

Støjgener!

Hvordan opnås den bedste støjisolering af vinduer?

Af Thomas Kampmann, cand. polyt., arkitekt maa., tk@byggningsbevaring.dk

Nye forsøg har vist hvordan man billigt og enkelt opnår den bedste reduktion af støj gennem vinduer i gamle huse.



Generelt om støj

I takt med samfundets udvikling, og at vi får flere penge til rådighed, øges støjniveauet desværre kraftigt. Især gennem den voldsomme vækst i trafikken med flere og flere fly, hurtigere tog og især væksten i antal og brug af biler. Støjen virker stærkt generende på mange mennesker med søvnløshed og stress til følge. At støjgener har stor økonomisk betydning ses af de store beløb som afsættes for at begrænse støjen - uden at pengene dog kan følge med væksten i problemet! Folketinget har lige afsat 100 millioner kr. over de næste 6 år til støjbekæmpende foranstaltninger mod vejstøj. Det anslås at 700.000 boliger er støjplagede. Desuden kan den økonomiske betydning direkte aflæses af huspriserne i forhold til hvor støjplagede de er. Den bedste løsning er selvfølgelig at begrænse støjen ved kilden, men det er desværre ofte en meget besværlig vej at gå for den enkelte husejer/lejer. Prøv bare at begrænse morgentrafikken ind til de store byer! En mulighed der er lettere at gennemføre er, at indrette sin bolig så den støjisolerer bedst muligt.

Her skiftede man de oprindelige vinduer til nye termovinduer i november 2003. De nye vinduer støjisolerer ca. 32/ 27 dB ($R_w / R_w + C_{tr}$), havde man i stedet for istandsat de gamle og monteret gode forsatsruder med tykt glas, havde man opnået 46/ 36 dB 's dæmpning! 8-10 dB 's dæmpning svarer til at lydniveauet halveres.



Nye målinger viser hvordan man enkelt og billigt opnår den mest effektive lyd reduktion i ældre bygninger med traditionelle vinduer. Det opnås ved at montere forsatsvinduer med 6-8 mm tykt glas, samt at tætte både de ydre og indre rammer med tætningslister. Grundejernes Investeringsfond har givet penge til undersøgelsen som er udført af Raadvad Centeret . Laboratiemålinger blev udført hos DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik i Århus i samarbejde med Raadvad Centeret [1].

Hvis glasset i forsatsrammerne er energiglas opnås også den bedste varmeisolering, som f.eks. har et varmetab på kun 2/3 af et tilsvarende nyt træ/alu vindue, selv når dette er forsynet med en

energirude. Det er derfor muligt på en gang at opnå både optimal lyd- og varmeisolering. Raadvads Bygningssyn og arkitekter har gennem flere år gennemgået flere hundrede bygninger og erfaringer herfra, og adskillige syn af vinduer, viser at 95 % af de oprindelige vinduer er i en sådan tilstand, at de med fordel kan istandsættes ^{[2] [3]}.

Hvordan måles støj:

Støj måles i decibel (dB) som er en logaritmisk skala. Det betyder at hver gang et lydtryk stiger med 8-10 dB, opfattes det af det menneskelige øre som en fordobling af støjens styrke. Ifølge Bygningsreglementet må støjniveauet inde i vores boliger højst være på 30 dB. Bor man ud til en stærkt trafikeret gade vil støjniveauet i en afstand på 10 m være på omkring 70 dB.

Der er stor forskel på hvordan lyden opfører sig, og hvor generende den er. Især de lave frekvenser volder problemer, da de er svære at begrænse. Tonehøjden, frekvensen, måles i Hertz (Hz). Mennesket kan høre dybe toner fra ca. 20 Hz op til de højeste på 20.000 Hz – klartonen i en telefon er på 440 Hz, kammertonen.

Støjkilde	Støjniveau i dB(A)
trykluftbor	115
benzindreven motorkædesav	105
Stærkt trafikeret motorvej	80
Stærkt trafikeret hovedvej	75
Ringvej/indfaldsvej	70
Trafikeret bygade	65
Stile bygade	60
Boligvej	under 55
Bibliotek	35
Hvisken	20

*Skema der angiver forskellige lydtryk
Tallene for vejene angiver det
gennemsnitlige støjniveau 10 meter fra
vejen.*

Hvor meget trafikstøj kommer der ind i stuen:

Vinduer er ofte det svageste led, hvor støjer trænger ind i vore boliger, både gennem selve vinduet samt fugen rundt omkring i murhullet. Man skal dog også være opmærksom på ventilationsåbninger, samt støj gennem tage og ydermure. Man kan ikke umiddelbart beregne lydniveauet indendørs ud fra støjen ude og lydreduktionen af vinduet. Hertil kræves et beregningsværktøj der tager hensyn til det samlede vinduesareal, størrelsen af rummet, efterklangtid mm. En simpel anvisning til at beregne hvor meget støj der trænger ind i boligen kan ses i SBI anvisning nr. 196, "Indeklimahåndbogen", 2. udgave 2000, side 161-163.

