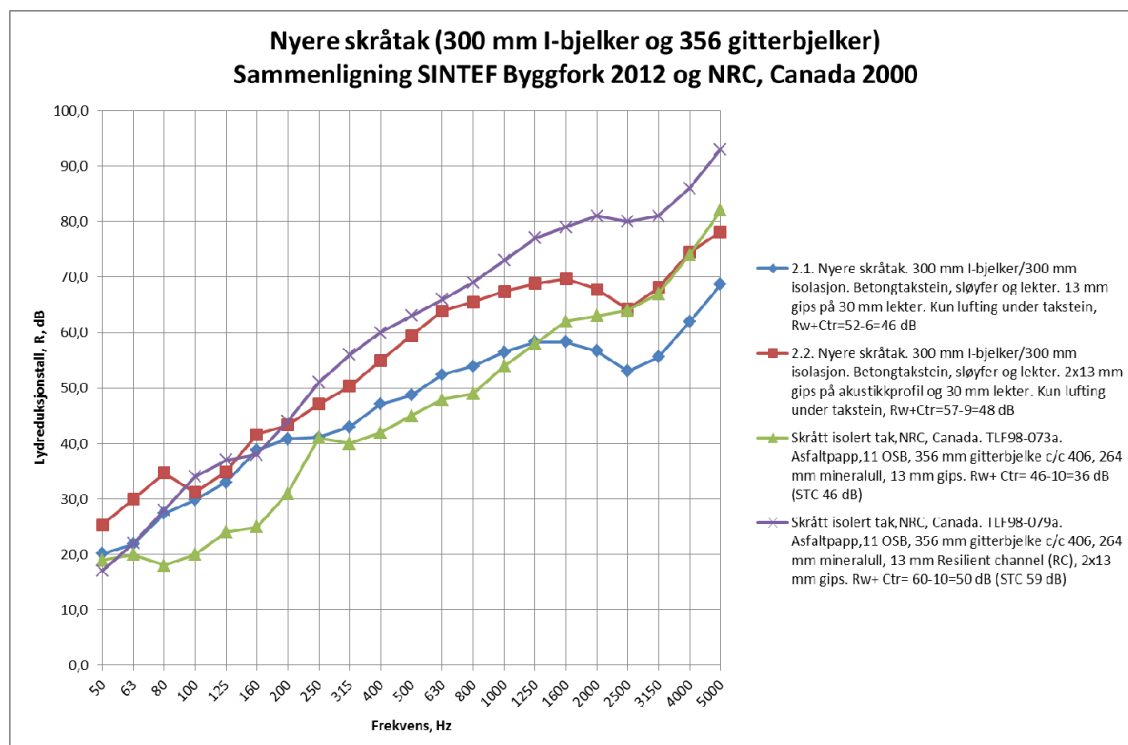
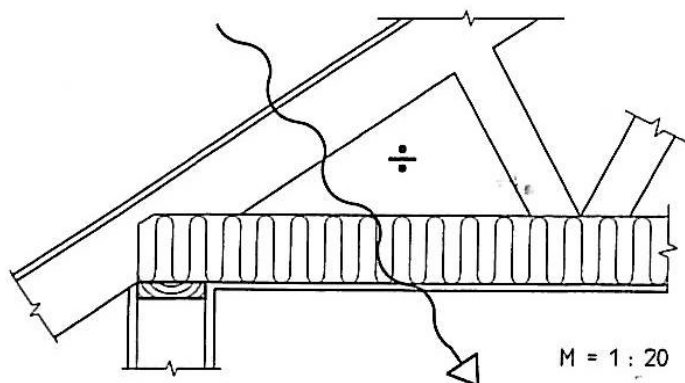


Diagram 5.3.5. Sammenligning av lydreduksjonstall for taktype 2 med tilsvarende målinger fra NRC, Canada

Diagrammet viser effekten av ulike utbedringstiltak. Effekten av nedforet lydhimling (Gyproc akustikkprofil og to lag 13 mm gipsplater) er god.

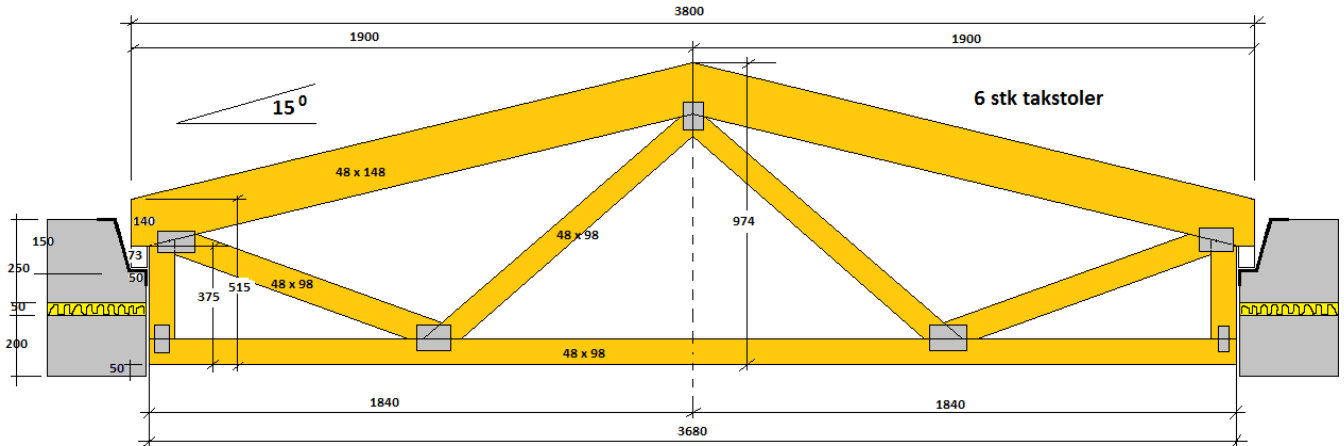
5.3.3 Skråtak med kaldt loft (W-takstoler) 1965-1980

Figur 5.3.3 viser prinsippskisse for taktype 3.



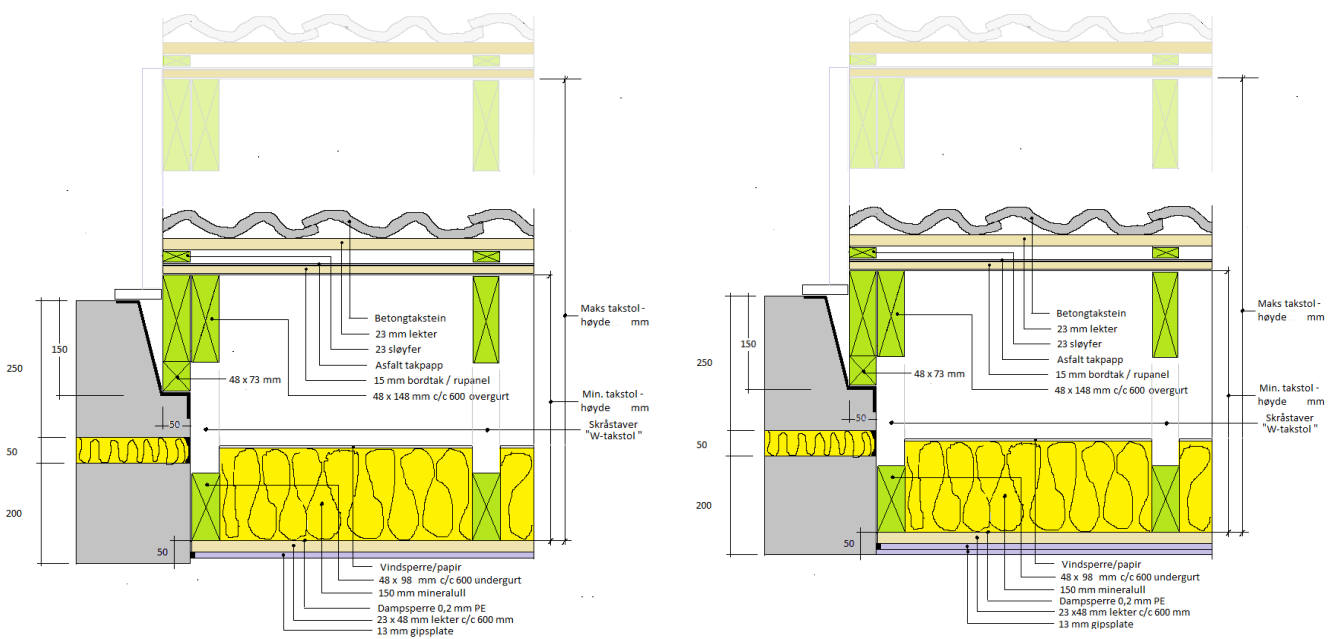
Figur 5.3.3. Prinsipptegning for taktype 3

Figur 5.3.4 viser takstoler for tak 3 (6 stk) som ble bestilt fra Are Brug AS, Askim



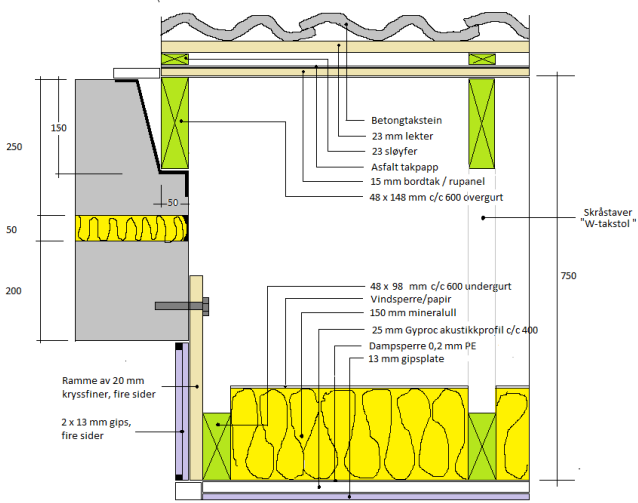
Figur 5.3.4. Takstoler for taktype 3 fra Are Brug AS, Askim. Krever avblending av to endekanter

Tegningene under viser skisse av oppbygging av taktype 3 med ulike utbedringsvarianter og med nummerering som følger beskrivelse, måleresultater og diagrammer.

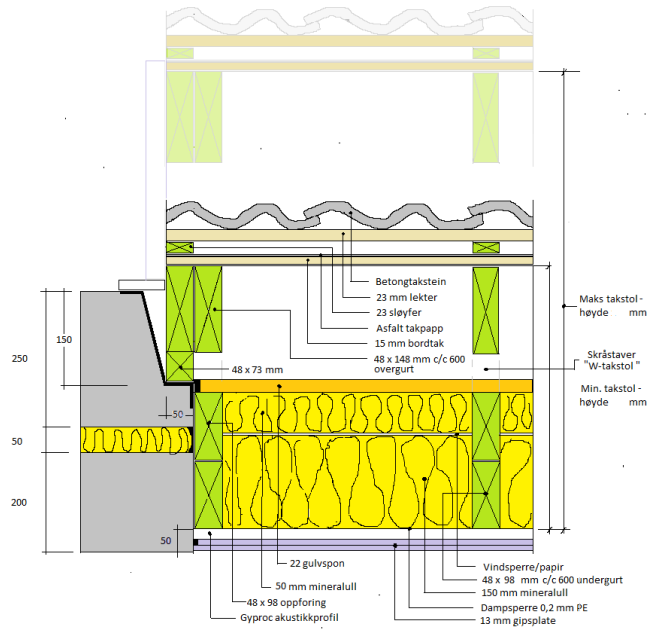


Tegning av tak 3.1 Basis

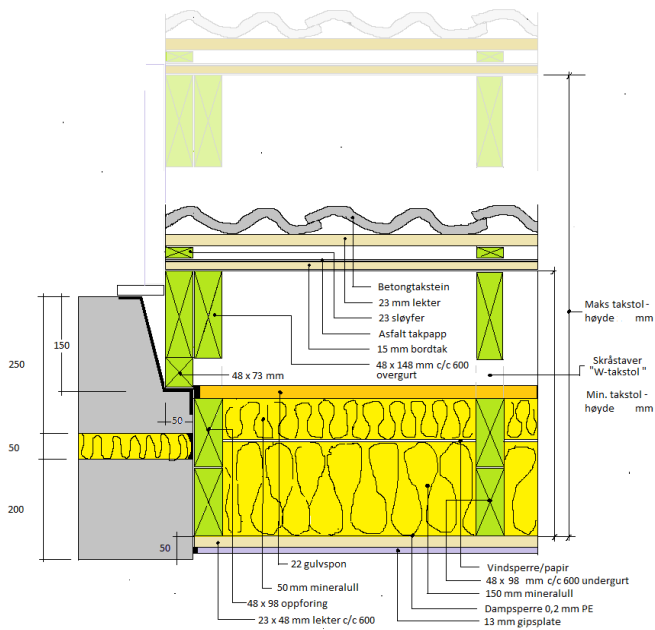
Tegning av tak 3.2 Ekstra gipsplate direkte på eksisterende himling



Tegning av tak 3.3. 25 mm Gyproc akustikkprofil, 2 x 13 mm gips i himling



Tegning av tak 3.4. Loftsgolv og ekstra 50 mm isolasjon på loft. Lydhimling



Tegning av tak 3.5. Loftsgolv og ekstra 50 mm isolasjon på loft. Himling på lekter.

