

TEKNISK NOTAT

Dæmpning af Bylivsstøj

Udført for Københavns Kommune

Sagsnr.: 125-32889

TC-102389

Side 1 af 26

Hørsholm, 20. februar 2026

Akustik, støj og vibrationer

Kvalitetssikret af

Udfærdiget af

Claus Backalarz
2026-02-20

Digitally signed by Claus Backalarz
cb@forcetechnology.com
Senior Specialist

Mads Bolberg
2026-02-20

Digitally signed by Mads Bolberg
mabo@forcetechnology.com
Director of Department

OVERSIGT

Titel	Dæmpning af Bylivsstøj
Sagsnr.	125-32889
TC-nr.	102389
Kunde	Københavns Kommune Njalsgade 13 DK-2300 København S Tlf.: +4533663366
Kontaktperson	Sine Nyhold Jochumsen E-mail: VE74@kk.dk
Resume	<p>FORCE Technology har for Københavns Kommune udarbejdet dette notat, som beskriver:</p> <ul style="list-style-type: none">• Typiske støjkloder i relation til støj fra trafik, hvilket omfatter kilder-nes frekvensfordeling og periodicitet.• Et beslutningsdiagram til bestemmelse af, hvilken enkelttalsværdi for lydreduktion, som er relevant at bruge i relation til hver støjtype.• Forbedringstiltag til vinduer præsenteres med forventet effekt ved hjælp af beregninger. <p>Notatet er desuden suppleret med bilag, som beskriver forudsætningerne i større detaljer.</p>
Revisioner	Originalrapport
Vores ref.	MABO/RSHS/CB/pkor

Rapporten må kun gengives i sin helhed.

Gengivelse i uddrag kræver skriftlig accept fra FORCE Technology.

Rapporten er kun gyldig med to digitale signaturer fra FORCE Technology. Rapporten forefindes som original i FORCE Technologys database og sendes som elektronisk duplikat til kunden. Den hos FORCE Technology lagrede original har forrang som dokumentation for rapportens indhold og gyldighed.

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Indledning	4
1.1	Baggrund	4
2	Typer af bylivsstøj – trafikstøj kontra anden form for bylivsstøj	4
2.1	Kilder til ekstern støj i København	4
2.2	Forskelle mellem trafikstøj og anden bylivsstøj	5
3	Identifikation af de mest generende støjkloder	6
4	Reduktionstal – definitioner og egnethed	7
4.1	Hvorfor beskrive lydreduktion med et enkelt tal?	7
4.2	Hvilken enkelttalsværdi skal benyttes?	8
5	Praktiske løsninger	8
6	Referencer	10
	Bilag 1 Variation over tid	11
	Bilag 2 Begreber inden for akustik, lyd og støj	13
	Bilag 3 Normaliserede spektre	16
	Bilag 4 Lydisolationsberegning af vinduesløsninger	17
	Vindue med forsatsløsning (Tabel 1)	17
	Eksisterende løsning - glas	19
	Moderat forbedring - glas	20
	Betydelig forbedring - glas	21
	Vindue med isoleringsrude (Tabel 2)	22
	Eksisterende løsning - glas	24
	Moderat forbedring - glas	25
	Betydelig forbedring - glas	26

1 Indledning

FORCE Technology er af Københavns Kommune blevet bedt om at udarbejde dette notat vedrørende støj-dæmpende tiltag for typiske vinduer i byen, som kan afhjælpe støj fra typiske støjkloder i byen, som ikke er trafikstøj.

Notatet redegør først for baggrunden for opgaven. Herefter beskrives i afsnit 2 typiske støjkloder, udvalgt af Københavns Kommune i relation til støj fra trafik, hvilket omfatter kildernes frekvensfordeling og periodicitet. Afsnit 3 indeholder et beslutningsdiagram til bestemmelse af, hvilken enkelttalværdi for lydreduktion, som er relevant at bruge i relation til hver type af støj, som er undersøgt. Afslutningsvis præsenteres den forventede effekt af forbedringstiltag ved hjælp af beregninger.

1.1 Baggrund

Københavns Kommune har en støjpulje, hvor borgerne kan søge støtte til udskiftning af vinduer på den side af en ejendom, der vender ud mod en stærkt trafikeret vej. Der gives støtte til andels- og ejerejendomme samt til private udlejningsejendomme.

Der gives også støtte til demonstrationsprojekter med det formål at øge viden om støjreduktion af boliger, både hvad angår vejstøj, men også andre typer støj fra fx fra natte- og cafélivet, renovationsbiler, vareleveringer og flaskecontainere.

Københavns Kommune ønsker et teknisk notat, der redegør for, i hvilket omfang bylivsstøj frekvensmæssigt overlapper med vejstøj, så de støj-dæmpende vinduer, der støttes gennem puljen, eventuelt også kan have en afledt effekt på bylivsstøj og dermed bidrage til et forbedret akustisk indeklima i de berørte boliger.

FORCE Technology gennemførte i 2023 i samarbejde med arkitektfirmaet PLADS en undersøgelse af støjen fra nattelivet (se [1] og [2]). Som en del af projektet blev støjen målt døgnet rundt i 6 positioner i Nørre Kvarter over 4 uger i juni 2023, og beboernes gener af denne støj blev undersøgt. Erfaringerne fra 2023-projektet indgår i nærværende projekt.

2 Typer af bylivsstøj – trafikstøj kontra anden form for bylivsstøj

2.1 Kilder til ekstern støj i København

Der er mange kilder til ekstern støj i København. Herunder er givet en summarisk gennemgang af eksterne støjkloder, der kan give anledning gener. Derudover kan nabostøj og støj fra erhverv i ejendommen give gener, men generne fra disse vil typisk ikke kunne dæmpes med forbedrede vinduer mod gaden.

Kilder til ekstern støj, der via transmission gennem vinduerne, kan give anledning til støjgener:

- Transportmidler: Person-, vare- og lastbiler, motorcykler, knallerter, busser, tog.
- Bygge- og anlægsarbejder: Maskiner, håndværktøj, kørsel med lastbiler og maskiner.
- Renovation: Kørsel med renovationsbiler, herunder bakalarmer, afhentning af affald, brug af og tømning af affaldscontainere, herunder specielt flaskecontainere opstillet/nedgravet solitært eller i såkaldte sorteringspunkter.
- Varelevering: Kørsel med last- og varebiler, herunder bakalarmer og aflæsning af varer.
- Restauranter: Udeservering, tale og evt. råb fra gæster.
- Barer, natklubber: Tale og råb fra gæster i kø, fra rygere eller forsamlinger af feststemte gæster i gaden.

I dette notat er det valgt at se nærmere på følgende støjkloder, og hvordan de er anderledes end trafikstøj:

- Tømning af flaskecontainere
- Skrig/Råb/verbale udbrud i nattelivet
- Støj ved udeservering (fra gæster).