Hvad kan man gøre for at begrænse støj gennem vinduer:

De mest betydende parametre for at opnå høj lydreduktion er at vinduet er tæt, at der er stor afstand mellem ruderne, at det er "asymmetrisk" opbygget med forskellige glastykkelser samt tyngden af glassene. Yderligere har det en positiv effekt at vinduerne næsten er i plan med muren ^[4].

Medens der ikke er forskel på de energimæssige forhold mellem et forsats- og koblet vindue, er forsatsløsningen, med cirka 120 mm rudeafstand, klart den mest fordelagtige når man taler om lydisolation.

Vinduer med termo/ energiruder med oftest ens glastykkelse og meget lille glasafstand (typisk 12-15 mm), kan derfor være dårlige til at dæmpe lyden. Det ses da også at nogle nye lydæmpende termovinduer er forsynede med en indvendig forsatsrude (og altså har tre lag glas ialt).

Fremtidig støj mærkning af vinduer samt om rude- kontra vinduesværdier:

Når den harmoniserede produktstandard for vinduer og døre i henhold til EU's Byggevedirektiv foreligger om kort tid, vil vinduers lydisolerende egenskaber være en del af CE mærkningen. Lydisolationen kan enten foreligge som en måling på anerkendt laboratorium, som f.eks. på laboratoriet DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik, eller ud fra tabellagte rudeværdier. Eftersom rudeværdier ikke er særlig præcise (de tager af gode grunde ikke hensyn til vinduets ramme/karmkonstruktion, rudestørrelser og utætheder), skal tabelværdier være "sikre", det vil sige lave. De er derfor ikke særlig attraktive for vinduesproducenterne. På energiområdet er det omvendt, idet center eller rude U-værdi, der er et mål for isoleringsevnen midt på ruden, ofte er bedre dvs. lavere, end hele vinduet U-værdi. Rude U-værdier kan være helt ned til det halve af hele vinduets U-værdi - men selvfølgelig er det værdien for hele vinduet der er relevant for brugeren.

Hvordan angives vinduers lydisolerende egenskaber:

Lydisolation angives som det vægtede reduktionstal eller R_w værdien. Des højere tal, des bedre lydisolation. Reduktionstallet fremkommer i relation til en referencekurve som et vægtet tal ud fra lydisolationen indenfor alle frekvensbånd, fra de lave til de høje toner. Der blev målt fra 100 Hz til 5000 Hz. For bedre at illustrere trafikstøj, der udgør hovedproblemet i mange tilfælde, suppleres den enkle R_w værdi med en korrektions led C_{tr} , der tager hensyn til lavfrekvent støj fra f.eks. rytmisk musik og bytrafik. I denne artikel angives målingerne derfor således: $R_w / R_w + C_{tr}$ (andre gange opgives endnu et korrektions led C der beskriver støj fra intern boligaktivitet, høj- og mellemhastigheds jernbane samt motorvej) ^[5].

R_w værdien er en værdi der er målt i laboratorium under ideelle betingelser. Ved lydmåling i det færdige byggeri anvendes den såkaldte feltværdi R'_w der typisk er 2-3 dB lavere end R_w værdien.

Målingerne:

Prøvevinduerne blev målt på laboratoriet hos DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik i Århus. Der blev målt på et vindue med koblede - og et med forsatsrammer. På det koblede vindue blev det undersøgt om sprosser har nogen indflydelse på lyddæmpningen – det viste sig ikke at have nogen nævneværdig effekt. Der blev målt på forskellige glas tykkelser samt specielt lydlamineret glas i begge prøvevinduerne. Under målingerne blev der foretaget flere forsøg med ekstra tætning af de ydre rammer på forsatsvinduet, og mellem rammerne på det koblede vindue.

Laboratoriet hos DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik i Århus. Vinduet – her uden rammer – er monteret i en betonvæg mellem det "det støjende rum " og det "det stille rum". Betonvæggen er så isolerende, at man kan regne med at al lyd i det stille rum er kommet gennem vinduet. Der måles i en periode på fire minutter hvor både højttaler og mikrofon bevæger sig. Højttaleren afspiller såkaldt lyserød støj. Det lyder i retning af den støj, man kender fra et tv hvor udsendelserne er slut og der er "sne" på skærmen og er ens lydtryk i alle frekvenser.