Fotoene under viser oppbygging av taktype 3 med ulike utbedringsvarianter



Foto av tak 3.1. Takstolmontering



Foto av tak 3.1. Himling



Foto av tak 3.1. Dobbel, isolert gipsplatevegg i ende



Foto av tak 3.1. Øvre del, senderrom



Foto av tak 3.1. Himling



Foto av tak 3.1. Takstein, sløyfer, lekter, lufteåpning



Foto av tak 3.4. Ekstra isolert loftgolv



Foto av tak 3.5. NGI måleutstyr



Foto av tak 3.4. Ekstra isolert loftgolv



Foto av tak 3.5. NGI måleutstyr



Foto av tak 3.4. Ekstra isolert loftgolv



Foto av tak 3.5. NGI måleutstyr

Tabell 5.3.4 gir oversikt over hovedresultatet for lydreduksjonstallet for taktype 3 (basiskonstruksjon og utbedringsvarianter). Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 5.3.4. Prøveresultater Lydreduksjonstall for taktype 3.

Type	Skråtak med kaldt loft (W-takstoler) 1965-1980	Veid, laboratoriemålt lydreduksjonstall	Omgjøringstall for trafikkstøyspektrum (C-korreksjoner), dB		Veid lydreduksjonstall korr. for standard vegtrafikkstøyspekter	
		R _w , dB	C _{tr,100-3150}	C _{tr,50-5000}	R _w + C _{tr,100-3150}	R _w + C _{tr,50-5000}
3.1.b	Skråtak med kaldt loft. 150 mm mineralull, 23 mm lekter, 13 mm gips i himling. Betongtakstein, sløyfer og lekter,asfaltpapp, rupanel. 25 mm luftespalte.	45	-5	-7	40	38
3.2.a	Skråtak med kaldt loft. 150 mm mineralull, 23 mm lekter, 2 x 13 mm gips i himling. Betongtakstein, sløyfer og lekter,asfaltpapp, rupanel. Uten luftespalte.	48	-5	-6	43	42
3.2.b	Skråtak med kaldt loft. 150 mm mineralull, 23 mm lekter, 2 x 13 mm gips i himling. Betongtakstein, sløyfer og lekter,asfaltpapp, rupanel. 25 mm luftespalte.	48	-5	-7	43	41
3.3.a	Skråtak med kaldt loft. 150 mm mineralull, 25 mm Gyproc akustikkprofil, 2 x 13 mm gips i himling. Betongtakstein, sløyfer og lekter,asfaltpapp, rupanel. Uten luftespalte.	59	-7	-8	52	51
3.3.b	Skråtak med kaldt loft. 150 mm mineralull, 25 mm Gyproc akustikkprofil, 2 x 13 mm gips i himling. Betongtakstein, sløyfer og lekter,asfaltpapp, rupanel. 25 mm luftespalte.	57	-7	-10	50	47
3.4.a	Skråtak med kaldt loft. 150 mm+ekstra loftsgolv (98 mm oppføring, 50 mm mineralull og 22 mm spon), 25 Gyproc akustikkprofil, 2 x 13 mm gips i himling. Betongtakstein, sløyfer og lekter,asfaltpapp, rupanel. Uten luftespalte.	64	-7	-10	57	54
3.4.b	Skråtak med kaldt loft. 150 mm+ekstra loftsgolv (98 mm oppføring, 50 mm mineralull og 22 mm spon), 25 Gyproc akustikkprofil, 2x13 mm gips i himling. Betongtakstein, sløyfer og lekter,asfaltpapp, rupanel. 25 mm luftespalte.	63	-8	-10	55	53
3.5.a	Skråtak med kaldt loft. 150 mm + ekstra loftsgolv (98 mm oppføring, 50 mm mineralull og 22 mm sponplater), 23 mm lekter, 13 mm gips i himling. Betongtakstein, sløyfer og lekter,asfaltpapp, rupanel. Uten luftespalte.	50	-5	-6	45	44
3.5.b	Skråtak med kaldt loft. 150 mm + ekstra loftsgolv (98 mm oppføring, 50 mm mineralull og 22 mm sponplater), 23 mm lekter, 13 mm gips i himling. Betongtakstein, sløyfer og lekter,asfaltpapp, rupanel. 25 mm luftespalte.	49	-5	-6	44	43

Diagram 5.3.6 – 5.3.9 viser sammenstilling av frekvensdiagrammet for taktype 3 (basisvegger og utbedringsvarianter)

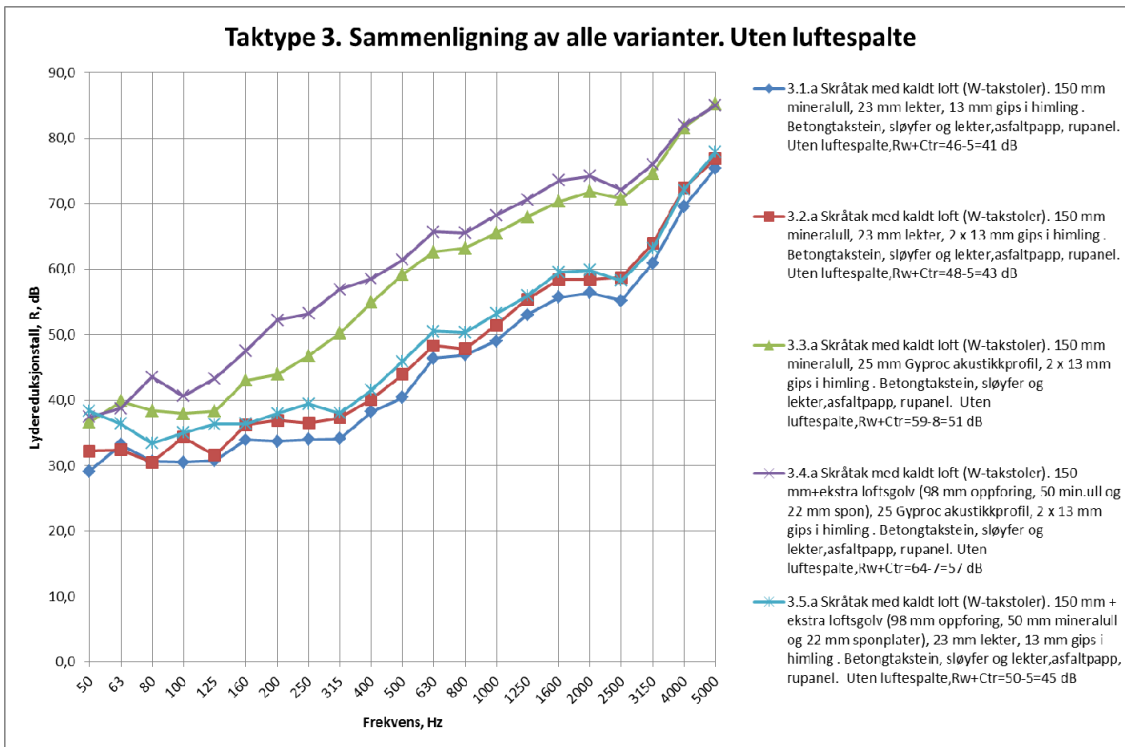


Diagram 5.3.6. Sammenligning av lydredusjonstall for taktype 3, uten luftespalte

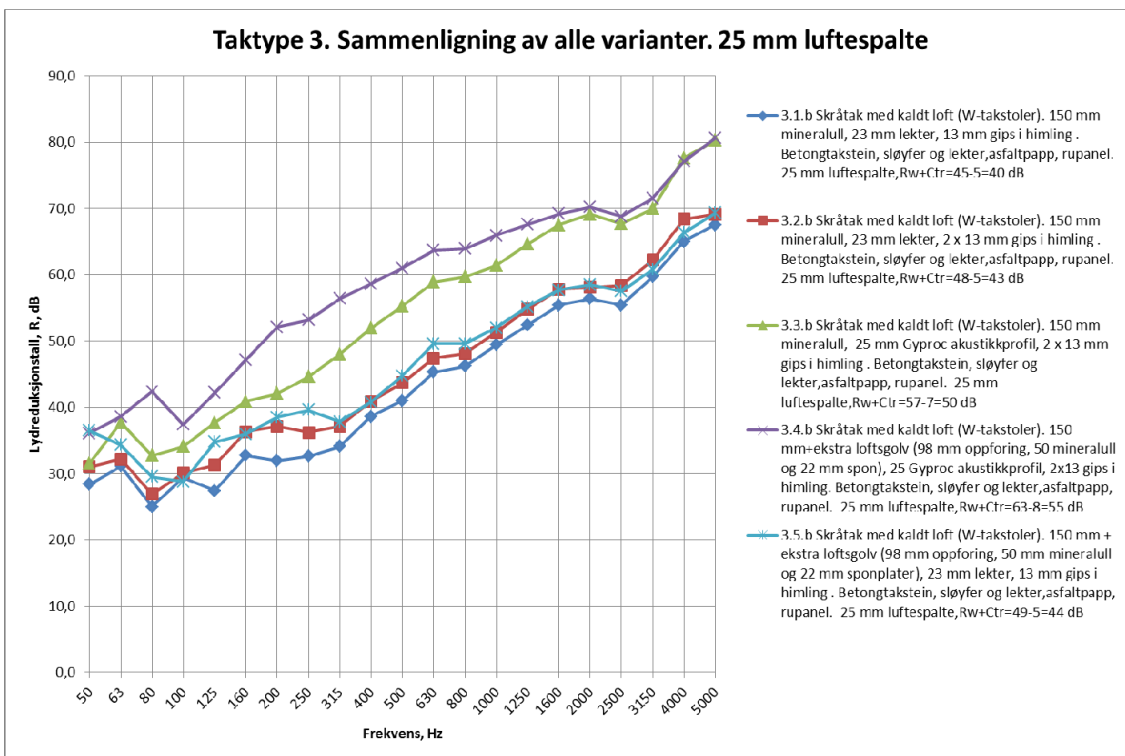


Diagram 5.3.7. Sammenligning av lydredusjonstall for taktype 3, med luftespalte.

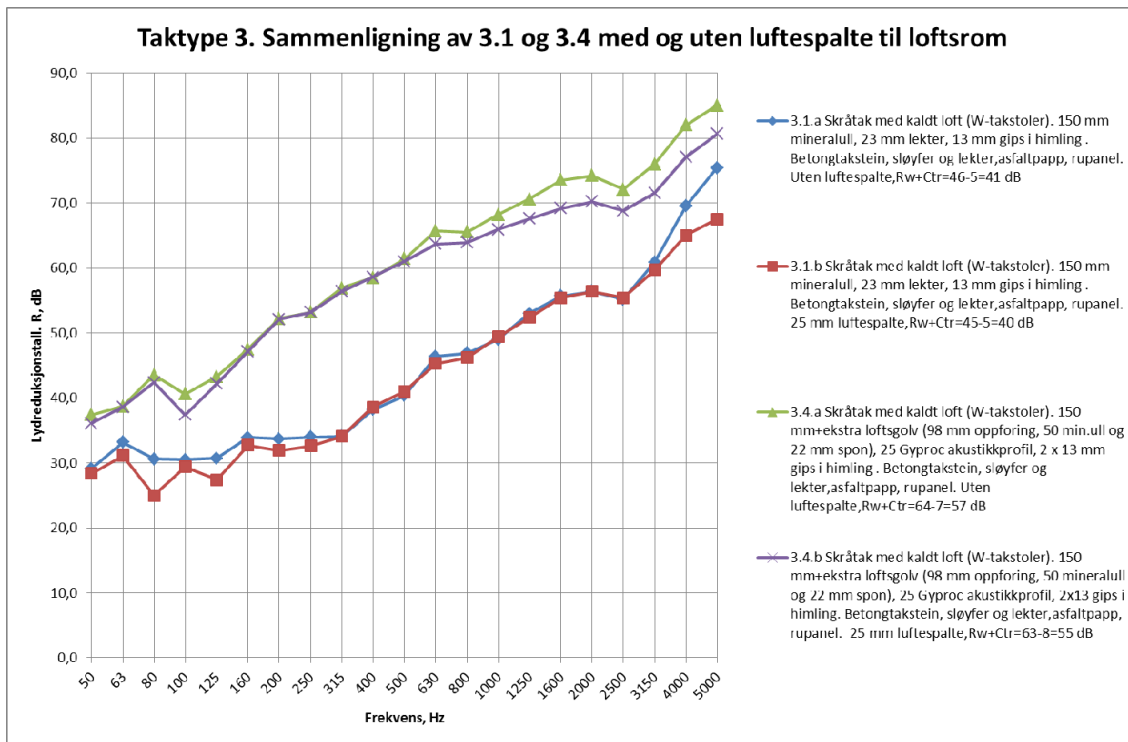


Diagram 5.3.8. Sammenligning av lydreduksjonstall for taktype 3.1 og 3.4 uten luftespalte