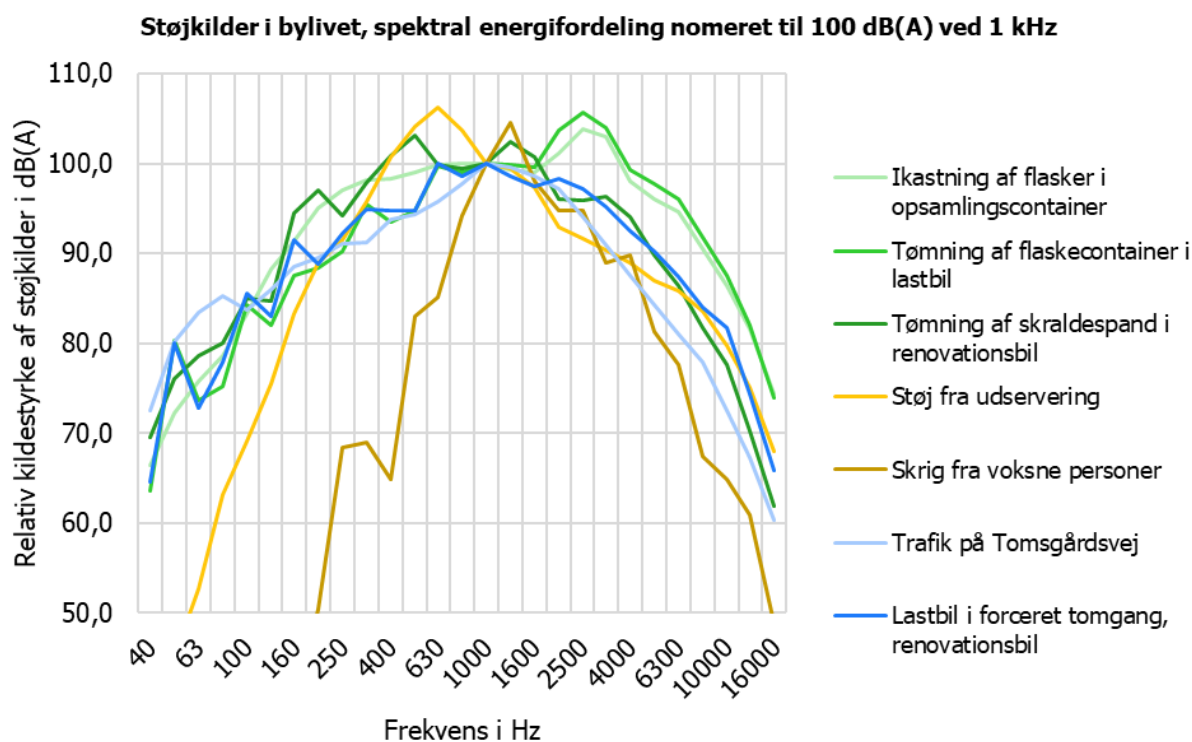
Som reference for typisk trafikstøj er der benyttet målinger fra Tomsgårdsvej i København NV fra 2009 med en skiltet hastighed på 50 km/t. Trafikmængden på Tomsgårdsvej blev i 2010 registreret til ÅDT 32.500 hvoraf 3,4% var tungtrafik.

2.2 Forskelle mellem trafikstøj og anden bylivsstøj

Generne ved bylivsstøj kan ikke alene beskrives ved de sædvanlige måleparametre som A-vægtet lydtrykniveau L_{Aeq} og de genetillæg for tydeligt hørbare toner og impulser, som kendes fra Miljøstyrelsens vejledninger.

Det skyldes blandt andet, at støjkloderne kan være uforudsigelige (fx pludselige råb i gaden), at lydniveauet kortvarigt kan være meget kraftigt (fx tømning af flaskecontainere og affaldsbeholdere), og at nogle typer støj kan foranledige utryghed (fx slagsmål og udrykningskøretøjer). I Figur 4 er der givet eksempler på, hvordan lydniveauets frekvensfordeling kan variere for trafikstøj, affaldshåndtering og "festen i gaden" med råb og skrig. Foruden frekvensfordeling er det tidsmæssige aspekt vigtigt, da fx pludselige og kraftige lyde kan være mere generende. I Bilag 1 er lydniveauets frekvensfordelinger angivet i tidsbidder (time slices), sådan at det tidsmæssige aspekt også kan observeres.

De forskellige former for støjgener, der kan opleves som beboer i København – og kilderne til disse – er nærmere beskrevet i [1].



Figur 1: Frekvensfordeling af typiske støjkloder i byen. Lydtrykniveauerne er normaliseret til 100 dB(A) ved 1 kHz og er derfor ikke udtryk for de egentlige kildestyrker.

3 Identifikation af de mest generende støjkilder

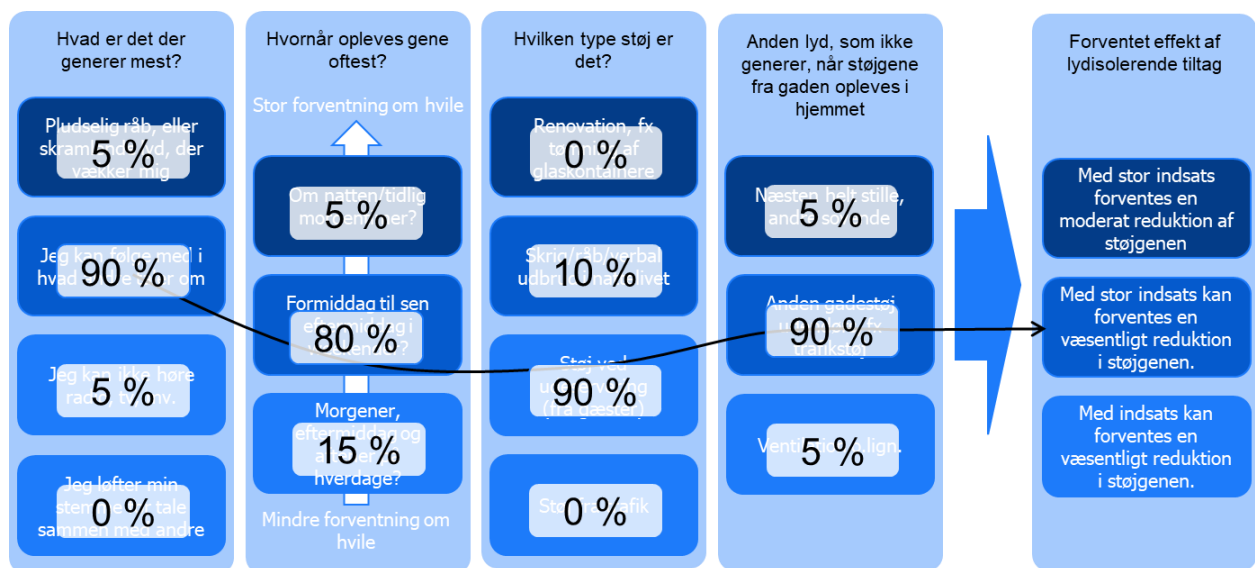
Dette afsnit præsenterer et beslutningsdiagram, der har til formål at guide læseren fra oplevet støjgene til beslutning om relevant løsning til forbedring af lydisolering af vinduer.

I afsnit 2 blev forskellen mellem typiske støjkilder i byen beskrevet med trafikstøj som et fælles referencepunkt. Her beskrives, at gene ikke alene afhænger af lydniveau, men også af konteksten, den opstår i. I beslutningsdiagrammet tages udgangspunkt i, hvornår og hvordan gene opstår i byen. Diagrammet benyttes ved at tage stilling til udsagnene i de fire første søjler og lave en procentvis inddeling af udsagnene i hver søjle. Ved at blande farverne sammen opnås en samlet 'vægtet' farve, der kan holdes op imod den sidste søjle, som udtrykker forventningen til effekten af et lydisolerende tiltag.



Figur 2: Beslutningsdiagram til at udpege den væsentligste kilde til støjgene og forventning til effekt af lydisolerende tiltag.

Ved at benytte diagrammet opnås identifikation af den væsentligste kilde til støjgene og forventningen til effekt af et lydisolerende tiltag. Et eksempel på anvendelse er givet i Figur 3.



Figur 3: Eksempel på anvendelse af beslutningsdiagram. Pilen angiver de dominerende svar og den samlede forventede effekt af et tiltag.

4 Reduktionstal – definitioner og egnethed

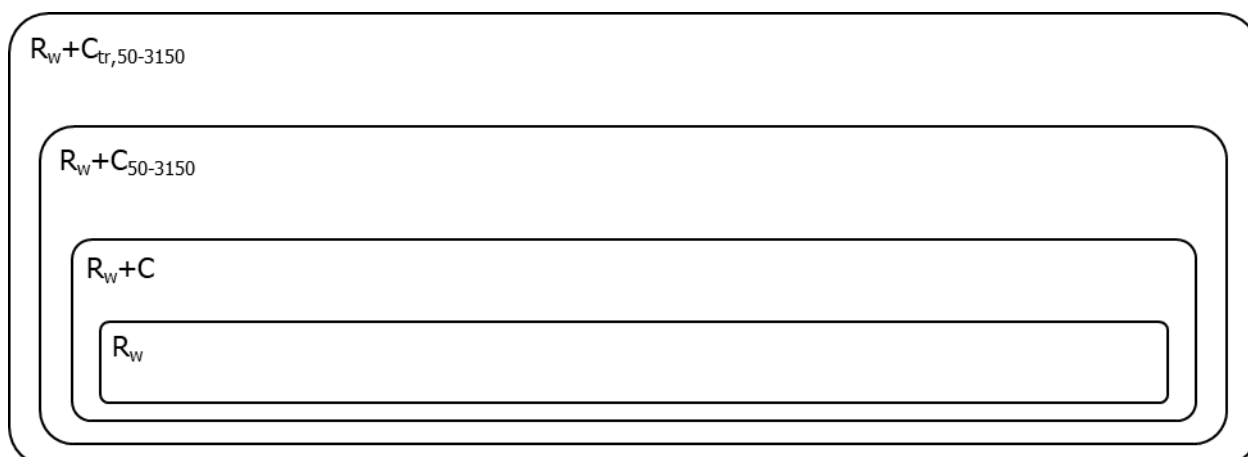
4.1 Hvorfor beskrive lydreduktion med et enkelt tal?

