

VINDUER I ÆLDRE BYGNINGER

Tekniske forbedringer

Arkitektoniske forbedringer

Energimæssige forbedringer

Lydisolering og dagslyskvalitet

Totaløkonomi



VINDUER I ÆLDRE BYGNINGER

Tekst: Arkitekt maa Søren Vadstrup
og arkitekt maa / civ. ing. Thomas Kampmann
Tegninger: Arkitekt maa Søren Vadstrup
Foto: Arkitekt maa Søren Vadstrup
og arkitekt maa / civ. ing. Thomas Kampmann
Layout: Arkitekt maa Anne Lindegaard
Omslag: Tegnestuen Jens V. Nielsen
Tryk: EJ Graphic
ISBN: 87-988882-1-8

Udarbejdet og udgivet med støtte fra
Grundejernes Investeringsfond.

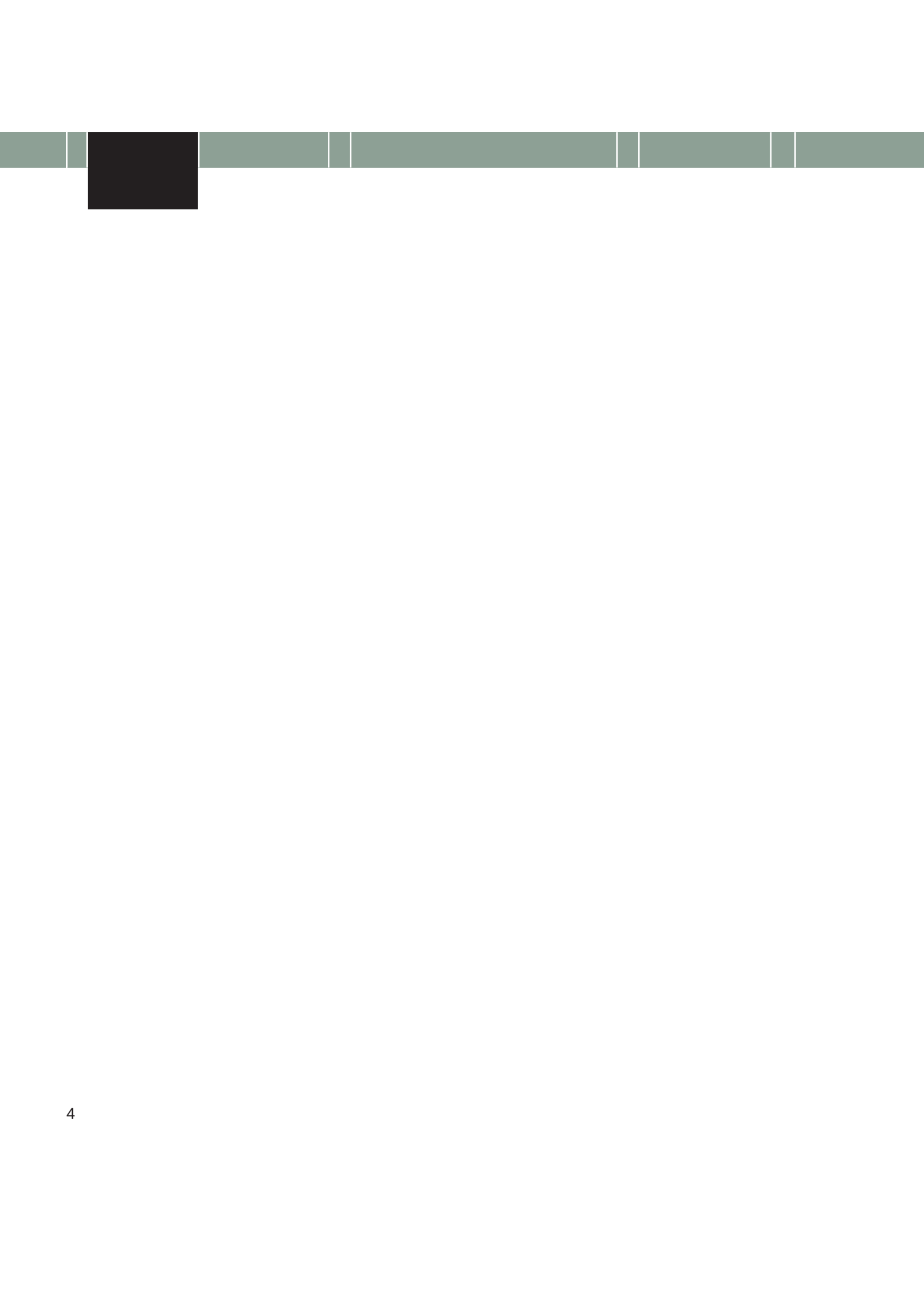
Projektledelse: sbs, Ny Kongensgade 15,
1472 København K. www.sbsby.dk