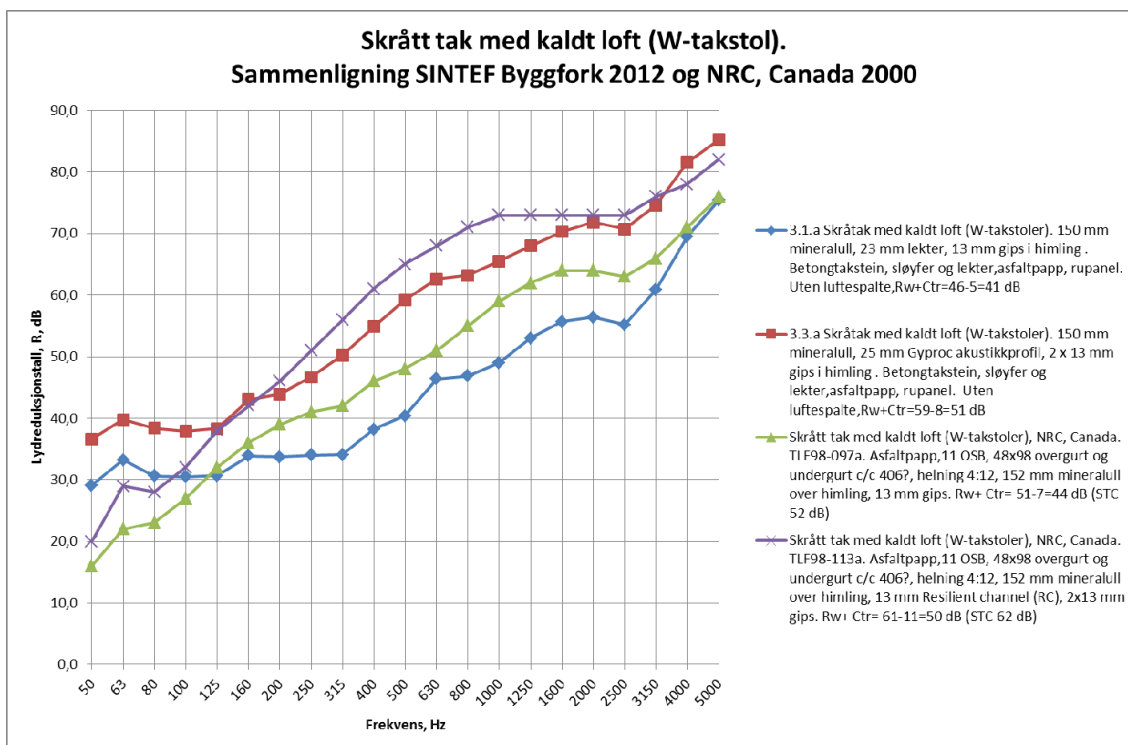
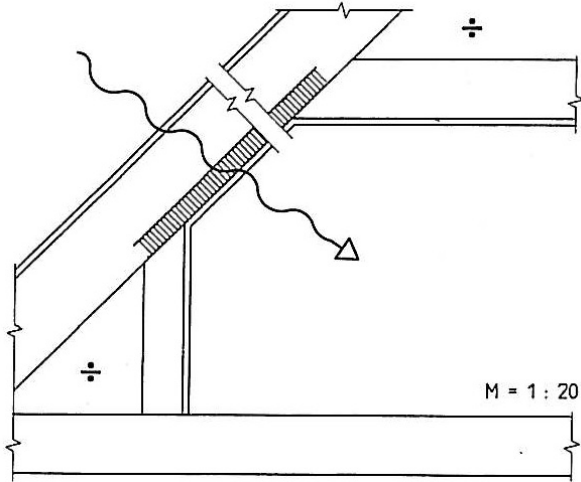


Diagram 5.3.9. Sammenligning av lydreduksjonstall for taktype 3 med målinger fra NRC, Canada

Diagrammene viser effekten av ulike utbedringstiltak. Effekten av nedforet lydhimling (Gyproc akustikkprofil og to lag 13 mm gipsplater) er god. Effekten av loftsgolv er god, spesielt i kombinasjon med lydhimling. Effekten av lufting er relativt liten, spesielt for de dårligste løsningene. Det er god overensstemmelse mellom tak 3.3.a og tilsvarende løsning målt ved NRC, Canada.

5.3.4 Eldre skråtak 1½ etasje med knevegger og kalde loft (1950-60)

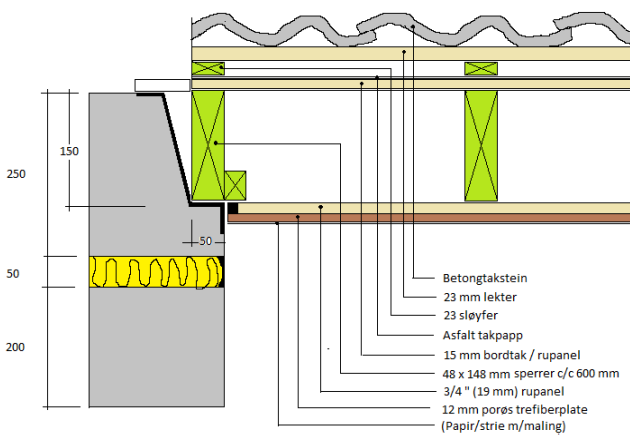
Figur 5.3.5 viser prinsippskisse for taktype 4.



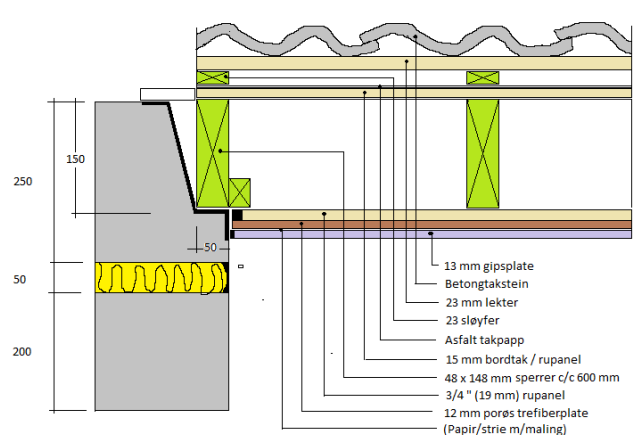
Figur 5.3.5. Prinsipptegning for taktype 4

Tegningene under viser skisse av oppbygging av taktype 4 med ulike utbedringsvarianter og med nummerering som følger beskrivelse, måleresultater og diagrammer.

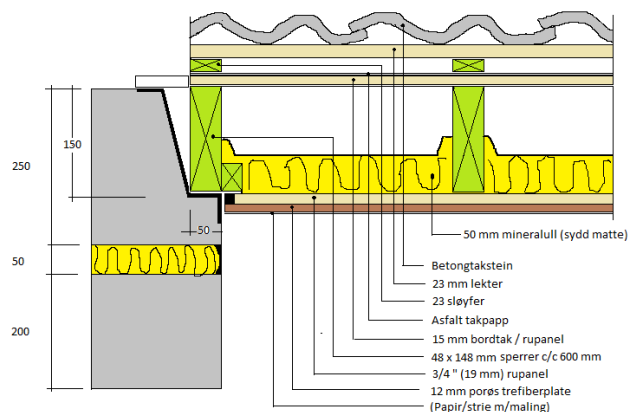
Her har vi valgt kun å fokusere på skrådelen mot rommet som er dimensjonerende ved beregning etter Byggforsk Håndbok 47. Konstruksjonen luftes kun under takstein og det er ikke vanlig med lufteåpninger mot kalde kott, men kun i gavler for øvre kaldt loft. I praksis er det dårlig lufting i skrådelen mellom kalde kott og øvre kaldt loft og vi legger inn lufting i våre forsøk. Når det gjelder tekking så er det mest vanlig med takstein (flat tegl), men også betongtakstein. Mer sjelden med kun papptekking.



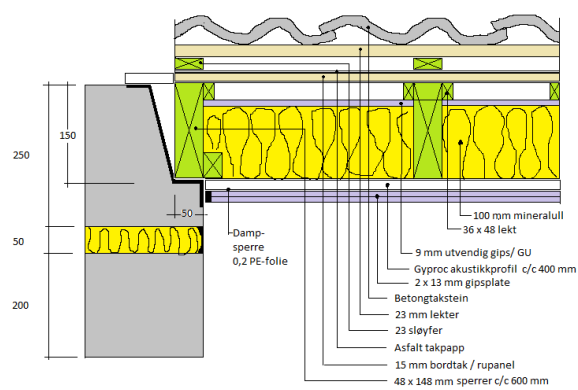
Tegning av tak 4.1 Basis



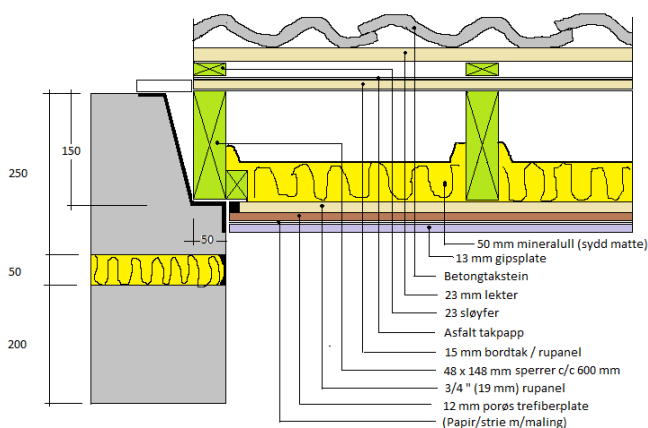
Tegning av tak 4.2 Ekstra gipsplate på himling



Tegning av tak 4.3. 50 mm isolasjon



Tegning av tak 4.5 Fjerne eksisterende himling, etablere luftsikt, 100 mm mineralull og ny elastisk opphengt himling



Tegning av tak 4.4. 50 mm isolasjon + gipsplate

Fotoene under viser oppbygging av taktype 4 med ulike utbedringsvarianter



Foto av tak 4.1 Sperrer og panelhimling.

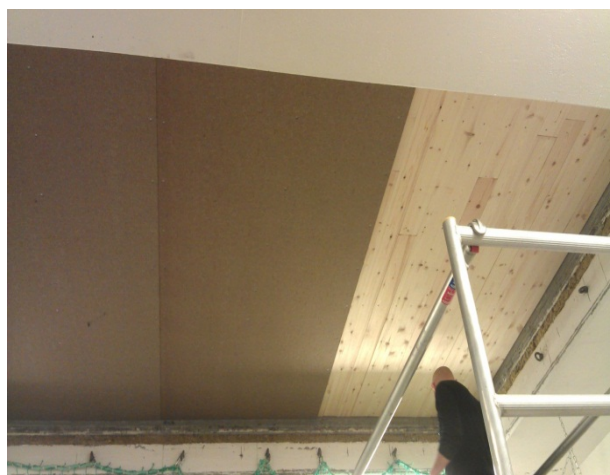


Foto av tak 4.1 Sperrer og panelhimling + porøs trefiberplate.



Foto av tak 4.1 Takstein



Foto av tak 4.2 og 4.4. Ekstra gipsplate



Foto av tak 4.3 og 4.4. Sydd matte (isolasjon)



Foto av tak 4.3 og 4.4. Sydd matte (isolasjon)

Tabell 5.3.5 gir oversikt over hovedresultatet for lydreduksjonstallet for taktype 4 (basiskonstruksjon og utbedringsvarianter). Oversikt over måle- og vurderingsmetoder er gitt i appendix A. Komplette måleresultater i 1/3 oktavbånd er gitt i appendix C.

Tabell 5.3.5. Prøveresultater Lydreduksjonstall for taktype 4.

Type	Eldre skråtak 1 ½ etasje med knevegger og kalde loft (1950-60)	Veid, laboratoriemålt lydredusjonstall	Omgjøringstall for trafikkstøvspektrum (C-korreksjoner), dB		Veid lydredusjonstall korr. for standard vegtrafikkstøvspekter	
		R _w , dB	C _{tr,100-3150}	C _{tr,50-5000}	R _w + C _{tr,100-3150}	R _w + C _{tr,50-5000}
4.1	Eldre skråtak, 1 ½ etg med knevegg og kalde loft. 48x148 heltre sperrer, uisolert. Panelt himling + porøs plate. Betongtakstein, sløyfer og lekter.	34	-5	-5	29	29
4.2	Eldre skråtak, 1 ½ etg med knevegg og kalde loft. 48x148 heltre sperrer, uisolert. Panelt himling + porøs plate+ ekstra gipsplate. Betongtakstein, sløyfer og lekter.	39	-6	-7	33	32
4.3	Eldre skråtak, 1 ½ etg med knevegg og kalde loft. 48x148 heltre sperrer, 50 mm isolasjon (sydd matte). Panelt himling + porøs plate. Betongtakstein, sløyfer og lekter.	35	-5	-5	30	30
4.4	Eldre skråtak, 1 ½ etg med knevegg og kalde loft. 48x148 heltre sperrer, 50 mm isolasjon (sydd matte). Panelt himling + porøs plate + ekstra gipsplate. Betongtakstein, sløyfer og lekter.	39	-6	-6	33	33
4.5	Eldre skråtak, 1 ½ etg med knevegg og kalde loft. 48x148 heltre sperrer, 100 mm isolasjon. 48 mm nedlektet luftesjikt over 9 mm GU. 2x13 mm gips på akustikkprofil. Betongtakstein, sløyfer og lekter.	55	-7	-9	48	46

Diagram 5.3.10 viser sammenstilling av frekvensdiagrammet for taktype 4 (basisvegger og utbedringsvarianter)