Når man måler lydisolations af en bygningsdel (fx en væg eller et vindue), måles dæmpningen i mange frekvensbånd. For at kunne sammenligne løsninger og videreformidle resultaterne på en enkel måde, samles disse målinger i én værdi – en enkelttalsværdi. Enkelttalsværdier beskriver ikke dæmpningen i de enkelte frekvensbånd, men de giver et hurtigt overblik over, hvor godt en konstruktion dæmper bestemte typer støj. Herunder er beskrevet de typisk anvendte enkelttalsværdier som er relevante for vinduer, og hvordan frekvensfordelingen er vægtet:

- R_w : Den vægtede lydisolations – følger i væsentlig grad lydisolations, der kan forventes af en *plade*, som fx en rude.
- $R_w + C$: Den vægtede lydisolations med C-korrektion – Lydisolations er korrigeret til at lægge vægt på lavere frekvenser svarende til, at der er lige meget energi i hvert frekvensbånd kaldet lyserød støj. Dertil er spektret korrigeret med en A-vægtning, som er den mest typiske korrektion til høresensitivitet. Mange støjkloder, herunder typisk vejtrafikstøj over 80 km/t, følger frekvensmæssigt og/eller komma tilnærmelsesvis lyserød støj.
- $R_w + C_{tr}$: Den vægtede lydisolations med C_{tr} -korrektion – Lydisolations er korrigeret til at lægge vægt på frekvenser, som er væsentlige for typisk trafikstøj i byen. Dertil er der igen korrigeret med en A-vægtning. Det er vigtigt at vide, at C_{tr} -korrektionen er udarbejdet med fokus på vejtrafikstøj ved lave hastigheder, hvor dækstøjen ikke er altdominerende.

Generelt opnås der altid forøgelse af lydisolations med korrektioner, og C_{tr} -korrektionen er i tillæg altid større end C-korrektionen. Med de almindelige C- og C_{tr} -korrektioner dækkes frekvensområdet 100-3150 Hz. Derudover kan man inkludere frekvenser under 100 Hz ved hjælp af $C_{50-3150}$ og $C_{tr,50-3150}$, som er en typiske anvendt nedre frekvensgrænse for produkter.

Sagt med andre ord vil der opnås en forbedring af R_w , når man forbedrer $R_w + C$, men ikke nødvendigvis omvendt. En visuel præsentation heraf ses i Figur 4. Det er værd at tage denne relation mellem enkelttalsværdier i betragtning, hvis flere støjgener ønskes håndteret med samme tiltag, som fx både vejstøj og støj fra udeserveringer.

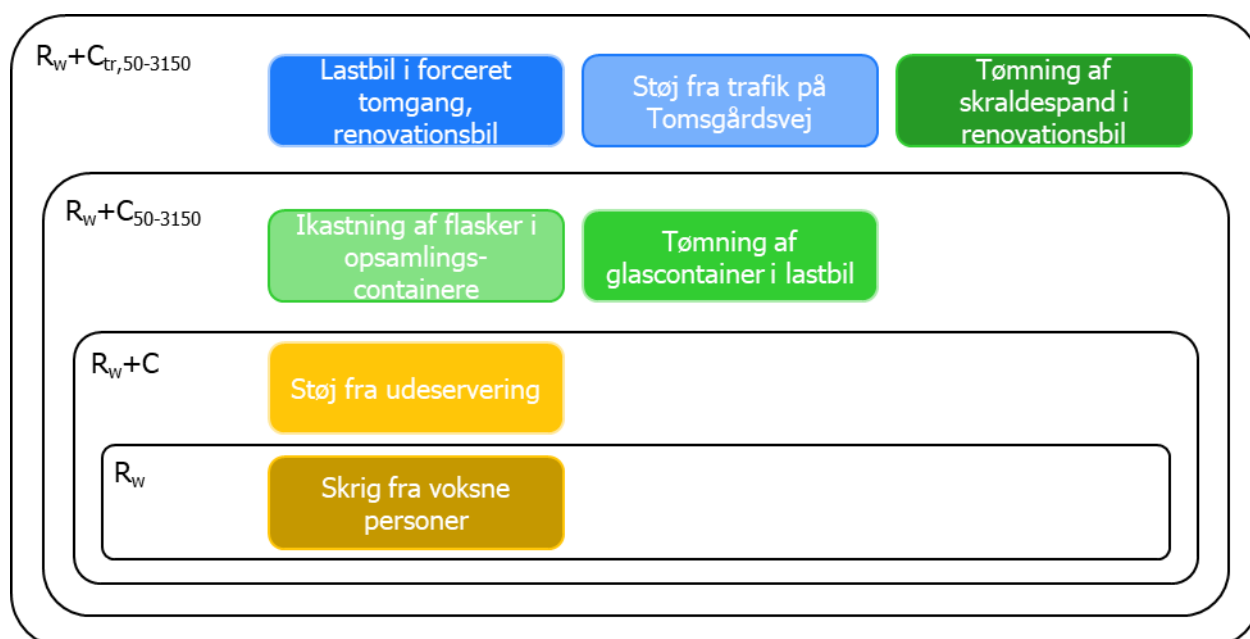


Figur 4: Visualisering af enkelttalsværdier for lydisolations og hvordan de relaterer indbyrdes. Anvendes $R_w + C_{tr}$ som måleparametre, der ønskes forbedret, kan det konkluderes, at også $R_w + C$ og R_w værdierne også forbedres.

4.2 Hvilken enkelttalsværdi skal benyttes?

For at finde den rette enkelttalsværdi, der skal benyttes, skal den relevante støjildes frekvensfordeling betragtes sammen med de frekvenser, som en given enkelttalsværdi lægger vægt på. Frekvensfordelte støjilder fra Figur 1 er gengivet i Bilag 3 sammen med frekvensfordelinger af lydisolationer. Støjværdierne er angivet relativt til typisk trafikstøj i byen målt ved Tomsgårdsvej, København NV. Herved opnås et indtryk af, hvordan hver støjkilde er frekvensmæssigt anderledes end typisk trafikstøj i byen. I figuren ses også frekvensfordelinger af lydisolationer R_w og $R_w + C_{tr}$ relativt til $R_w + C$, som anvendes til vejtrafikstøj i byen.

Med frekvensfordelinger fra Bilag 3 kan de typiske støjilder fordeles i de enkelttalsværdier, som er relevante at opnå forbedring af, hvilket ses af Figur 5. Det skal bemærkes, at fremstillingen viser, at fx $R_w + C_{tr,50-3150}$ sagtens kan bruges som måleværdi for fx Støj fra udeservering, men man vil dermed blot opnå endnu større lydisolation.



Figur 5: Visualisering af enkelttalsværdier for lydisolation, hvordan de relaterer sig til hinanden samt grupperinger af støjilder i byen. Med visualiseringen kan det fx ses, at når der dæmpes for Støj fra udeservering, kan $R_w + C$, $R_w + C_{50-3150}$ og $R_w + C_{tr,50-3150}$ alle anvendes som måleparameteren, som skal forbedres. Sagt med andre ord, man kan nøjes med at anvende $R_w + C$, mens R_w ikke forventes at være tilstrækkelig.