© Grundejernes Investeringsfond 2004

Indhold

- 1 Forord | 05
- 2 Projektets baggrund | 07
- 3 Raadvad-Vinduet 2002-2003 | 11
- 4 Det arkitektonisk tilpassede vindue | 13
 - Raadvad -Vinduet 1+1 Koblet
 - Raadvad -Vinduet 1+1 Forsats & 1+2 Forsats
- 5 Energiforsatsløsninger 1+1 og 1+2 | 17
- 6 Energiforhold | 19
 - Hot - box målinger og energiberegninger
- 7 Laboratoriemålinger af lydisolations | 21
 - Vinduerne 1850 & 1920
- 8 Vurderinger af dagslysforhold | 23
 - 1+1 Koblet, 1+1 forsats & 1+2 Forsats
- 9 Totaløkonomi | 25
 - For istandsatte samt nye og gamle vinduer
- 10 Samlede resultater Raadvad-Centerets vinduesprojekter | 33
 - Konklusion.
- 11 English summary | 41
 - Old and new windows in old Houses
- 12 Litteratur og kilder | 45





1 Forord

VINDUER I ÆLDRE BYGNINGER er et led i den indsats for bevaring af de ældre vinduer, som Grundejernens Investeringsfond satte i gang i begyndelsen af 2002.

Vi har ønsket, at være medvirkende til, at ejerne og lejerne i den ældre boligmasse får en mulighed for at træffe et fornuftigt valg, når der skal tages stilling til spørgsmålet om bevaring eller udskiftning af vinduerne i ejendommen.

Grundejernens Investeringsfonds vinduesindsats omfatter desuden en CD-Rom : „Viden om Vinduer“ og et beregningsværktøj „Regn på Vinduer“, som bliver udgivet af Lading arkitekter + konsulenter. Endelig udgiver Grundejernens Investeringsfond tillige en kortfattet vejledning for bygherren, som kan kvalificere valget mellem bevaring og udskiftning.

På www.GI.dk findes desuden et antal uddybende arktiler om emnet, samt analysen: „Juridiske og økonomiske problemstillinger ved vinduesrenovering“ udarbejdet af Bjarne Becher Jensen, DLA Nordic.

VINDUER I ÆLDRE BYGNINGER er Søren Vadstrups og Thomas Kampmanns ekstrakt af nogle meget dybtgående undersøgelser, der er gennemført i samarbejde med diverse tekniske institutter for at dokumentere de traditionelle vinduers varmetab, lyd- og lysforhold samt deres samlede økonomi, når deres holdbarhed tages i betragtning.