Tape på de ydre rammer for at tætte. Her skal man montere trælister med en elastisk tætningsliste som f.eks. silikone- eller Q-lon lister.



Skema med resultaterne af målingerne (EN ISO 140-3, vindue 1230 mm x 1480 mm). Til sammenligning er angivet typiske værdier for termo /energirude vinduer:

Traditionelt dannebrogsvindue med forsatsrammer	Standard vindue uden ekstra tætning	Ekstra tætning af ydre rammer	Ekstra tætning med 40 mm luft for ventilation
glas - luft - glas mm	$R_w / R_w + C_{tr}$ dB	$R_w / R_w + C_{tr}$ dB	$R_w / R_w + C_{tr}$ dB
3 mm enkelt lag glas	22 / 21	30 / 27	28 / 26
normal forsatsglas 3 - 131 - 4	37 / 30	43 / 35	42 / 34
tykt forsatsglas 3 - 127 - 8	41 / 32	46 / 37	-
forsats termorude 3 - 114 - (4- 9 -4)	40 / 33	46 / 37	-
lydlamineret tykt glas 3 - 127 - 44.2	-	47 / 37	46 / 36

Traditionelt dannebrogsvindue med koblede rammer	Standard vindue uden ekstra tætning	Ekstra tætning mellem ydre og koblet ramme	Ekstra tætning med 40 mm luft for ventilation
glas - luft - glas mm	$R_w / R_w + C_{tr}$ dB	$R_w / R_w + C_{tr}$ dB	$R_w / R_w + C_{tr}$ dB
normal forsatsglas 3 - 27 - 4	28 / 24	35 / 30	-
lydlamineret tykt glas 3 - 23 - 44.2	32 / 29	38 / 32	38 / 32

Termovindue til sammenligning, ej målt i denne undersøgelse	$R_w / R_w + C_{tr}$ dB
Typisk termovindue	30 - 34 / 25 - 29
Kraftigt lyddæmpende termovindue	38 - 40 / 32 - 35

Et traditionelt vindue med kun et lag glas lydisolerer dårligere end et termovindue, men allerede hvis det tættes, kan man opnå næsten samme lydisolation nemlig $R_w / R_w + C_{tr} = 30 / 27$ dB. Et koblet vindue med tynde glas i de koblede rammer lydisolerer lidt dårligere end termovinduet (28/24 dB), men monteres tykkere glas og især hvis der tættes mellem rammerne, opnås næsten samme isolering som for et kraftigt lyddæmpende termovindue (38/ 32 dB). Med forsatsvinduer vil man allerede med et 4 mm glas i forsatsrammerne, opnå næsten samme støjisolering som et lyddæmpende termovindue (37/ 30 dB) – og med tykkere glas og tætning af de ydre rammer kommer man helt og på 46/ 36 dB's dæmpning.

Resultater:

Målingerne viste at forsatsvinduet lyddæmper klart bedre end det koblede vindue, hvilket skyldes den langt større afstand mellem glassene. Det svarer til hvad man kunne forvente, ligesom de bedre resultater med tykkere glas i forsats/ den koblede ramme. Derimod overraskede det noget, at det havde så stor virkning med tætning af de ydre rammer på forsatsvinduet, og mellem rammerne på det koblede vindue. Faktisk var støjreduktionen ved at tætnes her større, end ved at montere tykkere glas - men selvfølgelig opnås det bedste resultat med både tykt glas og tætning.

Foto af koblet vindue med tætningsliste. Der kan opnås betydelig reduktion af støj hvis der monteres en tætningsliste mellem de to rammer (kun synligt når der skal pudses mellem rammerne).



Af hensyn til kondens anbefaler man normalt at det inderste glas skal være det tætteste. Det er selvfølgelig stadig rigtigt, men det har stor virkning på støjdemningen, hvis den ydre ramme også tætnes. For at løse eventuelle problemet med kondens, blev der også målt støjisolering hvor 4 cm af tætningen blev fjernet øverst og nederst på hver ramme. Det gav næsten ingen reduktion af lyddæmpningen – og svarer til det princip et svensk firma "Fönster Handværkere" har brugt i årevis.

Billedet viser et meget kraftigt lyddæmpende vindue med forsatsrammer med tykt energiglas (for varmeisoleringen) og med tætningslister for de ydre rammer. Der mangler dog elastisk tætning i listerne. Til trods for at lejligheden vender ud til en smal gade, der er trafikeret med store lastbiler, er der et behageligt lydniveau indendørs.