5 Praktiske løsninger

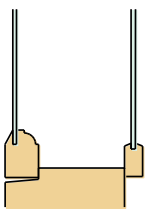
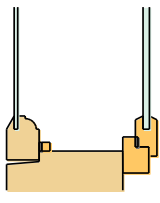
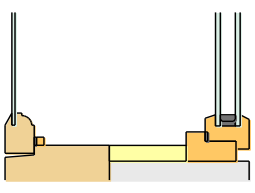
I dette afsnit præsenteres et udvalg af løsninger til forbedring af lydisolationen af vinduer. Tiltagene er baseret på løsninger i SBI 244, hvori der kan findes et udvalg af tiltag. I løsningen der er gengivet, hvor en 2-lags rude udskiftes til en 2-lags lydrude, skal borgerne være opmærksomme på, at det er ruden og ikke hele vinduet der udskiftes. Grundet energikrav i nuværende bygningsreglement er det i de fleste tilfælde ikke tilladt at skifte til nye 2-lags vinduer.

Der tages udgangspunkt i praktiske løsninger af to forskellige typer vinduer, som forbedres med en moderat forbedring. De to typer vinduer er:

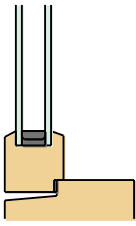
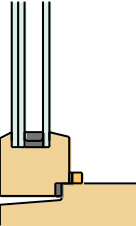
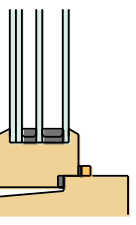
- Eksisterende vindue med ældre forsatsløsning
- Ældre vindue med termorude

Udfordringerne med disse typer vinduer er ofte ringe og ens rudetykkelser og -opbygninger, samt utætheder grundet gamle tætningslister. I tabellerne 1 og 2 findes oversigter for estimerede enkelttalsværdier for disse vinduestyper.

Til fastsættelse af forbedringerne virkning tages udgangspunkt i dels SBI-anvisning 244 og dels beregninger på specifikke vinduer, som er dokumenteret i demonstrationsprojekt i Gate21-projektet "Mindre støj i boliger", jf. RoligBolig.dk samt andre rudeopbygninger som FORCE Technology har set anvendt ifm. andre projekter.

Eksisterende vindue med ældre forsatsløsning						
Beskrivelse og skitse, jf. SBI-anvisning 244		Estimerede enkelttalsværdier i dB jf. Bilag 4				
		R'_w	$R'_w + C$	$R'_w + C_{50-3150}$	$R'_w + C_{tr}$	$R'_w + C_{tr,50-3150}$
	Eksisterende: Vindue m. enkeltrude forbedret med m. ældre enkeltrude på vindueskarm. Middel til god tæthed	25-32	22-29*	22-29*	20-27	19-26*
	Moderat forbedret: Vindue m. enkeltrude forbedret med m. ny enkeltrude på vindueskarm. God tæthed	25-35	23-33*	22-32*	20-30	19-29*
	Betydeligt forbedret Vinduer m. enkeltrude m. forsatsvindue m. alm. tolags isoleringsrude eller lydrude samt evt. karmabsorbent God tæthed	35-45	33-43*	31-41*	30-40	23-33*

Tabel 1: Oversigt over estimerede enkelttalsværdier for vinduer med forsatsløsninger jf. Bilag 4. *tallene er estimeret med udgangspunkt i forskelle i beregnede glasopbygninger

Ældre vindue med termorude						
Beskrivelse og skitse, jf. SBI-anvisning 244		Estimerede enkelttalsværdier i dB jf. Bilag 4				
		R'_w	$R'_w + C$	$R'_w + C_{,50-3150}$	$R'_w + C_{tr}$	$R'_w + C_{tr,50-3150}$
	Eksisterende: Vindue m. alm. Isoleringsrude (ens glastykkelser) Middel til god tæthed	25-28	23-26*	23-26*	20-23	19-22*
	Moderat forbedret: Alm. Isoleringsrude udskiftet til tolags lydrudd God tæthed	30-38	28-36*	28-36*	25-33	25-33*
	Betydeligt forbedret Vindue med trelags isoleringsrude hvor det ene glas er lamineret (lydrude) God tæthed	35-40	32-38*	32-38*	30-35	29-34*

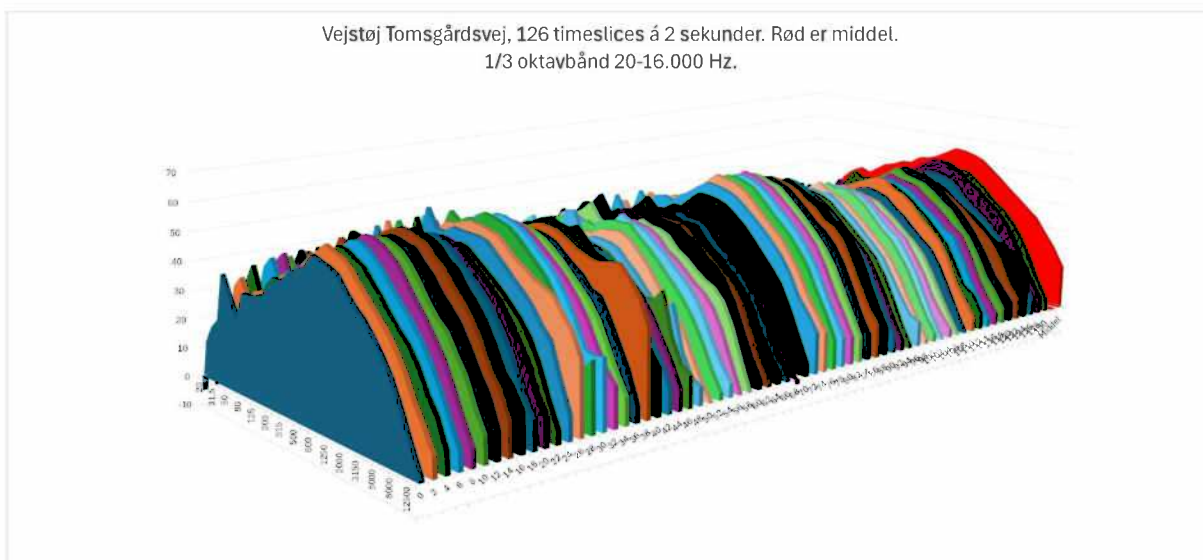
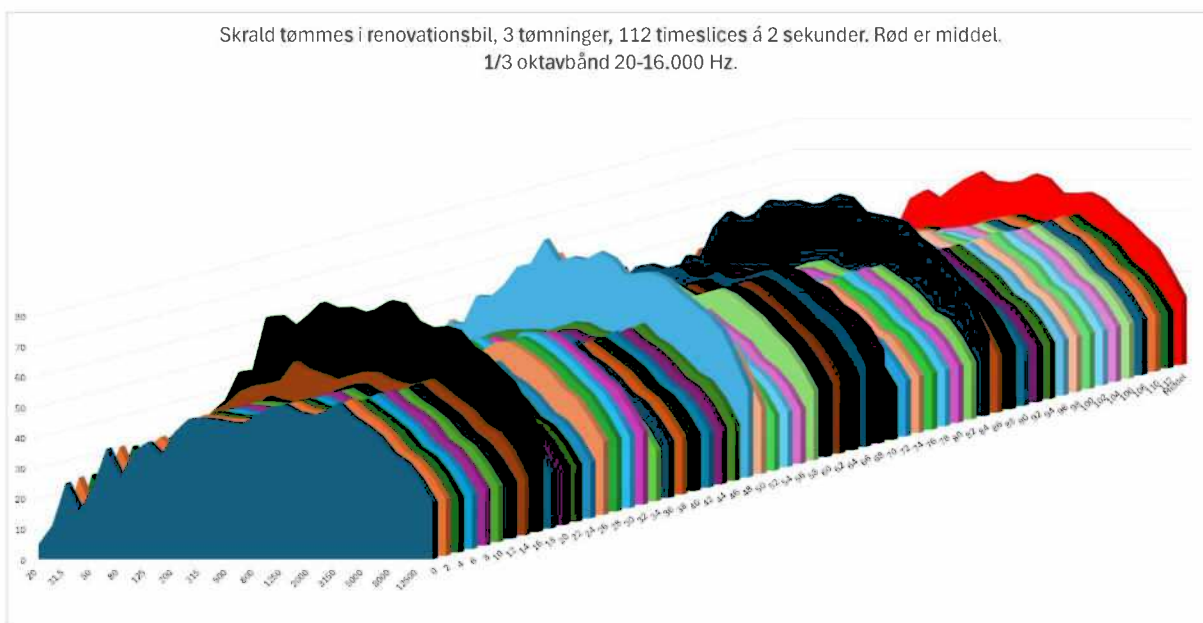
Tabel 2: Oversigt over estimerede enkelttalsværdier for vinduer med termorude eller lydrudd jf. Bilag 4. *tallene er estimeret med udgangspunkt i forskelle i beregnede glasopbygninger