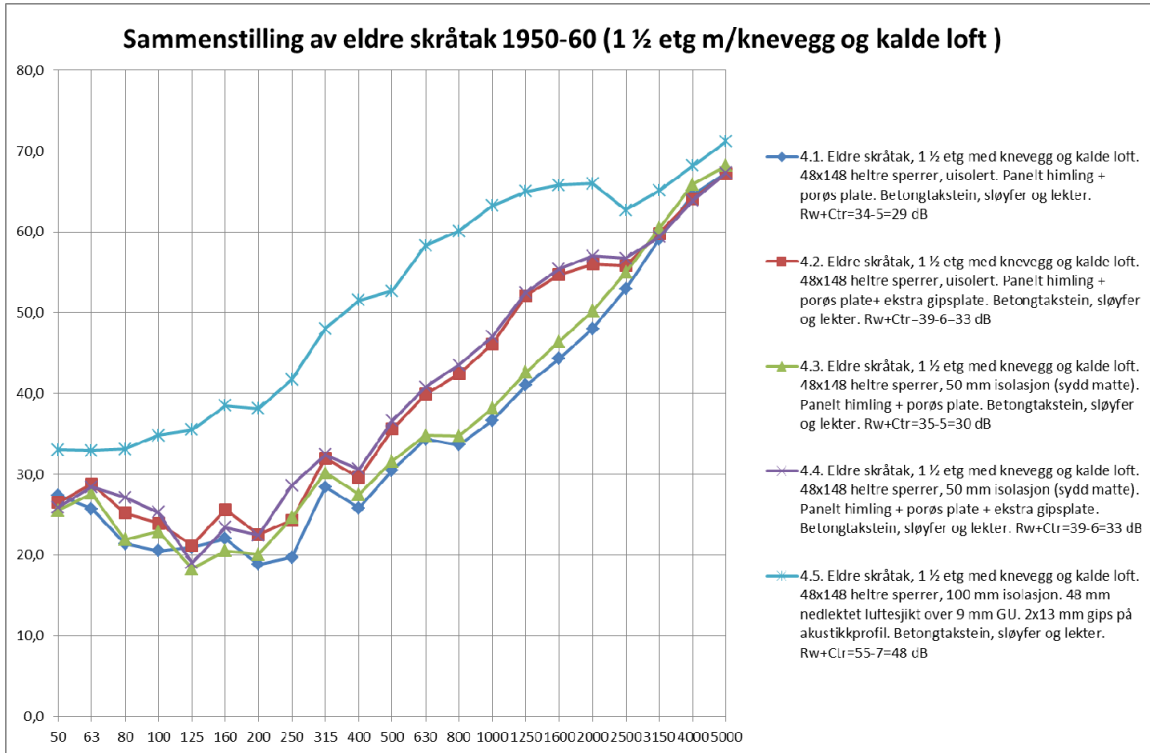


Diagram 5.3.10. Sammenligning av lydreduksjonstall for taktype 4

Diagrammet viser effekten av ulike utbedringstiltak for taktype 4. Ekstra 13 mm gipsplate i himling er relativt effektivt, selv for uisolert tak. Effekten av 100 mm isolasjon under 48 mm nedlektet luftesjikt tildekket med 9 mm GU samt nedfôret 2x13 mm gips på akustikkprofil er svært god.

6. Referanser

1. Lov om planlegging og byggesaksbehandling (pbl)
2. Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK10)
3. Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften). Kapittel 5. Støy-kartlegging, handlingsplaner og tiltaksgrenser for eksisterende virksomhet.
4. Veiledning om tekniske krav til byggverk, Direktoratet for Byggkvalitet.
5. NS 8175 Lydforhold i bygninger – Lydklasser for ulike bygningstyper
6. SINTEF IKT "Støybygg"
7. SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer, BKS.
8. NS-ISO 140-3:1995. Akustikk - Lydforhold i bygninger - Del 3: Laboratoriemåling av luftlydisolasjon av bygningsdeler (nå erstattet av NS-EN 10140-serien)
9. NS-ISO 140-10:1992. Akustikk - Lydforhold i bygninger - Del 10: Laboratoriemåling av små bygningsdeler luftlydisolasjon (nå erstattet av NS-EN 10140-serien)
10. NS-EN ISO 717-1:1996. Akustikk - Lydforhold i bygninger - Del 1: Vurdering av luftlydisolasjon (Under revisjon og kommer til å få nummer NS-EN ISO 16717-1)
11. NS-EN ISO 10140-1:2010. Akustikk - Laboratoriemåling av lydisolasjon for bygningsdeler - Del 1: Prøvsbetingelser for bestemte produkter
12. NS-EN ISO 10140-2:2010. Akustikk - Laboratoriemåling av lydisolasjon for bygningsdeler - Del 2: Måling av luftlydisolasjon
13. NS-EN ISO 10140-3:2010. Akustikk - Laboratoriemåling av lydisolasjon for bygningsdeler - Del 3: Måling av trinnlydisolasjon
14. NS-EN ISO 10140-4:2010. Akustikk - Laboratoriemåling av lydisolasjon for bygningsdeler - Del 4: Måleprosedyrer og -krav
15. NS-EN ISO 10140-5:2010. Akustikk - Laboratoriemåling av lydisolasjon for bygningsdeler - Del 5: Krav til prøvestand og måleutstyr
16. NS-EN 12354-3: 2000 Lydforhold i bygninger - Beregning av akustisk ytelse i bygninger basert på bygningsdeler ytelse - Del 3: Luftlydisolasjon mot utendørs støy
17. Norges byggforskningsinstitutt, Byggforsk. Lydreduksjonstall for nye og gamle takkonstruksjoner i tre. Intern oppdragsrapport for en samarbeidsgruppe ulike materialprodusenter. O 7512. Oslo, 17.04.1997.
18. Norges byggforskningsinstitutt. Isolering mot utendørs støy. Beregningsmetode og datasamling. Byggforsk Håndbok 47. Oslo, 1999.

19. Bradley, J.S and Birts, J.A. Laboratory measurements of the sound insulation of building facade elements. IRC Internal Report, IRC IR-818. National Research Council Canada, NRC. October 2000.
20. Norges byggforskningsinstitutt, Byggforsk. Lydmåling i laboratorium etter NS-ISO 140-10 av 6" x 6" klaffventil i åpen og lukket stilling. Intern oppdragsrapport for Jernbaneverket O 10866. Oslo 03.04.2003.
21. Norges byggforskningsinstitutt, Byggforsk. Lydmåling i laboratorium etter NS-ISO 140-10 av spalter og spalteventiler. Intern oppdragsrapport for Biobe AS. O 18117. Oslo 14.04.2004.
22. SINTEF Byggforsk. Lydmåling i laboratorium av toppsving, utadslående vindu (Natre). Intern oppdragsrapport for Statens forurensningstilsyn m.fl. B1436803. Oslo 11.03.2009.
23. SINTEF Byggforsk. Lydmåling i laboratorium av vindu i koblingsramme/enkel ramme (Grindland). Intern oppdragsrapport for Statens forurensningstilsyn m.fl. B1436803. Oslo 04.06.2009.
24. SINTEF Byggforsk. Lydmåling i laboratorium av innadslående vindu (Lian). Intern oppdragsrapport for Statens forurensningstilsyn m.fl. B1436803. Oslo 22.06.2009.
25. SINTEF Byggforsk. Lydmåling i laboratorium av ytterveggventiler. Intern oppdragsrapport for Klima- og forurensningsdirektoratet m.fl. B1436803. Oslo 26.01.2010.
26. SINTEF Byggforsk. Lydmåling i laboratorium av yttervegger. Intern oppdragsrapport for Statens vegvesen, Jernbaneverket, Avinor/OSL, Forsvarsbygg og Klima- og forurensningsdirektoratet 3B052802, Oslo 24.05.2012.
27. SINTEF Byggforsk. Lydmåling i laboratorium av tak. Intern oppdragsrapport for Intern oppdragsrapport for Statens vegvesen, Jernbaneverket, Avinor/OSL, Forsvarsbygg og Klima- og forurensningsdirektoratet. 3B052803, Oslo 24.05.2012.

Appendix A: Laboratorier. Måle- og vurderingsmetoder

Beskrivelse av lydlaboratoriene

SINTEF Byggforsk har to lydlaboratorier i Oslo. Lydtransmisjonslaboratoriet fra 2002 for større bygningskomponenter er i den store prøvehallen. For måling av dører og vinduer samt for mindre bygningskomponenter benyttes et ombygd laboratorium fra 2005 i underetasjen.

Laboratoriene tilfredsstiller kravene til lydlaboratorier, måleprosedyrer og måleutstyr gitt i NS-EN ISO 10140:2010, del 1, 4 og 5. "Akustikk – Laboratoriemåling av lydisolasjon for bygningsdeler.

SINTEF Byggforsks lydlaboratorier er akkreditert for prøving av luftlydisolasjon og trinnlyd av Norsk akkreditering og tilfredsstiller alle krav spesifisert i NS-EN ISO/IEC 17025. Akkrediteringen vurderes årlig av Norsk akkreditering.

Lydtransmisjonslaboratoriet for større bygningskomponenter består av et klangrom (200 m³) og et senderrom (78 m³). Laboratoriet er bygget i plasstøpt 200 mm betong og opplagret på stålfjærer. Senderrommet opplagret på ruller som kan trekkes ca. 1 m fra klangrommet ved hjelp av hydraulisk utstyr. I laboratoriet er det montert et standard 11 m² betongdekke med tykkelse 140 mm som kan skiftes ut til andre dekketyper. For måling av luftlydisolasjon av etasjeskillere er det montert et "teleskophus" av 120 mm massivtrelementer som under prøving trekkes over prøveåpningen og avgrenser senderrommet. Foto A1 – A4 viser oppbygging av laboratoriet.

Måling av yttervegger og tak er gjort i lydtransmisjonslaboratoriet for større bygnings-komponenter.



Foto A1. Prøveåpning for ytterveggmålinger



Foto A2. Prøveåpning for takmålinger og teleskophus (åpen stilling)



Foto A3. Senderrom/teleskophus (lukket stilling) og klangrom



Foto A4. Senderrom/teleskophus (åpen stilling) og klangrom

Laboratoriet i underetasjen for måling av dører og vinduer består av et senderrom på (70 m^3) og et mottakerrom/klangrom (80 m^3) som er helt strukturelt atskilt. Prøveåpningen mellom senderrommet og mottakerrommet består av doble vegger av 200 mm betong med 20 mm mineralull i fugen mellom vaneene. I denne veggen er det laget to prøveåpninger, én for vindusprøving og én for dørprøving. Begge åpningene kan stenges med ståldører på begge sider for vekselvis prøving av dører og vinduer. Totaltykkelsen av avblendingsveggen er 420 mm.

Måling av ytterveggventiler og vinduer er gjort i lydlaboratoriet for dører og vinduer, se foto A5.



Foto A5. Lydlaboratoriet for dører og vinduer sett fra klangromsiden

Måle- og vurderingsmetoder

Målinger av luftlydisolasjon for ytterveggventiler, vinduer, yttervegger og tak er utført i henhold til NS-EN ISO 10140:2010, del 1-5. "Akustikk – Laboratoriemåling av lydisolasjon for bygningsdeler.

Referansene til de tilsvarende målestandarder i den utgåtte NS-EN ISO 140-serien er:

Vinduer, yttervegger og tak: NS-ISO 140-3:1995 "Akustikk - Lydforhold i bygninger - Del 3: Laboratoriemåling av luftlydisolasjon av bygningsdeler"

Ytterveggventiler: NS-ISO 140-10:1991. "Akustikk - Lydforhold i bygninger - Del 10: Laboratoriemåling av små bygningsdeler luftlydisolasjon"

Måleresultatene er gitt i henhold til NS-EN ISO 717-1 "Akustikk - Lydforhold i bygninger. Del 1: Vurdering av luftlydisolasjon".

Lydisolasjonsegenskapene for de ulike bygningskomponentene skal etter måle- og vurderingsstandardene angis i henhold til tabell A1.

Tabell A1. Måleenheter for de ulike bygningskomponentene

Vinduer, yttervegger og tak	Ytterveggventiler
Laboratoriemålt lydreduksjonstall: R, dB	Normalisert nivåddifferanse for bygningsdeler: D _{n,e}
Veid, laboratoriemålt lydreduksjonstall: R _w , dB	Veid, normalisert nivåddifferanse for bygningsdeler: D _{n,e,w}

I tillegg har vi angitt omgjøringstall for spektrum ($C_{tr 100-3150}$) for alle målingene. Dette er et korreksjonsledd som gir en riktigere bedømmelse av lydisolasjonsegenskapene spesielt mot vegtrafikkstøy. Det er også ut fra måledataene mulig å beregne tilsvarende verdi der man også inkluderer lavfrekvensområdet ned til 50 Hz ($C_{tr 50-3150}$ eller $C_{tr 50-5000}$)

Appendix B: Teknisk beskrivelse av ytterveggventiler

Tabell B1. Udempet. rund ventil for gjennomføring i vegg med tykkelse 200, 300 og 400 mm

Ventiltype	Beskrivelse	Dimensjon (mm)	Dybde (mm)	Rørstuss (mm)	Rørdimensjon utv/innv (mm)	Rørtype	Insektfilter/lyddemper i lokk	Regulering
Fresh 80								
Utvendig rist	Firkantrist m/regnskjerm	BxH= 150 x 150	15	Ø80	Ø85 / Ø83	PVC	Nei /Nei	Ingen
Innvendig ventil A	Firkantventil, buet front	BxH= 155 x 165	45	Ø80	Ø85 / Ø83	PVC	Nei/Nei	Skyver for "stjernereg" av rørråpning
Innvendig ventil B	Tallerkenventil	Ø145	55 (fullt åpen)	Ø80	Ø85 / Ø83	PVC	Ja (sort)/ Ja (grått)	Snortrekk, ut /inn, 3 trinn
Innvendig ventil C	Firkantventil	145x145	45	Ø80	Ø85 / Ø83	PVC	Ja (grått)/ Ja (grått)	Skyver for "stjernereg" av rørråpning
Innvendig ventil D	Tallerkenventil	Ø135	60 (fullt åpen)	Ø80	Ø85 / Ø83	PVC	Ja (hvitt) / Ja (hvitt)	Snortrekk, ut /inn, 2 trinn