Bemærk at der ikke opnås bedre lydisolering med en energirude (termorude med energibelægning) i forsatsrammen, end med kun et tykt glas som forsatsløsning. Tilsvarende opnås der kun en lille ekstra forbedring med lamineret, specielt lyddæmpende glas i forsatsrammen. Dette glas kommer først til sin ret ved højfrekvent støj, som f.eks. fra motorvej og jernbane med hurtig kørsel.

Der blev ikke målt på lydisolering med 6 mm glas i forsatsrammerne, men allerede ved denne tykkelse opnås næsten de samme forbedringer som med 8 mm glas.

Yderligere støjreduktion:

Det vil være muligt at opnå endnu bedre støjreduktion hvis forsatsrammerne monteres med større afstand til det ydre vindue, og allerhelst hvis forsatsrammerne monteres på en selvstændig karm direkte i muren (og altså ikke på vindueskarmen) med 200 – 300 mm afstand mellem glassene ^[6].

Meget kort istandsættelses anvisning for eksisterende vinduer samt hvordan de kan støjforbedres:

Løs maling skrubes af med håndskrabejern, evt. rådne trædele udskiftes/udluses. Træet grundes med rigelig mængde rå, koldpresset linolie med svampedræbende fungicid, men uden tilsætning af organiske opløsningsmidler (der bruges \approx 1 liter pr. vindue, afhængig af hvor medtaget træet er). Herefter males der tre gange med linoliemaling af god kvalitet i tynde lag. Der monteres forsatsrammer med elastiske tætningslister så de slutter helt tæt (det er svært at kontrollere om sommeren – og ikke til at undgå at se om vinteren, der må ikke være kondens på indersiden af de ydre glas). Sørg for at forsatsrammerne har så smalle dimensioner som muligt, for at få maksimalt udsyn..



Den ekstra lyddæmpning opnås ved at montere tætningslister for de ydre rammer også. Trælister med en elastisk silikone eller Q-lon liste vil være gode. Kommer der kondens på indersiden af de ydre glas, og man er helt sikker på at forsatsvinduerne er tætte, kan man klippe lidt af tætningslisterne for de ydre rammer af – eller unnlade at tætte ved anverfer og stormkrog, hvor det i forvejen er lidt besværligt.

Har man koblede vinduer kan der opnås stor ekstra støjisolation med tætning mellem rammerne med en simpel tætningsliste klæbet på den ene ramme.

Om vinduesistandsættelse se: Søren Vadstrup, Gode råd om vinduer i ældre bygninger.

Forsats- eller koblede rammer:

Normalt vil de største støjproblemer komme fra gadesiden, medens gården/haven er stille. Derfor vil det ofte være en god løsning at montere forsatsrammer mod gaden, og koblede mod gården/haven. Forsatsrammer har den ulempe at potteplanterne skal flyttes hver gang de skal åbnes – til gengæld kan man istandsætte det ydre vindue med minimale gener for beboerne (der er hele tiden et lag glas), og det er den billigste løsning. De koblede rammer åbnes sammen med de ydre rammer hvilket især er en fordel i køkken og bad – og potteplanterne skal ikke flyttes!

Artiklen om støjisolering af vinduer i gamle huse er en i en række af tre, der er betalt af Grundejernes Investeringsfond. De to andre artikler omhandler livscyklusanalyse og totaløkonomi.

Grundejernes Investeringsfond har desuden under "Projekt vindue" bl.a. betalt for måling af Raadvad vinduerne for lyd- og varmeisolering samt lyskvalitet undersøgelse.

Baggrundsrapporterne og de andre artikler kan ses på www.gi.dk og www.bygningsbevaring.dk

1850 vinduet blev stillet til rådighed af Bøjsø døre og vinduer A/S.

1920 vinduet blev stillet til rådighed af PC vinduer og døre A/S.

Glas i diverse tykkelser og typer (hard-coated energiglas, K Glass samt special støjlamineret Optilam Phon) blev stillet til rådighed af Pilkington Danmark A/S.

Kildehenvisninger:

[1] DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik: Teknisk notat, Laboratoriemåling af lydisolations for Raadvad-vinduerne type 1850 og type 1920, udført for Raadvad Centeret, juli 2003, Henrik S. Olesen.

[2] Vinduets varmetab, Energi-, kondens- og lydforhold for nye og gamle vinduer i ældre bygninger før 1950, maj 2002, Thomas Kampmann.

[3] Gode råd om vinduer i ældre bygninger, vedligeholdelse, istandsættelse og energiforbedring, 2002, Søren Vadstrup.

[4] Fönster med hög ljudisolering mot trafikbuller, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP rapport 1998:26

[5] DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik: Lydisolerende vinduer - en guide fra DELTA, maj 2003

[6] Afskærmning og isolering mod vejstøj, Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 15, 1995.