6 Referencer

- [1] PLADS & FORCE Technology, "Undersøgelse af støj i Københavns natteliv / festen i gaden. Kortlægning af eksisterende viden", maj 2023.
- [2] PLADS & FORCE Technology, "Festen i gaden og støj i nattelivet - Undersøgelse i Nørre Kvarter", september 2023. TC-102123. 11. oktober 2023.
- [3] Center for Trafik og Byliv, "Trafikken i København, Trafiktal 2010 – 2014", Forår 2017.
- [4] Rasmussen, B., Petersen, C. M., SBI-anvisning 244, Statens Byggeforskningsinstitut, 2014.

Bilag 1 Variation over tid

Dette bilag viser eksempler på variationer over tid i frekvensfordeling og lydniveau for et lille udvalg af støjen i København vha. tidsbider (time slices) af 2 sekunders varighed. På alle figurerne ses de energimidlede værdier for samtlige timeslices med rødt. Det er sådanne energimidlede støjspektre, der er benyttet ved vurderingerne af de bedst egnede enkelttalsværdier R_w , $R_w + C$ og $R_w + C_{tr}$.



Støj fra udservering, 72 timeslices á 5 sekunder. Rød er middel.
1/3 oktavbånd 20-16.000 Hz.



Bilag 2 Begreber inden for akustik, lyd og støj

Måleparametrene i det følgende er angivet, som de typisk benævnes i Danmark. I litteraturen, både fra udlandet, Miljøstyrelsen og forskrifter fra Københavns Kommune, kan der forekomme afvigende notationer.

Lydniveau og støjgene

Der er ikke en direkte sammenhæng mellem lydniveauet (styrke af en lyd) og de gener, som lyden fremkalder, men generelt vil et højere lydniveau give større gene. Genen af en given lyd kan forenklet beskrives med genemodellen:

$$\text{Støjgene} = \text{Lyd} + \text{Kontekst} + \text{Person}$$

”Lyd” er de objektive parametre, som lyden kan beskrives ved, fx styrke i dB(A), varighed, og frekvensfordeling.

”Kontekst” er de omstændigheder, som lyden opleves under. Hvis man fx er deltager i en gadefest er konteksten anderledes end for den, der forsøger at sove i en lejlighed nær samme gadefest.

”Person” er de personlige forhold, der spiller ind. Hvis man fx ikke kan lide techno-musik, men holder af guitarmusik, vil en gademusikant genere mindre (eller ligefrem skabe glæde) end festen i gaden med techno-musik fra en Soundboks.

I beskrivelsen og forståelse af problemerne med støjen i det københavnske natteliv kan genemodellen medvirke til at skabe en fælles forståelse og beskrivelse af problemerne.

Genen er en kompleks størrelse, som er svær at indregne, når der skal fastsættes støjgrænseværdier. Miljøloven indregner dog to egenskaber ved lyd, som generelt er anerkendt for at give ekstra gener: Toner og impulser. Hvis støjen indeholder tydeligt hørbare toner eller impulser, eller begge dele, gives et genetillæg på 5 dB. Paradoksalt nok er der ikke tradition for at give tonetillæg, når støj fra musik måles. Men impulstillæg kan godt forekomme.

L_{pA} , L_{Aeq} , $L_{pA,max,FAST}$, dB(A), L_r – hvad betyder bogstaverne?

L betyder *Level*, som på dansk er *niveau*.

P betyder *Pressure*, som er *tryk* på dansk.

A betyder at der er tale om en A-vægtet værdi.

E_q betyder, at der er tale om en værdi, der er ækvivalent med middelværdien af støjen i et tidsrum, altså middelværdien.

Max angiver, at det er det maksimale niveau, der er målt i en periode (se også afsnittet om $L_{pA,max,FAST}$).

$FAST$ betyder, at lyden registreres omtrent så hurtigt som et menneske kan registrere lydniveauændringer.

dB betyder *decibel*, altså en tiendedel *Bel*. Når der er tale om lyd og støj er decibel angiver dB et lydniveau eller en lydeffekt.

$dB(A)$ betyder, at værdien er A-vægtet.

L_r er på dansk *støjbelastningen* (r står for engelsk *rating*, som det ikke giver mening at oversætte i denne sammenhæng), der er støjbidraget korrigeret for eventuelle toner og impulser samt varigheden, hvis støjen ikke er konstant. Det er støjbelastningen, som skal sammenholdes med grænseværdien.

A-vægtning

En lydtrykmåler opfatter ikke lyden på samme måde som et menneske. Mennesker hører ikke så godt i det lavfrekvente område og det meget hørfrekvente område, men godt i området ca. 500-5000 Hz. Derfor A-vægter man støjen i lydtrykmåleren, så denne opfatter lyden på nogenlunde samme måde som mennesker.

A-filteret dæmper støjen ved lave og høje frekvenser og lader det midterste frekvensområde være omtrent uændret. Grænseværdier for støj gælder i næsten alle tilfælde det A-vægtede støjniveau. At støjen er A-vægtet, ses i betegnelsen for det man måler, fx L_{Aeq} , og i enheden dB(A).

dB-værdier

Lyd og støj er trykvariationer i luften omkring os. Blandt andet fordi disse trykvariationer spænder meget vidt, fra 20 μPa til op til mere end 100.000.000 μPa , har man besluttet at omregne til logaritmiske værdier. Dermed kan det menneskelige hørbare område beskrives som liggende i området ca. 0 til 150 dB(A). 0 dB(A) er det mindste lydniveau vi kan høre (høretærsklen), og 150 dB(A) er uudholdeligt. Ved endnu større lydtryk kan det gøre ondt i ørerne, og man kan få høreskader.

Ulempen ved dB-værdier, at man ikke kan lægge dem sammen uden at skulle lave logaritmiske mellemregninger.

Eksempler:

Hvis der måles 90 dB(A) fra musikken fra én højttaler vil det samlede lydniveau blive 93 dB(A), hvis der tændes endnu en – identisk – højttaler ved siden af. Lydniveauet stiger altså kun med 3 dB selvom lydenergien fordobles.

Hvis der er mere end 10 dB's forskel på støjbidraget fra to støjkluder kan man ikke høre eller måle om den svage støjklude er "tændt" eller ej.

Hvis ét råbende menneske giver et støjbidrag på facaden over værtshuset på 80 dB(A) vil 2 tilsvarende råbende menneske give et støjbidrag på $80+10*\log(2)=83$ dB(A) på facaden.

100 tilsvarende råbende mennesker vil give et bidrag på $80+10*\log(100)=100$ dB(A). Hvis de 50 råbende mennesker forsvinder fra gaden vil det dæmpe støjbidraget til $80+10*\log(50)=97$ dB(A). Hvis der derefter tændes en Sound-boks, der giver et støjbidrag på facaden på 97 dB(A), vil det samlede støjbidrag blive 100 dB(A).

Generelt vil en øgning af støjen på 1 dB ikke kunne høres, en øgning på 3 dB vil de fleste kunne opfatte, og en øgning på 10 dB vil de fleste opfatte som en fordobling af lydniveauet.

Når man taler om forskelle i støjniveauer benyttes A'et ikke i dB-angivelsen. Altså er forskellen mellem 60 dB(A) og 56 dB(A) lig med 4 dB.

Tidsvægtning

Tidsvægtningen beskriver, hvor hurtigt lydtrykmåleren kan registrere ændringer i lydtrykniveauet. Tidsvægtning FAST har en tidsvægtning på 125 millisekunder, og er den mest benyttede i forbindelse med miljøstøj. FAST svarer til hvor hurtigt det menneskelige øre kan opfatte ændringer i lydniveauet.