Tabell B2. Lyddempet. rund ventil for gjennomføring i vegg med tykkelse 200, 300 og 400 mm

Ventiltype	Beskrivelse	Dimensjon (mm)	Dybde (mm)	Rørstuss (mm)	Rørdimensjon utv/innv (mm)	Rørtype	Insektfilter/lyddemper i lokk	Regulering
Fresh 80 dB								
Utvendig rist	Firkantrist m/regnskjerm	BxH= utv 180 x 180 (150x150)	15?	Ø80	Ø140 / Ø85	Dempet (min.ull m/plastmantel)	Nei/Nei	Ingen
Innvendig ventil A	Firkantventil	BxH= utv 180 x 180 (150x150)	60	Ø80	Ø140 / Ø85	Dempet (min.ull m/plastmantel)	Ja (grått)/ Nei?	Skyver for "stjernereg" av rørråpning
Innvendig ventil B	Firkantventil, buet front	BxH= 155 x 165	45	Ø80	Ø140 / Ø85	Dempet (min.ull m/plastmantel)	Ja (grått)/ Nei?	Skyver for "stjernereg" av rørråpning
Innvendig ventil C	Tallerkenventil	BxH= Ø135/ 165 x 65	60	Ø80	Ø140 / Ø85	Dempet (min.ull m/plastmantel)	Nei/ Ja (hvitt)	Snortrekk, ut /inn, 2 trinn

Tabell B3. Lyddempet. rund ventil for gjennomføring i vegg med tykkelse 200, 300 og 400 mm

Ventiltype	Beskrivelse	Dimensjon (mm)	Dybde (mm)	Rørstuss (mm)	Rørdimensjon utv/innv (mm)	Rørtype	Insektfilter/lyddemper i lokk	Regulering
Fresh 100 dB								
Utvendig rist	Firkantrist m/regnskjerm	BxH= 180 x 180	15?	Ø90	Ø140 / Ø100	Dempet (min.ull m/plastmantel)	Nei /Nei	Ingen
Innvendig ventil A	Tallerkenventil	BxH= Ø185 210 x 210	60	Ø90	Ø140 / Ø100	Dempet (min.ull m/plastmantel)	Ja (hvitt) / Ja (hvitt)	Snortrekk, ut /inn, 2 trinn
Innvendig ventil B	Firkantventil	BxH= utv 165 x 165 (150x150)	50	Ø90	Ø140 / Ø100	Dempet (min.ull m/plastmantel)	Ja (hvitt) / Ja (sort)	Skyvereg. roterende spjeld

Tabell B4. Lyddempet, overkarmventil for montering i overkant vindusnisje. Målt med spalte i 200 mm vegg.

Ventiltipe Spalteventiler	Dimensjon B x D x H (mm)	Spalteåpning B x H x D (mm)	Utvendig enhet	Lyddemper	Insektfilter	Regulering
Fresh AL-dB 800-42	800x100x30	350 x 12 x 200	Udempet deksel m/regnskjerm	Skumplast	I ytre deksel	Skyvespjeld
Fresh AL-dB 450-40	458x100x30	350 x 12 x 200	Udempet deksel m/regnskjerm	Skumplast	I ytre deksel	Skyvespjeld
Fresh FL-dB 800	800x120x30	350 x 12 x 200	Udempet deksel m/regnskjerm	Skumplast	I ytre deksel	Skyvespjeld

Tabell B5. Lyddempet ventil av perforert stålplate innbygget i 200 mm vegg med mineralullisolasjon

Ventiltipe	Dimensjon B x H x t (mm)	Innvendig ventil	Utvendig rist (mm)	Lyddemper	Rørstuss (mm)	Insektfilter	Regulering
Fresh Z-dB	330x1000 x25	Firkantventil, buet front (ventil A). BxHxD=155 x 165 x 45	Firkantrist m/regnskjerm, BxH =150 x 150	Mineralull i vegg +	PVC, Ø 94 innv.	I utvendig rist	Skyver for "stjernereg" av røråpning i innvendig ventil

Tabell B6. Lyddempet radiatorventil m/vegggramme med gjennomføring i 200 mm vegg

Ventiltipe	Innvendig ventil, B x H x t (mm)	Utvendig rist (mm)	Lyddemper	Rørdimensjon utv/innv (mm)	Insektfilter	Regulering
Rotus SL radiatorventil	400x175x22	Firkantrist m/regnskjerm, BxH =150 x 150, stuss Ø90 mm	Porolon i innvendig vegg-ramme	PVC Ø90 eller dempet rør Ø140/90 (min.ull m/plastmantel)	I utvendig rist + i innvendig ramme	Skyvespjeld i innvendig vegg- ramme

Tabell B7. Lyddempet, mekanisk ventilasjonsenhet med og uten varmegjenvinner for montering innvendig og med gjennomføring i 200 mm vegg

Ventiltipe Mekaniske	Innvendig enhet B x H x D ca. (mm)	Utvendig rist (mm)	Lyddemper	Rør-dimensjon utv/innv (mm)	Insektfilter	Varme- gjen- vinner	Regulering
Siegenia Sonair A+	310 x 440 x 130	Firkantrist m/regnskjerm, BxH =150 x 150, stuss Ø90 mm	Integrert i enheden	Dempet rør Ø140/102	I utvendig rist + i mekanisk enhet	Nei	Spjeld lukket eller åpent, vifte av
Siegenia Sonair F+	310 x 440 x 130	Firkantrist m/regnskjerm, BxH =150 x 150, stuss Ø90 mm	Integrert i enheden	PVC Ø100 eller dempet rør Ø140/102	I utvendig rist + i mekanisk enhet	Nei	Spjeld lukket eller åpent, vifte av eller på
Siegenia Aerolife	490 x 470 x 178	Egen type, medfølger	Integrert i enheden	Egen type, PVC Ø112 mm utv	I utvendig rist + i mekanisk enhet	Ja	Spjeld lukket eller åpent, vifte av eller laveste trinn
Siegenia Aerovital	490 x 470 x 178	Egen type, medfølger	Integrert i enheden	Egen type, PVC Ø112 mm utv	I utvendig rist + i mekanisk enhet	Ja	Spjeld lukket eller åpent, vifte på laveste trinn

Appendix C: Resultattabeller i 1/3 oktavnband

Vinduer

Tabell C1. Grindland, G1. Reduksjonstall, R, 1/3 oktavnband, dB

Vindu nr./ Frekvens	G1a	G1b	G1c	G1d	G1e
50	27,2	26,2	22,3	21,0	19,5
63	22,2	21,9	19,3	17,2	16,2
80	19,6	21,0	17,5	15,7	15,9
100	17,6	15,7	15,1	13,8	13,6
125	13,1	11,5	11,8	11,2	10,5
160	12,9	12,6	12,8	12,7	12,1
200	17,8	17,2	15,2	15,4	14,5
250	15,9	16,7	16,4	16,4	15,3
315	21,4	21,5	19,0	18,1	17,1
400	20,9	20,1	18,4	16,4	14,6
500	23,0	22,6	19,7	18,4	17,1
630	27,1	26,9	23,1	21,8	20,1
800	29,3	28,3	24,2	22,1	20,7
1 000	29,2	28,2	23,1	21 0	20,2
1 250	28,3	27,3	19,5	17,3	16,8
1 600	27,4	26,9	18,9	16,8	15,3
2 000	30,6	28,4	21,9	20,0	18,5
2 500	33,0	30,7	24,2	22,4	20,8
3 150	29,1	27,8	23,5	20,1	19,0
4 000	30,3	27,6	22,3	19,8	19,7
5 000	33,7	29,7	22,5	19,9	19,6
Rw	27	26	22	20	19

Tabell C2. Grindland, G2. Reduksjonstall, R, 1/3 oktavnband, dB

Vindu nr./ Frekvens	G2a	G2b	G2c	G2d	G2e
50	32,7	27,1	24,6	22,6	21,8
63	30,6	25	20,6	18,5	17,5
80	31,7	26,1	23	20,8	19,8
100	22,4	18,5	16,1	15,7	14,4
125	17,5	15,1	13,1	12,9	11,4
160	11,3	12,5	12,4	12,2	12,1
200	17,3	16,9	15,2	14,9	15,3
250	20,3	19,2	17,7	17,3	17,7
315	24,4	21,9	21	20,5	18,9
400	25,9	23,5	20,2	19,6	18,2
500	24	25,7	22,7	21,6	20,5
630	30,3	29,5	24,4	23	22,8
800	31,6	30,5	25,3	24	22,4
1 000	31,7	30,7	23,2	21,4	20,1
1 250	33	32	19,8	17,3	15,8
1 600	31,9	31,3	21,1	18,4	16,4
2 000	33,4	33,2	24,9	22	19,4
2 500	36,2	35,2	27,1	24,5	22
3 150	31,6	31,8	26,2	22,7	20,2
4 000	33,5	31,1	24,5	21,9	21,1
5 000	37	34,2	24,7	22,7	21,1
Rw	30	29	24	22	20

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Tabell C3. Grindland, G3. Reduksjonstall, R, 1/3 oktavnband, dB

Vindu nr./ Frekvens	G3a	G3b	G3c	G3d
50	27	26	26	29
63	26,4	25,7	25,7	28,6
80	31,7	32,2	32,7	32,7
100	24	23,7	18,5	18,1
125	19,7	18,6	19,7	19
160	23,5	23,7	19,6	19,9
200	27,9	28,6	24,5	25,2
250	34,1	34,3	31,3	30,5
315	35,3	35,5	32	31,7
400	34	34,8	35	34,1
500	31,7	31,9	35,8	35,4
630	35,1	35,2	38,2	36,8
800	41,1	41,1	41,5	35,5
1 000	41,6	41,6	41,8	33,4
1 250	44,4	44,8	42,3	35,2
1 600	46,6	46,9	39,7	33,6
2 000	48,3	49,6	36,9	33,3
2 500	48,6	50,1	39,7	36,6
3 150	48,7	51	44,5	35,5
4 000	48,5	51,1	45,6	33,3
5 000	50	51,7	46,5	36,3
Rw	39	40	38	35

Tabell C4. Lian, L1. Reduksjonstall, R, 1/3 oktavnband, dB

Vindu nr./ Frekvens	L1a	L1b	L1c	L1d	L1e
50	32,7	34,9	33,1	25,9	26,3
63	28	31,3	26,3	21,8	22,2
80	30	30,1	29,3	26	25
100	23,8	23,6	23,6	20,6	21,7
125	24,2	24	23,7	21,8	21,8
160	26,7	27,7	26,4	24	24
200	33,5	32,6	31	24,5	24,7
250	35,6	35,3	33,4	25,2	26
315	37,1	37,6	35,4	27,5	27,8
400	40,3	41	37,8	26,9	27
500	41,6	43,1	39,4	27	28
630	43,5	44	40,3	25,9	26,3
800	41	41,5	35,8	23,2	22,7
1000	40	42	34,3	20,9	20,3
1250	37,7	43	31,1	19,8	20,2
1600	34,1	43,3	28,8	21,2	21,6
2000	38,5	44	32,2	24,5	26
2500	41,2	44,4	36,5	24,1	24,7
3150	43,4	44,3	40,1	24,2	25,1
4000	46,5	47,1	43,2	26,4	27,8
5000	47,9	48,7	41,7	25,3	26,6
Rw	40	42	34	23	23

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Tabell C5. Lian, L2. Reduksjonstall, R, 1/3 oktavnband, dB

Vindu nr./ Frekvens	L2a	L2b	L2c	L2d	L2e
50	25,3	30,9	24	19,2	20,4
63	25	25,8	24,5	17,2	16,7
80	25,4	25,9	28,7	26,3	20
100	19,3	18,8	19	14,7	15
125	12,6	12,9	16	12,4	12,5
160	14,6	14,8	13,3	14,1	14,2
200	18,6	18,8	18,9	18,2	18,4
250	23	22,6	21,7	18,7	19,2
315	25,7	25,9	25,9	21,8	19,8
400	24,3	24,7	27,5	22,9	19,9
500	27,2	26,9	30,6	24,3	22,2
630	33,3	33,3	34,1	23,7	22,2
800	32,4	32,7	31,8	20,7	19,4
1000	31,9	30,5	28,8	16,8	16,6
1250	32,5	38,4	28,4	15,2	14,9
1600	32,4	41	25,3	16,4	16,4
2000	36,3	41	28,2	18	19,5
2500	37,3	39,5	32,4	19,5	19,1
3150	32,1	32	30,8	22,6	19,6
4000	32,7	32,9	31,6	24,2	21,3
5000	35,8	36,3	34,4	24,5	20,4
Rw	31	31	29	19	18

Tabell C6. Natre, N1. Reduksjonstall, R, 1/3 oktavnband, dB

Vindu nr./ Frekvens	N1a	N1b	N1c	N1d	N1e	N1f	N1g
50	35,9	33,8	34,5	32,8	32,2	22,4	26,9
63	21,3	22,8	21,4	21,7	22,6	16,2	19,7
80	24,7	26	25,1	26,4	24,1	21,1	22,6
100	23,8	22,5	23,9	22,4	22	15,9	18
125	19,2	18,8	19,2	18,4	18,1	11,4	14,9
160	18,5	18,3	18,6	18,6	18,6	16,8	17,7
200	16,4	14,9	15,5	15,1	14,5	14,5	14,6
250	21,4	21,6	21,7	21,7	20,6	17	18,3
315	23,1	24,7	24,4	24,2	23,6	20,1	21,6
400	26,5	27,7	27,5	27,3	27,5	19,7	23,2
500	30,1	29,4	30,2	29,6	29,8	21,4	25,5
630	33,5	33,5	34,8	33,8	33,1	22,4	26
800	34,4	35,1	34,6	33,9	32,5	21,6	24,7
1 000	37	37,7	37,3	36,7	33	18,3	22,1
1 250	39,7	39,8	39,4	39	33	16,3	21,6
1 600	39,7	40,2	39,4	39,4	33,7	16,3	21,4
2 000	39,5	39,7	39,4	39,6	33,8	19,1	23,9
2 500	33,6	33,8	33,7	33,8	31,2	19,4	23,2
3 150	28,2	28	28	28,2	27,1	17,7	20,8
4 000	34,7	33,3	31,8	31,9	29,8	19,8	21
5 000	39,8	38,2	37,1	36,9	31,3	20,7	22,4
Rw	32	32	32	32	31	19	24