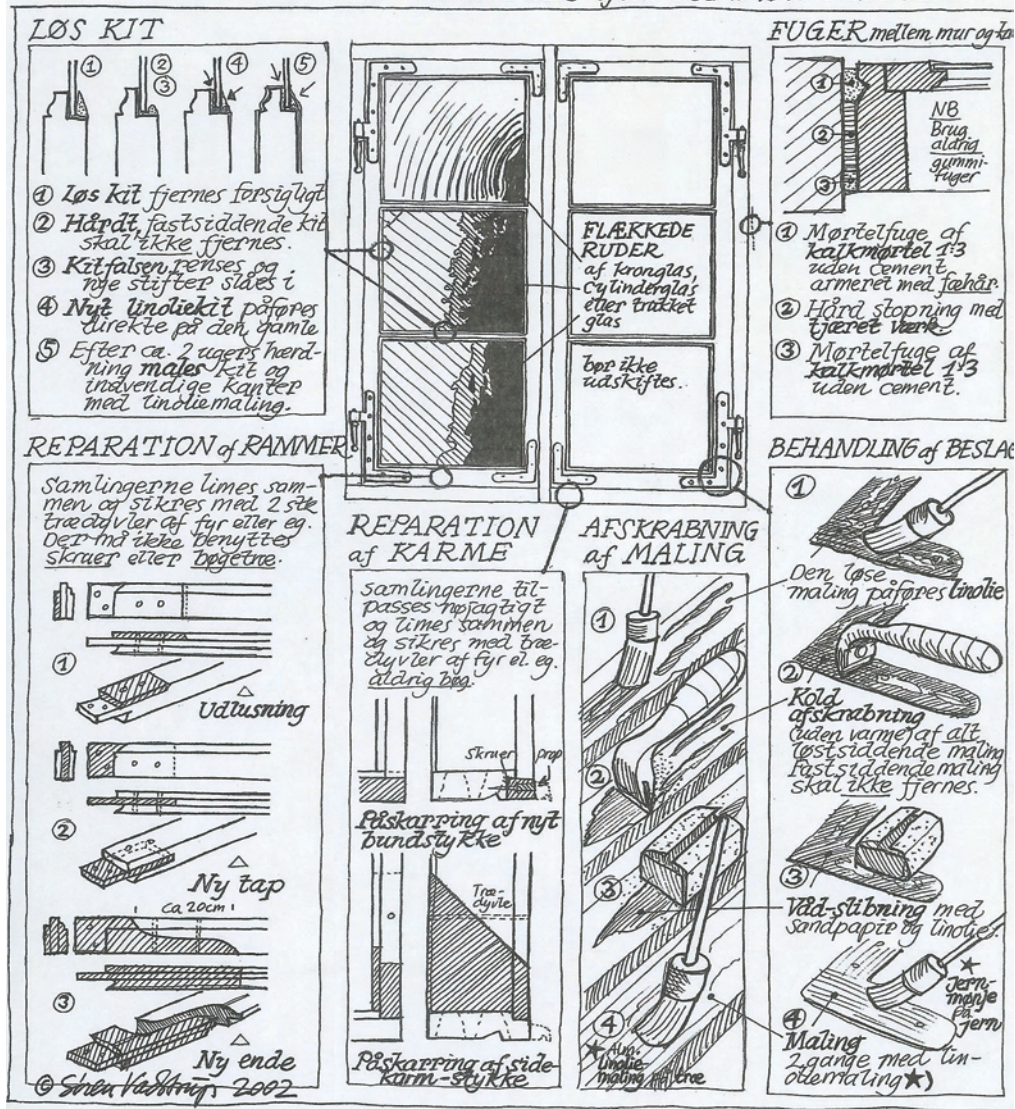
Søren Vadstrup og Thomas Kampmann har ligeledes stået for udviklingen af „Raadvad-Vinduet“, der tager det traditionelle vindues fordele op og raffinerer det til et arkitektonisk tilpasset, nyt vindue, der er velegnet til den bevaringsværdige bygningsmasse.

Grundejernens Investeringsfond har støttet disse initiativer og håber derigennem at bidrage til at samle, dokumentere og formidle seriøse erfaringer og viden om de traditionelle vinduestyper, der er af så stor betydning for den danske bygningskultur.

Lars Axelsen
Adm. Direktør
Grundejernens Investeringsfond

Istandsættelse af vinduer efter Raadvad-Metoden

ISTANDSÆTTELSE AF VINDUER efter RAADVAD-METODEN



2 Projektets baggrund

Grundejernes Investeringsfond's og Raadvad-Centerets forsknings- og formidlingsprojekt „VINDUER i ældre bygninger“ er tredje fase i et længere forløb, der har til formål at afklare en lang række problemer i forbindelse med vinduer i ældre bygninger.

1. Fase 1998 - 2000

Nye rationelle metoder til vurdering, istandsættelse og vedligeholdelse.

I 1998-2000 introducerede Raadvad-Centeret en række nye rationelle metoder til vedligeholdelse og istandsættelse af gamle vinduer, der medfører en væsentlig forbedring og samtidig billiggørelse i forhold til de gængse metoder.

Resultaterne af dette projekt var bl.a.

- Nye, standardiserede metoder til tilstandsundersøgelse, der grupperer vinduerne i 3 kategorier.
- Nye, effektive og miljøvenlige istandsættelsesmetoder, bl.a. miljøvenlig malingsafrensning på træ og jern, ma-

ling med linoliemaling samt rationelle reparationsmetoder.