$L_{pA,max,FAST}$

Det maksimale niveau målt med lydtrykmåleren indstillet med tidsvægtning FAST inden for en periode. Denne værdi benyttes for bl.a. industristøj (herunder ventilationsstøj og bygningstransmitteret støj fra spillesteder og værtshuse), hvor det normalt er en del af grænseværdierne/vilkårene, at $L_{pA,max,FAST}$ i boliger i natperioden ikke må overstige grænseværdien for L_{Aeq} med mere end 15 dB. Dette skal sikre naboerne mod at blive vækket af få kortvarige, støjende hændelser, der kun bidrager lidt til L_{Aeq} . Eksempel: Grænseværdien

for den bygningstransmitterede støj i boligen over fx et værtshus er for L_{Aeq} 25 B(A) i natperioden. Grænseværdien for $L_{pA,max,FAST}$ er 40 dB(A).

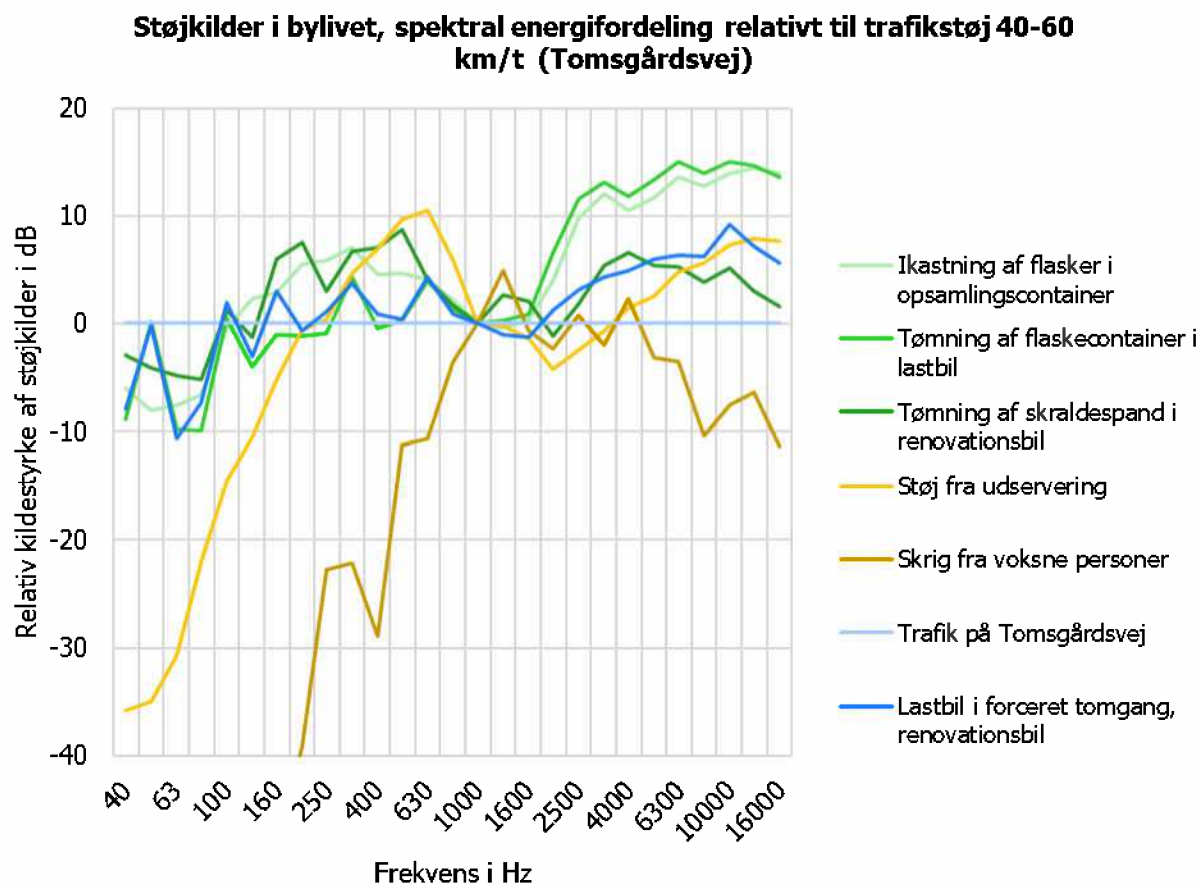
$L_{pA,LF}$

Det A-vægtede støjniveau i det lavfrekvente område 10-160 Hz. I praksis er der tale om L_{Aeq} (middelværdien) i det lavfrekvente område. Hvis der ikke er (særligt meget) lydenergi uden for dette område, er L_{Aeq} og $L_{pA,LF}$ omtrent ens. Der er ikke tradition for at måle denne værdi i forbindelse med støj fra mennesker og musik i restauranter og lignende. Men der er krav til $L_{pA,LF}$ i beboelse, når virksomhed og bolig ligger i samme bygning. Der kan fx være tale om støj fra tekniske installationer (fx udsugningsanlæg) eller støj fra værtshusenes musikanlæg.

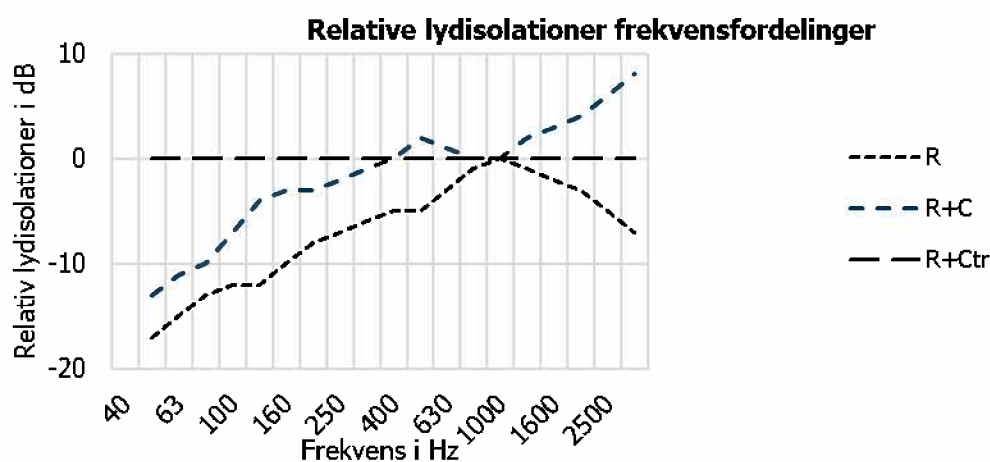
Opdeling af støjen i oktavbånd

Lyd opfattes, transmitteres og dæmpes meget forskelligt afhængigt af frekvensen. Overordnet er lavfrekvent støj (ca. 10-500 Hz) sværere at dæmpe og absorbere end mere højfrekvent støj. Derfor opdeler man frekvensmæssigt lyden i "grupper" inden for hvilke transmissionen (gennem luft og bygningsdele, og over og udenom forhindringer) og absorptionen (virkning af fx akustikplader på vægge og loft) er nogenlunde ens. I forbindelse med typiske kilder i bylivet kan det være i tredjedels- eller heloktaver. I særlige tilfælde, fx ved gener forårsaget af tydelige toner fra eksempelvis ventilatorer, kan man vælge at opdele støjen i de enkelte frekvenser. Når der er tale om vinduer og bygningsdele er der tradition for, at man måler og opgiver lydreduktionen i tredjedels oktaver.

Bilag 3 Normaliserede spektre



Figur 6: Frekvensfordeling af kildestyrker af bystøj. Værdierne er normaliseret ved 1kHz og er relative til kildestyrker for typisk vejtrafikstøj.



Figur 7: Frekvensfordeling af kildestyrker af lydisolationer. Værdierne er normaliseret ved 1kHz og relative til R+C_{tr}, som typisk anvendes for vejtrafikstøj i byen. Det ses af figuren, at R+C_{tr} vægter lavfrekvent støj højere end R og R+C, og vægter højfrekvent støj mindre end R+C.