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Tabell C7. Natre, N2. Reduksjonstall, R, 1/3 oktavbånd, dB

Vindu nr./ Frekvens	N2a	N2b	N2c	N2d	N2e	N2f	N2g
50	37,2	37,4	35,6	37,2	31,6	22,9	29,2
63	26,7	30	27,2	26,7	24,9	17,6	23,3
80	27,5	29,5	28,4	27,5	27,4	19,7	25,3
100	24,1	24,2	24,9	24,1	25	17,3	20,2
125	22	21,8	22,4	22	21,4	13,2	17,9
160	24,8	23,6	24,2	24,8	25,5	17,3	21,8
200	25,6	25	26,1	25,6	25,2	17,1	20,6
250	28,9	29,2	28,9	28,9	27	18,8	23
315	29,2	30	29,1	29,2	28,3	21,2	24,8
400	32,4	31,9	31,3	32,4	31,1	21,7	26
500	36,3	35,2	35,1	36,3	35,6	22,4	27,9
630	37,5	37,3	36,9	37,5	35,4	22,3	27,7
800	36,7	37,9	37	36,7	35,1	22	25,7
1 000	39,2	40	40,4	39,2	34	18,5	23,6
1 250	42,3	44,8	43,3	42,3	34,5	16,7	21,9
1 600	44	46	44	44	35	15,9	20,8
2 000	44,1	46	44,3	44,1	34,7	18,9	23,5
2 500	42,3	43,7	42,6	42,3	33,8	19	23,5
3 150	39,3	40,6	39,7	39,3	31	17,9	21,6
4 000	41,2	44	41,8	41,2	31,2	19,4	21,6
5 000	43,4	46,8	43,9	43,4	31,3	20	23,2
Rw	39	39	39	39	34	19	24

Tabell C8. Natre, N3. Reduksjonstall, R, 1/3 oktavbånd, dB

Vindu nr./ Frekvens	N3a	N3b
50	36,8	37,3
63	30,5	32,3
80	29,8	31,9
100	24,7	24,4
125	22,5	22,8
160	26,6	26,4
200	31	30
250	37	37,5
315	38,9	39,4
400	39,9	41,1
500	38,9	39,5
630	39,9	39,9
800	39,9	40,6
1 000	40,3	41,1
1 250	43,9	44,4
1 600	42,8	43,5
2 000	43,6	44,8
2 500	42,6	43,9
3 150	45,7	47
4 000	47,2	50,4
5 000	47,6	52
Rw	42	42

Yttervegger

Tabell C9. Prøveresultater for yttervegger 1, 2, 3 og 5. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5a	3.5b	5.1	5.2
50	15,4	19,1	16,2	19,0	14,2	11,3	13,7	12,6	15,1	16,7	11,4	18,0	27,9	26,6	20,9	18,6
63	11,2	19,8	14,6	17,7	12,7	12,2	12,3	15,0	11,0	17,1	15,5	18,7	24,9	27,4	15,4	19,4
80	10,3	13,6	11,7	16,8	19,9	6,5	4,5	19,0	11,5	15,0	18,9	19,7	30,9	31,3	14,5	24,9
100	12,4	18,8	15,9	20,5	25,1	12,3	15,4	24,3	21,5	24,3	25,1	23,9	36,5	36,5	21,1	26,1
125	19,4	22,8	19,7	23,6	29,4	17,6	23,6	31,4	22,8	29,3	30,0	27,6	40,3	39,9	27,9	31,7
160	20,0	25,5	19,9	25,0	34,0	25,8	30,5	35,5	31,2	36,9	39,0	30,2	42,8	41,9	34,1	36,3
200	20,3	27,8	21,2	23,2	34,1	25,8	30,3	37,8	33,1	36,0	41,5	32,8	42,8	41,3	34,6	39,0
250	20,8	26,1	24,7	27,4	37,3	28,4	33,3	41,9	35,1	39,3	44,2	33,4	41,9	40,9	33,5	39,9
315	24,7	30,9	29,2	30,2	41,0	33,0	34,5	44,7	37,0	41,5	48,5	34,5	44,0	43,7	34,8	41,0
400	28,6	35,6	34,7	30,2	45,5	33,3	35,4	49,5	38,6	43,9	52,3	39,8	49,1	47,7	36,4	43,3
500	30,9	38,7	36,9	34,2	49,4	35,8	37,7	52,8	40,8	45,8	54,8	43,0	52,5	51,3	37,3	45,7
630	34,0	39,7	39,5	37,9	53,7	37,6	38,9	57,9	42,5	47,8	58,1	45,3	56,3	54,8	39,0	48,2
800	37,9	42,5	42,5	39,9	56,0	40,3	41,0	62,4	43,5	49,4	61,1	50,8	60,5	58,8	40,6	51,8
1000	40,2	43,4	44,3	43,8	59,2	41,9	43,3	66,6	46,0	50,9	63,6	52,4	64,2	62,9	44,6	56,5
1250	44,2	46,5	47,5	48,3	63,9	43,9	46,6	70,6	47,6	53,1	66,6	56,2	67,1	66,6	46,8	60,0
1600	47,7	48,9	49,1	51,1	66,3	45,6	50,6	73,2	49,5	55,7	68,5	59,5	70,0	70,1	48,1	61,9
2000	49,6	50,9	50,8	53,9	69,3	48,6	54,0	76,1	49,9	58,3	70,9	62,4	69,1	69,9	48,4	62,9
2500	50,7	51,0	51,5	56,0	72,3	51,2	54,3	76,4	46,7	57,7	71,2	61,4	64,6	65,5	45,3	62,2
3150	52,0	51,0	52,1	57,5	74,8	53,4	55,1	80,2	47,0	58,9	70,9	60,1	63,5	64,4	44,9	65,5
4000	53,9	52,6	53,9	60,2	77,7	55,5	57,9	84,3	51,3	65,0	71,5	61,6	65,1	67,3	49,5	70,2
5000	56,4	54,4	57,5	63,4	81,0	57,6	61,7	86,5	55,8	69,4	73,0	65,0	67,8	71,2	54,9	74,9
R _w	34	40	38	39	49	38	41	52	44	49	54	45	56	55	42	50

Ytterveggventiler

Tabell C10. Prøveresultater Fresh 80. L=200 mm, ventil A, B, C og D. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Fresh 80. L=200. Ventil A, lukket.	Fresh 80. L=200. Ventil A, åpen.	Fresh 80. L=200. Ventil B, lukket.	Fresh 80 .L=200. Ventil B, åpen.	Fresh 80 .L=200. Ventil C, lukket.	Fresh 80. L=200. Ventil C, åpen.	Fresh 80. L=200. Ventil D, lukket.	Fresh 80. L=200. Ventil D, åpen.
50	37,8	37,5	39,1	40	38,5	37	41,6	37
63	28,8	28,4	29,2	29,1	29,1	29	28,8	29
80	31,8	32,3	31,7	33,7	30,9	31,9	32,7	32,9
100	38,4	38,2	39	39,5	38	38,7	41,5	40,1
125	46,7	42	49,1	42,7	45,6	40,7	48,7	42,5
160	44,7	39,6	42,6	41,3	43,8	40,3	48,6	41,8
200	44,2	40,8	44,2	41,5	45,3	40,8	50,3	42,1
250	45	43	43,3	43,7	45,8	42,8	47	43,7
315	42,6	41	41,2	41,3	42,3	40,9	44,2	41,8
400	34,4	34,7	43,2	36,8	34,9	36,1	47,1	36,9
500	35,8	26	43,1	27,4	37,2	26,6	45,9	27,1
630	41,3	27,7	44,2	27,1	40,5	27	45,5	27,7
800	40,4	32,3	40,7	33	39,4	31,7	43,5	32,4
1000	32,8	29,3	48,5	29,4	33,4	30	51,3	29,9
1250	38,3	31,4	49,1	31,9	40,6	31,3	54,6	32,2
1600	46,2	34,1	47	31,7	47,6	32,8	53,6	31,1
2000	48,1	36,3	50,7	36	50,3	37,4	53,6	34,8
2500	45,3	36,9	45,7	36,5	45,9	37,4	47,1	36,7
3150	48	39,1	48,2	37,2	48,4	39,7	50,1	39,3
4000	53,1	39,3	51,5	40,1	50,5	41,2	54,1	41,9
5000	53	40,9	56	37,8	50,2	40	56,4	39,9
Dn,e,w	41	33	46	32	41	32	49	32

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Tabell C11. Prøveresultater Fresh 80. L=300 mm, ventil A, B, C og D. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Tett vegg. L=300.	Fresh 80. L=300. Ventil A, lukket.	Fresh 80. L=300. Ventil A, åpen.	Fresh 80. L=300. Ventil B, lukket.	Fresh 80. L=300. Ventil B, åpen.	Fresh 80. L=300. Ventil C, lukket..	Fresh 80. L=300. Ventil C, åpen.	Fresh 80. L=300. Ventil D, lukket.	Fresh 80. L=300. Ventil D, åpen.
50	41	36,6	36,9	35,7	37,1	35,3	33,3	36,5	35,1
63	45,7	32,3	32,9	33,2	32,8	33,6	33,8	32,3	34
80	45,7	38,3	39,5	40,9	39,2	38	38,2	38,8	38,8
100	49,8	46	45,3	46,8	46	46,4	45,6	46,5	45,4
125	46,7	45,6	42,5	47,6	43,6	46,7	43,8	49,1	44,1
160	51,5	45	43,1	44,6	43,3	45,3	42,9	46,9	43,3
200	51,6	43,3	42,7	43,5	43,2	42,6	42,6	43,3	41,7
250	51	42,3	42,5	41,4	41,9	41,5	42,1	40,1	41,9
315	51,4	34	36,6	40,8	37,3	34,1	37,7	43,9	37,1
400	49,7	34,3	26,2	41,8	27,1	37,2	26,1	46,2	25,3
500	51,6	41,2	32,5	40,8	31,8	41,2	31,8	45,2	33,3
630	55,2	38	34,6	36,2	36	37,8	34,7	40,3	36,2
800	60,2	31,6	28,3	44,6	29,4	31,1	28,4	48,8	29,8
1000	62	34,9	30,6	42,8	28,9	35,2	29,2	45,8	30,3
1250	65	32,5	31,2	49,2	32	36,9	33	54,1	31,3
1600	66,7	42,4	33,3	44,2	31,1	46,3	33,8	51,2	31,9
2000	64,5	46	37,1	50	35,3	50,3	36,7	53,5	34,3
2500	58,4	46,2	36,6	49,6	37,1	49,8	37,5	53,3	36,5
3150	61,7	47,7	38,5	50,2	37,8	51,1	39,9	54	38,9
4000	68,6	53,9	38,3	51,8	40	49,5	40,3	54,9	41,4
5000	72,4	53	40,8	56,2	37,4	48,4	39,5	57,1	39,2
Dn,e,w	59	38	33	45	33	39	33	49	33

Tabell C12. Prøveresultater Fresh 80. L=400 mm, ventil A, B, C og D. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Fresh 80. L=400. Ventil A, lukket.	Fresh 80. L=400. Ventil A, åpen.	Fresh 80. L=400. Ventil B, lukket.	Fresh 80. L=400. Ventil B, åpen.	Fresh 80. L=400. Ventil C, lukket.	Fresh 80. L=400. Ventil C, åpen.	Fresh 80. L=400. Ventil D, lukket.	Fresh 80. L=400. Ventil D, åpen.
50	33,3	33	29,3	32,5	32,3	32,2	34,4	35,7
63	40,9	40,3	32,7	42,2	39,8	40,3	39,2	38,2
80	40,3	41,1	38,2	42,4	42,2	40,6	41,5	39,7
100	46,8	46,3	44,7	45,5	46,6	45,9	46,5	45,3
125	47,1	44,8	42,4	43,9	46,8	44,5	46,1	44,8
160	44	42,7	44,7	43	43,8	42,4	43,9	42,7
200	43,7	42,5	39,3	43	43,8	43,1	41,9	41,7
250	36,4	37,5	39,5	38,4	37,9	38,1	41,5	37,9
315	34,3	25,8	39,6	25,6	37,3	25,8	44,1	25,3
400	42,3	32,3	42,8	32,4	43,5	31,8	46,4	32,9
500	39,2	37,2	39,7	38,2	39,9	36,8	40,2	38,7
630	32,5	28,2	40,9	28,2	33,8	28,3	42,9	28,1
800	38,1	32,3	39,5	31,5	37,9	31,7	42,7	31,3
1000	31,7	29,3	47,2	29,4	31,7	29,6	48,5	30,1
1250	35,7	31,7	45,3	31	41,2	32,5	49,1	30,1
1600	41,2	32,6	47,7	30,4	46	33	49	31,6
2000	46,1	36,7	50,1	34,9	51	36,4	52,2	34,2
2500	47,7	36,3	49,4	37	50,8	37,8	53,9	36,7
3150	49,7	38,5	50,8	37,4	53	40,8	54	39,5
4000	54,2	39,1	51,9	36,9	51	40,6	54,7	41,7
5000	52,5	41,3	56,9	36,1	49,6	40	57,1	39,6
Dn,e,w	39	33	45	32	41	33	48	32