- Nye standard beskrivelsesværktøjer for istandsættelse gradueret i 3 niveauer:

Almindelig vedligeholdelse, nænsom istandsættelse og total istandsættelse.
- Nyt gennemprøvet vedligeholdelsesprogram for linoliemalede vinduer.
- Nye veldefinerede kvalitets- og udfaldskrav af det udførte arbejde.

Projektets vigtigste resultater viste, at man ved at graduere og effektivisere istandsættelsen, så vinduerne ikke får den store dyre tur, hvis dette ikke er nødvendigt, i de fleste tilfælde kan halvere istandsættelsesprisen for vinduerne. Man skal i stedet tilpasse istandsættelsesmetoderne og graden til den foretagne tilstandsanalyse.

Derudover kan man, ved at sætte vedligeholdelsen i system og kun foretage det nødvendige; men med de nærmere beskrevne materialer og metoder, i mange tilfælde halvere vedligeholdelsesomkostningerne, sammenlignet med gængse metoder.

Denne såkaldte „Raadvad-Metode“ til vedligeholdelse og istandsættelse af gamle vinduer er formidlet videre til offentligheden og byggebranchen gennem informationsmaterialer på internettet. Det er bl.a. sket ved en række detaljerede arbejdsbeskrivelser, gennem bøger og publikationer, faglige artikler, kurser og seminarer samt ikke mindst via en landsdækkende informationskampagne i 1998 med deltagelse af over 100 lokale, tværfaglige arrangørgrupper. Der er samarbejdet med fredningsmyndighederne, kommuner, bevaringsforeninger, håndværkerforeninger, tekniske skoler, håndværksfirmaer, materialeproducenter, byggemarkeder, lokalmuseer, m.fl.

Litteratur:
Vadstrup, Søren:
Gode råd om vedligeholdelse og istandsættelse af vinduer.
Raadvad-Centeret 1998. ISBN 87-984992-3-8

Foto: Åbent hus i Håndværksugen i Raadvad-Centerets udstillingshal, 2000



Sammenlignende beregninger for varmetab, energitilskud og varmeomkostninger

Beregningerne er gældende for dannebrogsvinduer i ældre huse med fire rammer og h.h.v. ingen sprosser (usprosset dannebrogsvindue), én sprosse og småsprosset. Beregningerne er foretaget på vinduer i ens størrelse (116 x 183 cm), men med forskellige materialer og konstruktioner. Derudover er antallet af sprosser i vinduet varieret.

Vinduestype: Usprosset dannebrogsvindue

	U-værdi W/m ² K	Energitilskud kWh/m ² ·år	Varmeomkostn.-Kr /m ² ·år *
1 Oprindeligt vindue med et lag glas	4,4	+294	264,6
2 Oprindeligt vindue og oprindeligt forsatsvindue (alm. glas)	2,4	+125	112,5
3 Oprindeligt vindue og forsatsramme med energiglas (1+1)	1,7	+ 66	59,4
4 Oprindeligt vindue og forsatsenergirude (3 lag glas i alt) (1+2)	1,3	+ 51	45,9
5 Nyt trævindue med termorude 2,8 W/m ² K, gennemgående sprosse	2,5	+138	124,2
6 Nyt trævindue med energirude 1,1 W/m ² K, gennemgående sprosse	1,6	+ 77	79,2
7 Nyt træ/alu termovindue med energirude 1,1 W/m ² K, ægte sprosse	2,0	+ 101	90,9
8 Nyt plastvindue med energirude 1,1 W/m ² K, ægte sprosse	1,8	+ 101	90,9

Vinduestype: Dannebrogsvindue med én sprosse

	U-værdi W/m ² K	Energitilskud kWh/m ² ·år	Varmeomkostn.-Kr /m ² ·år *
1 Oprindeligt vindue med et lag glas	4,4	+295	265,5
2 Oprindeligt vindue og oprindeligt forsatsvindue (alm. glas)	2,4	+127	114,3
3 Oprindeligt vindue og forsatsramme med energiglas (1+1)	1,7	+ 68	61,2
4 Oprindeligt vindue og forsatsenergirude (3 lag glas ialt) (1+2)	1,3	+ 52	46,8
5 Nyt trævindue med termorude 2,8 W/m ² K, gennemgående sprosse	2,5	+142	127,8
6 Nyt trævindue med energirude 1,1 W/m ² K, gennemgående sprosse	1,7	+ 88	79,2
7 Nyt træ/alu termovindue med energirude 1,1 W/m ² K, ægte sprosse	2,2	+121	108,9
8 Nyt plastvindue med energirude 1,1 W/m ² K, ægte sprosse	1,9	+114	102,6