Bilag 4 Lydisolationsberegning af vinduesløsninger

Bilaget indeholder data og beregningsdeltaljer, som ligger til grund for estimerne i tabel 1 og 2.

Beskrivelser af vinduesløsninger er genvivet fra SBI-anvisning 244.

Lydisolation af rudeopbygninger er beregnet med simuleringsprogrammet Insul version 10.0.6. Rudeopbygninger og afstande er baseret på ruder som FORCE Technology har set dokumenteret ifm. forskellige projekter.

Vindue med forsatsløsning (Tabel 1)

Beskrivelse af vindue:

Eksisterende løsning:

Vindue med enkeltrude forbedret med forsatsramme med enkeltrude på vindueskarm.
Middel til god tæthed

Moderat forbedret løsning:

Vindue med enkeltrude forbedret med forsatsramme med lydrude på vindueskarm.
God tæthed

Betydelig forbedret løsning:

Vinduer m. enkeltrude m. forsatsvindue m. alm. tolags isoleringsrude eller lydrude samt evt. karmabsorbent
God tæthed

Beregnete glasopbygninger:

Eksisterende løsning: 3 mm glas – 100 mm luft – 2 mm glas

Moderat forbedret løsning: 3 mm glas – 100 mm luft – 6 mm lamineret glas

Stor forbedring: 3 mm glas – 180 mm luft – 4 mm glas – 15 mm luft – 6 mm lamineret glas

Øversigt over estimerede enkelttalsværdier for vinduer med forsatsløsninger.

Vindue/rude					
SBI-anvisning 244	R'_w [dB]	R'_{w+C} [dB]	$R'_{w+C,50-3150}$ [dB]	R'_{w+Ctr} [dB]	$R'_{w+Ctr,50-3150}$ [dB]
Eksisterende	25-32	22-29*	22-29*	20-27	19-26*
Moderat forbedret	25-35	23-33*	22-32*	20-30	19-29*
Stor forbedring	35-45	33-43*	31-41*	30-40	23-33*
Bregnede glasopbygninger	R_w [dB]	R_{w+C} [dB]	$R_{w+C,50-3150}$ [dB]	R_{w+Ctr} [dB]	$R_{w+Ctr,50-3150}$ [dB]
Eksisterende	36	33	33	28	27
Moderat forbedret	43	41	40	34	33
Stor forbedring	49	47	45	42	37

Tabel 3: Øversigt over estimerede enkelttalsværdier for vinduer med forsatsløsninger. Øverst: Estimerede værdier i boliger markeret med sort, er gengivet fra SBI-anvisning 244. Tallene i grå, markeret med * er estimeret med udgangspunkt i forskelle i beregnede glasopbygninger. Nederst: Beregnede værdier for rudeopbygninger.

Eksisterende løsning - glas

Sound Insulation Prediction (v10.0.6)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2023 | Margin of error is generally within Rw ±3 dB

Date: 05-02-2026

Job Name:

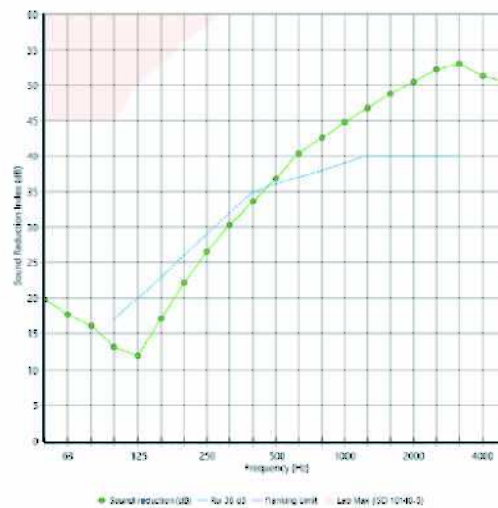


Rw 36 dB
C -3 dB
Ctr -8 dB

System description

Pane 1 : 1 x 3 mm Glass
 Cavity : 100 mm
 Pane 2 : 1 x 2 mm Glass
 Details : Energy-based model | Panel Size : 1.3 m x 1.5 m, Partition surface mass = 12.2 kg/m², Mass-air-mass resonant frequency = : 109 Hz

freq. (Hz)	R (dB)	Roct (dB)
50	20	
63	18	18
80	16	
100	13	
125	12	14
160	17	
200	22	
250	27	25
315	30	
400	34	
500	37	36
630	40	
800	43	
1000	45	44
1250	47	
1600	49	
2000	50	50
2500	52	
3150	53	
4000	51	51
5000	50	



- Key No. 3726 | Initialsrsh | File Name: Insul

Moderat förbedring - glas

Sound Insulation Prediction (v10.0.6)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2023 | Margin of error is generally within $R_w \pm 3$ dB

Date: 05-02-2026

Job Name:



R_w 43 dB

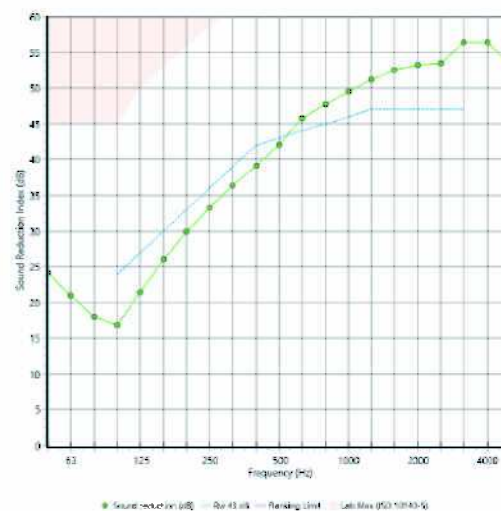
C -2 dB

Ctr -9 dB

System description

Pane 1 1 x 3 mm Glass
 Cavity (Timber sash) : 100 mm
 Pane 2 1 x 6,38 mm Laminated Glass (SGG Stadip Silen...
 Details Energy-based model, Panel Size : 1.3 m x 1.5 m, Partition surface mass = 22.3 kg/m², Mass-air-mass resonant frequency = : 84 Hz

freq. (Hz)	R (dB)	Roct (dB)
50	24	
63	21	20
80	18	
100	17	
125	21	20
160	26	
200	30	
250	33	32
315	36	
400	39	
500	42	42
630	46	
800	48	
1000	50	49
1250	51	
1600	52	
2000	53	53
2500	54	
3150	56	
4000	56	55
5000	53	



- Key No: 3726 | Initials:shs | File Name:insul

Betydelig forbedring - glas

Sound Insulation Prediction (v10.0.6)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2023 | Margin of error is generally within ± 3 dB

Date: 17-02-2026

Job Name:

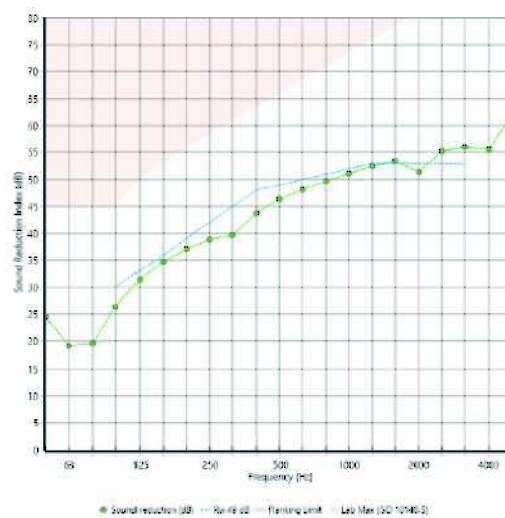


Rw 49 dB
C -2 dB
Ctr -7 dB

System description

Pane 1 1x 3 mm Glass
Cavity (Timber sash): 180 mm
Pane 2 1x 4 mm Glass
Cavity : 15 mm
Pane 3 1x 6.38 mm Laminated Glass (generic PVB)
Details Energy-based model, Panel Size: 1.3 m x 1.5 m, Partition surface mass = 52 kg/m², Mass-air-mass resonant frequency = 170 Hz, 270 Hz

freq. (Hz)	R (dB)	Roct (dB)
50	24	
63	19	20
80	20	
100	26	
125	31	29
160	35	
200	37	
250	39	38
315	40	
400	44	
500	46	46
630	48	
800	50	
1000	51	51
1250	52	
1600	53	
2000	51	53
2500	55	
3150	56	
4000	56	57
5000	62	