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Tabell C13. Prøveresultater Fresh 80 dB. L=200 mm, ventil A, B og C. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Fresh 80 dB. L=200. Ventil A, lukket.	Fresh 80 dB. L=200. Ventil A, åpen.	Fresh 80 dB. L=200. Ventil B, lukket.	Fresh 80 dB .L=200. Ventil B, åpen.	Fresh 80 dB .L=200. Ventil C, lukket.	Fresh 80 dB. L=200. Ventil C, åpen.
50	39,3	38,2	41,1	40	36,5	35,8
63	38,5	37,8	39,5	38,1	36,6	37,9
80	44,3	44,5	45,1	45,6	44,8	45
100	42,9	41,2	44	42	43,3	40,7
125	46,3	42,5	45,3	42,1	48,6	42,6
160	43,1	39,9	43,2	40,6	48,9	39,9
200	42,5	40,4	43,6	40,9	47,5	40,9
250	44	41,6	43,2	41,3	46,8	41,5
315	42,7	39,3	41,3	38,9	48,2	39,1
400	43,8	38,3	43,8	39,6	47,8	39,5
500	44,5	39,7	44,1	39,6	48,5	40,6
630	44,1	39,7	44,6	40,7	49,3	40,7
800	43,5	40,7	45,1	41,9	53,5	41,5
1000	41,8	39,1	43,9	40,6	55,3	41
1250	47,5	42,1	42,7	39,9	57,7	40,5
1600	51	44,5	46,7	42,4	57,9	42,4
2000	53,2	46,9	51,3	44,3	55,2	45,8
2500	49,8	46,4	49	45	50	46,5
3150	53,7	51,6	53	49,4	54	50,6
4000	58,7	56,2	59	53,3	59,8	55,3
5000	60,7	56,5	61,8	56,3	62,8	55,6
Dn,w	47	43	46	42	53	43

Tabell C14. Prøveresultater Fresh 80 dB. L=300 mm, ventil A, B og C. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Fresh 80 dB. L=300. Ventil A, lukket.	Fresh 80 dB. L=300. Ventil A, åpen.	Fresh 80 dB. L=300. Ventil B, lukket.	Fresh 80 dB. L=300. Ventil B, åpen.	Fresh 80 dB. L=300. Ventil C, lukket..	Fresh 80 dB. L=300. Ventil C, åpen.
50	35,3	33,8	35	34,1	33,5	34,1
63	41,2	41	41,7	40,8	38,5	38,5
80	47	47,9	46,9	47,2	45,6	44,6
100	45,7	44,4	45,8	44,5	44,4	43,8
125	46,7	43,4	45,5	43,6	43,6	43
160	44	42,1	43	40,6	40,5	39,8
200	42,3	40,4	42,1	40,1	40,9	40,2
250	45	42,6	45	41,4	43,1	42,5
315	45,6	40,4	44,3	41,1	42,1	40,5
400	45,4	41,9	45,9	42,2	43,8	42,6
500	45,7	42,7	45,4	42,9	43,5	42,1
630	46,8	43,2	48,1	44,7	44,9	43,6
800	47,8	44,2	49,8	46	47,3	45,2
1000	46,4	43,7	48,1	45,3	49,6	44,9
1250	50,3	45,2	45,5	43,1	52,7	44,2
1600	56,1	49,7	49,6	45,1	55,1	46,3
2000	60,1	52,6	55,8	49	58,6	51,6
2500	57,4	53,1	55,9	51,2	57	53,2
3150	61,3	59,2	59,2	57	60,1	57,1
4000	66,9	64,5	65,9	60,8	66	63,2
5000	69,2	65	66,5	64,4	68,5	64
Dn,w	50	46	49	46	50	46

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Tabell C15. Prøveresultater Fresh 80 dB. L=400 mm, ventil A, B og C. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Fresh 80 dB. L=400. Ventil A, lukket.	Fresh 80 dB. L=400. Ventil A, åpen.	Fresh 80 dB. L=400. Ventil B, lukket.	Fresh 80 dB. L=400. Ventil B, åpen.	Fresh 80 dB. L=400. Ventil C, lukket.	Fresh 80 dB. L=400. Ventil C, åpen.
50	43,4	44,6	42,9	44,1	40,5	40,5
63	48	47,7	47,5	47,3	45,7	46,5
80	48,5	48,8	50,2	50,1	49,4	48,8
100	50	48,9	50,2	49,1	49	48,1
125	45,4	42,7	46,1	43,8	45,5	40,5
160	41,1	38,7	42,2	39	45	39,6
200	41,6	39,6	41,6	39	43,7	38,8
250	46,1	42,7	45,9	43,3	48,3	43,3
315	47,3	44,1	47,1	43,8	48,6	44,5
400	48,6	45,6	48,9	45,3	50,6	45,8
500	49,8	45,1	49,6	45,7	50,9	45,8
630	51,3	47,6	51,5	47,9	53,8	48,8
800	51,7	48,7	52,5	49,3	56,8	48,5
1000	51,5	47,5	52,8	50,6	59,5	49,5
1250	55,6	51,5	52,3	50,2	65,3	50,1
1600	61,3	54,8	55,6	52,4	67	53,1
2000	66,4	59,2	60,9	56,1	67,4	57,2
2500	64,6	60,6	62,6	58,4	64,9	60,7
3150	70,1	66,7	67,6	63,8	69,1	65,4
4000	75,5	72	75	68,4	74,6	70
5000	75,9	69,8	73,5	68,7	70,5	68,1
Dn,w	54	50	53	50	57	50

Tabell C16. Prøveresultater Fresh 100 dB. L=200 mm, ventil A og B. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Fresh 100 dB. L=200. Ventil A, lukket.	Fresh 100 dB. L=200. Ventil A, åpen.	Fresh 100 dB. L=200. Ventil B, lukket.	Fresh 100 dB .L=200. Ventil B, åpen.
50	35,7	36,2	37,7	35,2
63	29,5	29,4	35,8	28,9
80	40,5	41,4	41,5	41,1
100	43,7	43,1	42,6	40,2
125	45,9	44,4	44,3	42,9
160	48,3	37,6	46	38,2
200	48,5	41,3	47	40,5
250	47,3	41,2	43,5	40,3
315	47,1	36	41,1	35,7
400	48,2	36,5	45,8	37,7
500	46,8	37,6	46,7	39
630	50,1	36,2	47,1	39,3
800	54	36,1	46,3	37,8
1000	57,4	40,2	49,4	39,3
1250	58,7	42,8	53,5	42,7
1600	58,3	42,7	52,9	42,9
2000	56	45,8	50,9	41,9
2500	51,5	47,5	50,2	44,7
3150	55,3	52,2	53,7	47,9
4000	61,7	59	60,2	52,6
5000	64,7	55,2	61,6	52,7
Dn,e,w	53	41	49	41

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Tabell C17. Prøveresultater Fresh 100 dB. L=300 mm, ventil A og B. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Fresh 100 dB. L=300. Ventil A, lukket.	Fresh 100 dB. L=300. Ventil A, åpen.	Fresh 100 dB. L=300. Ventil B, lukket.	Fresh 100 dB. L=300. Ventil B, åpen.
50	37,5	36,8	38,2	37,3
63	43,4	44,4	43,7	43,7
80	47,8	49,1	47,1	46,7
100	46,4	47,7	46,7	45,7
125	46,3	42,9	47,2	42,6
160	45,6	38,8	42,2	36,9
200	45,8	37,2	40,6	37,1
250	47,4	34,5	43,2	35,1
315	47,9	36,1	46,4	36,4
400	46,1	39,2	46,6	40,2
500	47,4	39,8	46,7	40,2
630	53,3	40	47,8	41,2
800	59,1	41,3	48,9	42,1
1000	62	43,9	54,2	44,4
1250	65,3	50,1	60,2	48,5
1600	66,1	49	59,6	48,8
2000	64,1	54,8	59,4	50,4
2500	58,2	56,9	58,2	55,4
3150	61,4	60,3	61,6	57,6
4000	67,7	66,8	67,7	64,1
5000	71,8	63,4	70,4	61,7
Dn,e,w	56	44	52	45

Tabell C18. Prøveresultater Fresh 100 dB. L=400 mm, ventil A og B. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Fresh 100 dB. L=400. Ventil A, lukket.	Fresh 100 dB. L=400. Ventil A, åpen.	Fresh 100 dB. L=400. Ventil B, lukket.	Fresh 100 dB. L=400. Ventil B, åpen.
50	39,1	39,2	40,4	42,3
63	44,1	47,1	44,5	46,3
80	49,3	48,6	47,7	48,7
100	48,4	47,1	48,3	47,8
125	45,2	40,4	46,3	40,7
160	47,8	36,4	44,5	35,9
200	50	32,5	43,8	32,9
250	51,3	36,5	45,6	36,8
315	48,1	40,3	48,5	40,8
400	48,6	40,3	48,5	41,1
500	52,6	42,1	49,4	42,9
630	57	43,2	51,8	45,7
800	61,5	43,8	51,1	44,8
1000	64,9	47,4	57,1	45,6
1250	68,6	53,1	62,6	52,6
1600	68,7	52,2	62,6	52,8
2000	69,2	58,8	64,3	56,3
2500	65,2	63,7	64,9	62,3
3150	69,7	68,9	69,7	65,1
4000	75,7	75,5	76,8	73
5000	72,7	70,3	71,9	68,3
Dn,e,w	60	46	55	47

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Tabell C19. Prøveresultater av tre typer spalteventiler, Fresh AL-dB 450/40, Fresh AL-dB 800/42 og Fresh FL-dB 800. Kanal for spalteventil 360mm x 12mm. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Spalteventil Fresh AL-dB 450/40. Veggtykkelse 200 mm. lukket.	Spalteventil Fresh AL-dB 450/40. Veggtykkelse 200 mm.åpen.	Spalteventil Fresh AL-dB 800/42. Veggtykkelse 200 mm.lukket	Spalteventil Fresh AL-dB 800/42. Veggtykkelse 200 mm.åpen	Spalteventil Fresh FL-dB 800. Veggtykkelse 200 mm.lukket	Spalteventil Fresh FL-dB 800. Veggtykkelse 200 mm.åpen
50	41,7	36,1	37	36,1	34,4	36,9
63	36,9	35,6	38,4	38,1	34,2	33,2
80	47,3	45,7	41,5	41,8	39,2	38,8
100	46,8	48,2	49,7	47,8	49,2	47,1
125	47,1	48	48	46,3	47,9	46,4
160	48,9	46,9	47,6	46,8	48,7	48
200	51,7	54,3	54,8	52,7	57	52,6
250	51,6	52,3	52,7	52,8	51	50
315	49,6	49,4	50,3	49,6	45,9	47,8
400	46,5	47,1	50,6	47,2	47,2	45,1
500	45,6	42,2	50,1	46,6	42,1	41,9
630	49,6	44,9	50,9	48,4	45,3	45
800	51,1	46,9	52	48,2	45,9	44,2
1000	50,2	45,2	52,1	48,4	46,7	46,4
1250	50,8	45,4	52,8	48,6	45	43,8
1600	50	44,7	52	47,4	46,1	45
2000	51,1	48	53,1	49,8	48,3	47,2
2500	48,8	47,9	49,1	48	48,6	48,2
3150	52,5	51,6	53,1	50,5	52,6	51,5
4000	58,5	56,6	59,1	56,1	57,2	55,5
5000	62,1	61	62,8	60,8	60,5	58,7
Dn,e,w	50	46	52	49	47	46

Tabell C20. Prøveresultater Rotus radiatorventil SL, to ulike rørgjennomføringer. L=200 mm. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Radioator-ventil Rotus SL, 100 mm dB kanal (dempet) L=200 mm, lukket	Radioator-ventil Rotus SL, 100 mm dB kanal (dempet) L=200 mm, åpen	Radioator-ventil Rotus SL, 100 mm PVC kanal (udempet) L=200 mm,lukket	Radioatorventil Rotus SL, 100 mm PVC kanal (udempet) L=200 mm,åpen
50	38,4	40,7	42,7	44,8
63	30,2	30,6	43,2	41,3
80	40,9	40,3	46,3	45,2
100	42,8	42,5	44,8	44,4
125	44,4	44,1	45,6	45,3
160	45,4	44,8	45,9	46,4
200	47,7	47,4	49,2	48,9
250	40,9	39,7	43,8	44,3
315	36,8	35	38,9	37,5
400	40	38,6	38,8	35,8
500	38,1	36,9	36,8	34,8
630	43	40,5	36,5	34,6
800	47,5	46,8	43,6	42,2
1000	50,8	49,1	44,4	42,1
1250	50	48,5	43,2	41,3
1600	53,4	52,5	45,3	44,4
2000	52,7	52,5	45,7	46
2500	49,3	49	45,5	44,2
3150	53	52,6	49,3	47,2
4000	59,8	59,3	54,9	51,7
5000	62,6	62,7	58,1	55,2
Dn,e,w	47	45	43	41