- Key No. 3726 | Initialcrshts | File Name:insul

Vindue med isoleringsrude (Tabel 2)

Beskrivelse af vindue:

Eksisterende løsning:

Vindue med almindelig isoleringsrude (ens glastykker)

Middel til god tæthed

Moderat forbedret løsning:

Alm. Isoleringsrude udskiftet til tolags lydrudd, hvor det ene glas er lamineret

God tæthed

Betydelig forbedret løsning:

Vindue med tre-lags lydrudd, hvor det ene glas er lamineret

God tæthed

Beregnete glasopbygninger:

Eksisterende løsning: 4 mm glas – 12 mm luft – 4 mm glas

Moderat forbedret løsning: 4 mm glas – 16 mm luft – 8 mm lamineret glas

Betydeligt forbedret løsning: 6 mm glas – 16 mm luft – 4 mm glas – 14 mm luft -8 mm lamineret glas

Oversigt over estimerede enkelttalsværdier for vinduer med isoleringsruder:

Vindue/rude					
SBI-anvisning 244	R'_w [dB]	R'_{w+C} [dB]	$R'_{w+C,50-3150}$ [dB]	R'_{w+Ctr} [dB]	$R'_{w+Ctr,50-3150}$ [dB]
Eksisterende	25-28	23-26*	23-26*	20-23	19-22*
Moderat forbedret	30-38	28-36*	28-36*	25-33	25-33*
Betydelig forbedret	35-40	32-38*	32-38*	30-35	29-34*
Beregnete glasopbygninger	R_w [dB]	R_{w+C} [dB]	$R_{w+C,50-3150}$ [dB]	R_{w+Ctr} [dB]	$R_{w+Ctr,50-3150}$ [dB]
Eksisterende	35	33	33	30	29
Moderat forbedret	40	38	38	34	34
Betydelig forbedret	42	39	39	35	34

*Tabel 4: Oversigt over estimerede enkelttalsværdier for vinduer med isoleringsruder. Øverst: Estimerede værdier i boliger markeret med sort, er gengivet fra SBI-anvisning 244. Tallene i grå, markeret med * er estimeret med udgangspunkt i forskelle i beregnede glasopbygninger. Nederst: Beregnede værdier for rudeopbygninger.*

Eksisterende løsning - glas

Sound Insulation Prediction (v10.0.6)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2023 | Margin of error is generally within ± 3 dB

Date: 04-02-2026

Job Name:

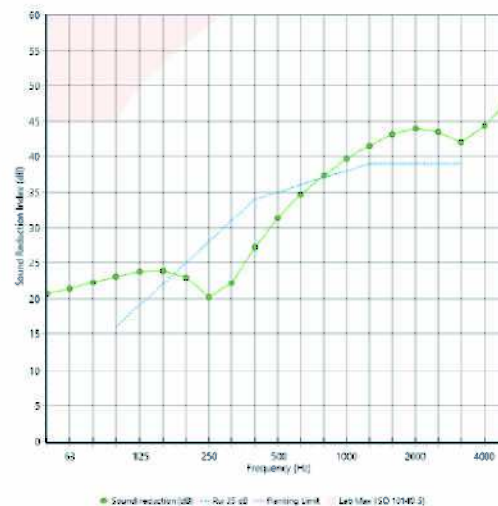


Rw 35 dB
C -2 dB
Ctr -5 dB

System description

Pane 1 1 x 4 mm Glass
 Cavity (Timber sash) : 12 mm
 Pane 2 1 x 4 mm Glass
 Details Energy-based model, Panel Size 1.3 m x 1.5 m, Partition surface mass = 19.4 kg/m², Mass-air-mass resonant frequency = 1245 Hz

freq. (Hz)	R (dB)	Roct (dB)
50	21	
63	21	21
80	22	
100	23	
125	24	24
160	24	
200	23	
250	20	22
315	22	
400	27	
500	31	30
630	35	
800	37	
1000	40	39
1250	42	
1600	43	
2000	44	43
2500	43	
3150	42	
4000	44	44
5000	48	



- Key No. 3726 | Initial: rshs | File Name: insul

Moderat forbedring - glas

Sound Insulation Prediction (v10.0.6)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2023 | Margin of error is generally within $R_w \pm 3$ dB

Date: 18-02-2026

Job Name:



R_w 40 dB

C -2 dB

Ctr -6 dB

System description

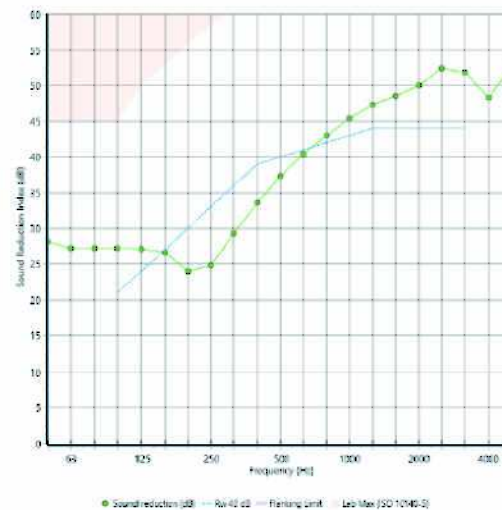
Pane 1 1 x 4 mm Glass

Cavity : 16 mm

Pane 2 1 x 6.38 mm Laminated Glass (GGG Stopp Silen...

Details Energy-based model, Panel Size: 1.3 m x 1.5 m, Partition surface mass = 29.6 kg/m², Mass-air-mass resonant frequency = 205 Hz

freq. (Hz)	R (dB)	Roct (dB)
50	28	
63	27	27
80	27	
100	27	
125	27	27
160	27	
200	24	
250	25	25
315	29	
400	34	
500	37	36
630	40	
800	43	
1000	45	45
1250	47	
1600	49	
2000	50	50
2500	52	
3150	52	
4000	48	50
5000	52	



- Key No: 3726 | Initialsrsh: | File Name:insul

Betydelig forbedring - glas

Sound Insulation Prediction (v10.0.6)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2023 | Margin of error is generally within $R_w \pm 3$ dB

Date: 18-02-2026

Job Name:

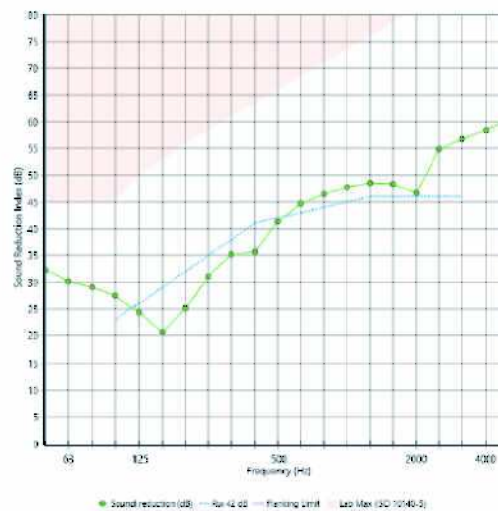


R_w 42 dB
 C -3 dB
 C_{tr} -7 dB

System description

Pane 1 : 1 x 6 mm Glass
 Cavity : 16 mm
 Pane 2 : 1 x 4 mm Glass
 Cavity : 14 mm
 Pane 3 : 1 x 6.38 mm Laminated Glass (SGG Stadiop Slen...
 Warning : **Triple glazing has not been validated with glazing thickness > 7.5 mm or width > 300mm**
 Details : Energy-based model, Panel Size: 1.3 m x 1.5 m, Partition surface mass = 44.1 kg/m², Mass-spring-mass resonant frequency = 1156 Hz, 334 Hz

freq. (Hz)	R (dB)	Roct (dB)
50	32	
63	30	30
80	29	
100	28	
125	24	23
160	21	
200	25	
250	31	29
315	35	
400	36	
500	41	39
630	45	
800	47	
1000	48	48
1250	49	
1600	48	
2000	47	49
2500	55	
3150	57	
4000	58	58
5000	60	



- Key No. 3726 | Initials:zhd | File Name:insul