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Tabell C21. Prøveresultater Fresh Z-dB. L=200 mm. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Fresh Z-dB, 85 mm +110 mm PVC-rør Ø 100 mm (mottakerside/sendeside). Ventil A innv (lukket), standard ventil utv. Veggykkelse 200 mm.	Fresh Z-dB, PVC-rør Ø100 mm, L=85 mm +110 mm (mottakerside/sendeside). Ventil A innv (åpen), standard ventil utv. Veggykkelse 200 mm.
50	45,6	42,2
63	43,2	41,6
80	42,9	43,4
100	45,9	44,7
125	46,5	45,7
160	48	48,4
200	54,1	54,4
250	51,5	51,8
315	51,3	51,2
400	53,7	53,2
500	55,6	55,8
630	58,7	58,1
800	58,3	58
1000	59,6	59,6
1250	61,8	62,1
1600	62,2	62
2000	57,3	57,3
2500	51,1	51,4
3150	56,2	56,4
4000	62,3	62,2
5000	64,5	64,6
Dn,e,w	57	57

Tabell C22. Prøveresultater av mekaniske ytterveggventiler PVC rør eller dempet kanal. Vifte av hvis ikke angitt med vifte på (trinn angitt). L=200 mm vegg. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	Sonair A+, dempet kanal, L=200. Lukket.	Sonair A+, dempet kanal, L=200. Åpen.	Sonair F+, PVC-kanal, L=200. Lukket.	Sonair F+, dempet-kanal, L=200. Lukket.	Sonair F+, PVC-kanal, L=200. Åpen.	Sonair F+, dempet-kanal, L=200. Åpen.	Sonair F+, PVC-kanal, L=200. Åpen. Vifte på "2".	Aerolife, PVC-kanal, L=200. Lukket.	Aerolife, PVC-kanal, L=200. Åpen. Vifte på laveste trinn.	Aerovital, PVC-kanal, L=200. Lukket. Vifte på laveste trinn.	Aerovital, PVC-kanal, L=200. Åpen. Vifte på laveste trinn.
50	49,7	48,6	49,1	48,5	47,2	48,6	47,9	48,8	49,1	49,1	47,9
63	44,8	43,2	46,5	45,5	45,7	44,1	47,4	48,7	46,4	47,7	44,8
80	46,5	43,6	46,8	46,1	45,5	46,9	46,2	48,7	47,1	48	46,9
100	48,8	46,8	49,8	47,9	47,1	46,3	48,1	43,5	43,9	42,1	41,9
125	50,4	46,8	50,2	47,4	47,1	44,8	47,4	43,8	44,6	42,2	41,8
160	47	40,4	47,2	41,6	40,8	40,2	43,8	41,9	41,7	46,8	45,4
200	47,5	41,4	51,1	45,5	44,7	42,5	45,7	49,2	48,6	51,3	50,6
250	43,2	37,9	49,5	43,4	44,5	41,7	45	46,7	46,4	47,7	46,7
315	43,8	36,4	48,3	41	42,6	38,6	43,3	44,2	43,5	44,9	43,5
400	51,7	39,7	48,7	46,9	45	41,6	45,7	46,2	45,8	45	44,4
500	54,2	43,6	49,4	52,8	42,7	47,7	44,2	43,9	44,9	44	44,7
630	57,6	49,6	56,3	56,6	43,4	52,1	45,4	45,4	45,5	46,5	46,1
800	58,3	52,4	55,5	57,5	50	54,8	50,4	50,1	49,1	52,1	51,1
1000	59	54,7	51,6	58,2	52	57,1	52,6	52,7	51,7	53,9	51,7
1250	59,5	56,4	57,1	59,6	50	58	50,3	53	49,9	54,5	51,2
1600	60	55,9	57,7	59,9	50,3	57,1	50,2	55,4	54,7	57,3	56,2
2000	56,8	54,2	55,9	57,3	47,8	55,6	47,7	55,1	54,2	55,8	55
2500	50,2	50,2	49,1	50,6	46,4	50,3	46,1	49,4	49,7	49,7	49,6
3150	54,1	54,1	52,6	54,6	49,8	53,8	49,7	52,7	52,5	53,4	52,8
4000	62	62,4	60	63,1	54,5	62,2	53,9	57,3	55,3	60,2	57,4
5000	65,2	65,8	62,1	66,4	56,4	65	55,5	59,4	56,6	62,5	59,4
Dn,e,w	55	49	53	54	48	51	48	50	50	51	50

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Tabell C23. Prøveresultater av 150 mmx150 mm klaffluke. Kanallengde 270 mm. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavnband fra 50-5000 Hz

	Lukket ventil	Minimal åpen ventil	Maksimal åpen ventil
50	39	35,7	34,2
63	30,8	26,9	26,2
80	37,8	31,7	32,5
100	37,2	34,8	33,5
125	36,4	33,2	32,8
160	35,9	34,8	34,2
200	33,9	32,3	32,2
250	36,3	30,7	30,4
315	37,3	25,3	27,1
400	40,8	24,1	23,6
500	42,9	28,5	25,1
630	43,4	30,6	27,9
800	43,9	27,8	26,3
1000	48,8	31,7	27,8
1250	47,3	30,9	29,1
1600	48,7	31	29,4
2000	48	30,7	29,5
2500	48	32,8	31
3150	49,4	34,2	31,4
4000	52,3	34,7	32,4
5000	49,4	35,2	32,4
Dn,e,w	45	30	28

Tabell C24. Prøveresultater av Biobe spalteventiler, 220 mm, 420 mm og 620 mm. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavnband fra 50-5000 Hz

	220 mm ventil	420 mm ventil	620 mm ventil
50	26,5	30,5	26,6
63	27,8	29,6	26,5
80	34,6	32,5	32,5
100	36,1	32,3	31,2
125	35,8	33,9	34,9
160	38	35,4	31,1
200	39,3	37,5	34,4
250	39	35,9	32,8
315	36,7	34,3	31,3
400	37,7	34,9	30,6
500	36,9	33,6	31,3
630	34,4	31,2	27,8
800	31	28	26,6
1000	29,6	27,8	25
1250	31,1	27,6	26,9
1600	32,4	29,5	28,2
2000	33	30,1	29
2500	30,8	28,1	27,1
3150	33,4	29,8	29,4
4000	36,6	32,3	32,5
5000	36,3	31,8	31,9
Dn,e,w	32	29	28

Tak

Tabell C25. Prøveresultater for taktype 1. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	1.1.a	1.1.b	1.2.a	1.2.b	1.3.a	1.3.b	1.4.a	1.4.b	1.5.a	1.5.b	1.6.a	1.6.b
50	30,7	28,3	26,4	23,7	25,5	30,2	26,8	27,3	33,9	33,3	30,3	27,0
63	26,4	26,9	29,6	28,2	29,1	27,4	31,3	31,1	38,7	38,5	30,8	31,1
80	21,7	19,0	21,2	20,2	25,2	24,1	33,5	34,4	38,1	36,2	30,7	30,4
100	20,3	19,5	21,8	20,9	21,9	24,0	27,8	29,4	34,9	33,7	24,2	26,0
125	24,6	23,8	27,1	24,1	29,8	30,8	34,3	36,3	39,8	37,9	32,0	33,3
160	31,7	30,1	32,4	30,9	39,1	38,3	41,5	41,8	46,3	42,4	41,6	40,4
200	33,1	32,5	34,3	33,4	41,6	40,0	45,8	46,7	47,8	44,1	42,8	43,3
250	36,1	35,2	41,3	40,0	42,4	42,1	50,8	52,0	49,9	46,4	43,3	43,4
315	36,5	36,7	42,2	40,8	44,2	43,7	54,1	54,3	52,2	50,4	45,5	45,2
400	39,6	39,0	42,8	41,7	44,4	45,3	56,7	56,9	55,4	53,9	49,2	48,3
500	45,1	44,3	47,2	45,3	48,5	48,2	60,9	60,9	59,7	57,3	55,1	54,4
630	47,3	46,5	49,1	48,0	50,4	49,9	65,6	65,8	62,8	60,0	56,7	56,7
800	50,7	50,4	51,3	49,8	53,6	52,7	68,6	68,4	65,4	63,1	59,3	59,4
1000	51,5	51,3	50,4	49,4	55,8	55,1	69,1	69,7	66,1	64,7	61,0	62,0
1250	51,8	51,1	49,5	49,3	57,5	57,6	72,2	72,7	68,3	67,2	62,4	62,8
1600	53,0	52,8	51,7	50,9	60,2	59,6	73,9	74,3	69,1	68,3	64,7	64,3
2000	54,0	53,1	53,9	53,1	60,8	59,9	74,6	75,1	69,8	68,4	65,0	64,3
2500	56,5	55,3	55,5	54,6	61,0	60,1	72,9	73,4	66,0	64,8	61,7	61,7
3150	59,6	58,8	58,4	57,9	62,6	62,5	73,3	73,5	66,9	65,6	64,2	62,9
4000	63,5	63,3	63,0	63,0	66,6	66,5	76,4	77,0	70,4	69,7	70,8	69,4
5000	69,2	68,7	68,6	67,6	70,9	70,8	80,1	80,6	73,2	72,8	76,0	74,1
R _w	46	45	48	47	51	51	59	59	61	58	54	54

Tabell C26. Prøveresultater for taktype 2. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	2.1	2.2
50	20,1	25,3
63	21,9	30,0
80	27,4	34,7
100	29,8	31,2
125	33,0	34,9
160	38,8	41,6
200	40,8	43,3
250	41,1	47,1
315	43,0	50,3
400	47,1	54,9
500	48,7	59,4
630	52,4	63,9
800	53,9	65,5
1000	56,5	67,4
1250	58,3	68,8
1600	58,3	69,7
2000	56,7	67,8
2500	53,0	64,2
3150	55,6	68,1
4000	61,9	74,5
5000	68,7	78,2
R _w	52	57

Lydmåling i laboratorium av vinduer, yttervegger, tak og ytterveggventiler

Tabell C27. Prøveresultater for taktype 3. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	3.1.a	3.1.b	3.2.a	3.2.b	3.3.a	3.3.b	3.4.a	3.4.b	3.5.a	3.5.b
50	29,1	28,4	32,2	31,0	36,6	31,5	37,4	36,1	38,3	36,5
63	33,2	31,1	32,4	32,2	39,8	37,7	38,7	38,6	36,4	34,3
80	30,6	25,0	30,5	26,9	38,4	32,7	43,5	42,4	33,4	29,5
100	30,5	29,4	34,3	30,1	37,9	34,1	40,6	37,4	35,0	28,8
125	30,7	27,4	31,6	31,3	38,3	37,7	43,3	42,2	36,3	34,8
160	33,9	32,7	36,2	36,3	43,0	40,9	47,5	47,2	36,4	36
200	33,7	31,9	36,9	37,1	43,9	42,1	52,2	52,1	37,9	38,5
250	34,0	32,6	36,5	36,2	46,7	44,6	53,2	53,2	39,4	39,6
315	34,1	34,1	37,3	37,1	50,2	48,0	56,9	56,4	38,0	37,8
400	38,2	38,6	40,1	40,9	54,9	51,9	58,5	58,6	41,5	40,8
500	40,4	41,0	43,9	43,7	59,2	55,3	61,4	61,0	45,9	44,8
630	46,4	45,3	48,3	47,4	62,6	58,9	65,7	63,7	50,5	49,6
800	46,9	46,2	47,8	48,1	63,2	59,7	65,5	63,9	50,3	49,6
1000	49,0	49,4	51,4	51,3	65,5	61,4	68,2	65,9	53,2	52
1250	53,0	52,4	55,4	54,8	68,0	64,6	70,6	67,6	55,9	55,2
1600	55,7	55,4	58,4	57,8	70,3	67,5	73,5	69,2	59,5	57,7
2000	56,4	56,4	58,4	58,1	71,8	69,1	74,2	70,2	59,8	58,5
2500	55,2	55,4	58,7	58,4	70,7	67,7	72,1	68,8	58,2	57,5
3150	60,9	59,7	63,9	62,2	74,6	70,0	76,0	71,5	63,1	60,8
4000	69,5	65,0	72,4	68,4	81,6	77,6	82,0	77,1	72,1	66,3
5000	75,4	67,5	76,9	69,1	85,2	80,3	85,0	80,6	77,9	69,3
R _w	46	45	48	48	59	57	64	63	50	49

Tabell C28. Prøveresultater for taktype 4. Lydreduksjonstall i 1/3 oktavbånd fra 50-5000 Hz

	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
50	27,4	26,5	25,5	25,9	33,0
63	25,7	28,8	27,6	28,4	32,9
80	21,4	25,2	21,9	27,1	33,1
100	20,5	23,9	22,9	25,3	34,8
125	20,9	21,2	18,3	19,0	35,5
160	22,0	25,6	20,5	23,4	38,5
200	18,8	22,5	20,1	22,4	38,1
250	19,7	24,3	24,6	28,6	41,7
315	28,4	32,0	30,2	32,4	48,0
400	25,8	29,6	27,5	30,6	51,5
500	30,5	35,6	31,6	36,6	52,7
630	34,3	39,9	34,8	40,8	58,3
800	33,6	42,4	34,7	43,5	60,1
1000	36,6	46,1	38,1	47,0	63,2
1250	41,0	52,1	42,6	52,5	65,0
1600	44,3	54,7	46,4	55,4	65,8
2000	48,0	56,0	50,2	57,0	66,0
2500	52,9	55,8	55,0	56,7	62,7
3150	59,1	59,8	60,4	59,4	65,1
4000	64,6	64,1	65,9	63,9	68,2
5000	67,3	67,2	68,2	67,3	71,2
R _w	34	39	35	39	55

SINTEF er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

SINTEF Byggforsk er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.