Vinduestype: Småsprosset dannebrogsvindue

	U-værdi W/m ² K	Energitilskud kWh/m ² ·år	Varmeomkostn.-Kr /m ² ·år *
1 Oprindeligt vindue med et lag glas	4,4	+305	274,5
2 Oprindeligt vindue og oprindeligt forsatsvindue (alm. glas)	2,4	+ 136	122,4
3 Oprindeligt vindue og forsats ramme med energiglas (1+1)	1,7	+ 76	68,4
4 Oprindeligt vindue og forsats energirude (3 lag glas ialt) (1+2)	1,3	+ 59	53,1
5 Nyt trævindue med termorude 2,8 W/m ² K, gennemgående sprosse	2,5	+ 168	151,2
6 Nyt trævindue med energirude 1,1 W/m ² K, gennemgående sprosse	2,1	+ 143	128,7
7 Nyt træ/alu termovindue med energirude 1,1 W/m ² K, snydesprosse	2,1	+ 120	108,0
8 Nyt plast vindue med energirude 1,1 W/m ² K, snydesprosse	1,9	+ 122	109,8

* Beregnet med kwh på 0,90 øre svarende til fyringsolie

Type 3 og 4 svarer til Raadvad-Vinduet 1+1
Forsats og Raadvad-Vinduet 1+2 Forsats.

Man vil lægge mærke til, at nogle af de termovinduestyper, bl.a. træ/alu vinduet og plastvinduet isolerer så dårligt, at de ikke kan overholde Bygningsreglementet, hvorfor de rent faktisk er ulovlige at bruge.

Kilde: Thomas Kampmann:
Vinduers Varmetab, Raadvad-Centeret 2002.

2. Fase: 2000-2002

Energiforbedring af vinduer i ældre huse.

En af sideeffekterne ved det ovennævnte projekt var konstateringen af et stort behov for at gå ind i energiforbedringsproblematikken og totaløkonomiproblematikken for bevaring eller udskiftning af vinduer. Derfor gennemførte Raadvad-Centeret i 2000-2001 et nyt forsknings- og udviklingsprojekt om dette, støttet af Energistyrelsen. Dette projekt har omfattet:

- Sammenlignende energiegenskaber for nye og gamle vinduer udført i samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet.
- Totaløkonomi for udskiftning eller bevaring samt energiforbedring.
- Forskning i og udvikling af et nyt industrielt fremstillet, koblet vindue af træ til ældre bygninger (Raadvad-Vinduet), med bedre energimæssige egenskaber end tilsvarende termovinduer.
- Testning af linoliemaling sammen med Teknologisk Institut efter internationale standarder.
- Nøgle til stillingtagen for og imod udskiftning eller bevaring af vinduer.

Projektets resultater viser entydigt, hvad der er kommet som en stor overraskelse for de fleste, at man, ved at istandsætte og energiforbedre gamle vinduer, kan opnå en 30-50% bedre energibesparelse end diverse tilsvarende termo- eller energitermovinduer af træ, plast eller aluminium. Hvad der måske er endnu mere overraskende er, at projektets resultater viser, at de fleste af de termovinduer til ældre bygninger, der sælges i dag, endda er så dårligt isolerende, at de ikke engang opfylder Bygningsreglementet, hvis de sættes i ældre huse.

Som konsekvens af denne nye viden var det naturligt, at gå ind i udviklingen af et nyt typevindue til ældre huse, der både har de samme tekniske og æstetiske kvaliteter, som de oprindelige vinduer og har 30-50% bedre energiegenskaber end tilsvarende termo- eller energitermovinduer. Dette „Raadvad-Vindue“ skal fortrinsvis benyttes i de tilfælde, hvor de gamle, originale vinduer allerede er skiftet ud. Hvis de originale vinduer findes, skal

disse naturligvis bevares og istandsættes. Et andet af projektets resultater viser nemlig, at ca. 95% af de vinduer, der skiftes ud i dag, ikke er så dårlige at udskiftning er nødvendig. Vinduerne kan, rigtigt istandsat og energiforbedret efter Raadvad-metoden, komme til at holde i 200 år eller mere. Det er spild af penge og kulturværdier at skifte disse ud. Desuden belaster man miljøet unødigt.

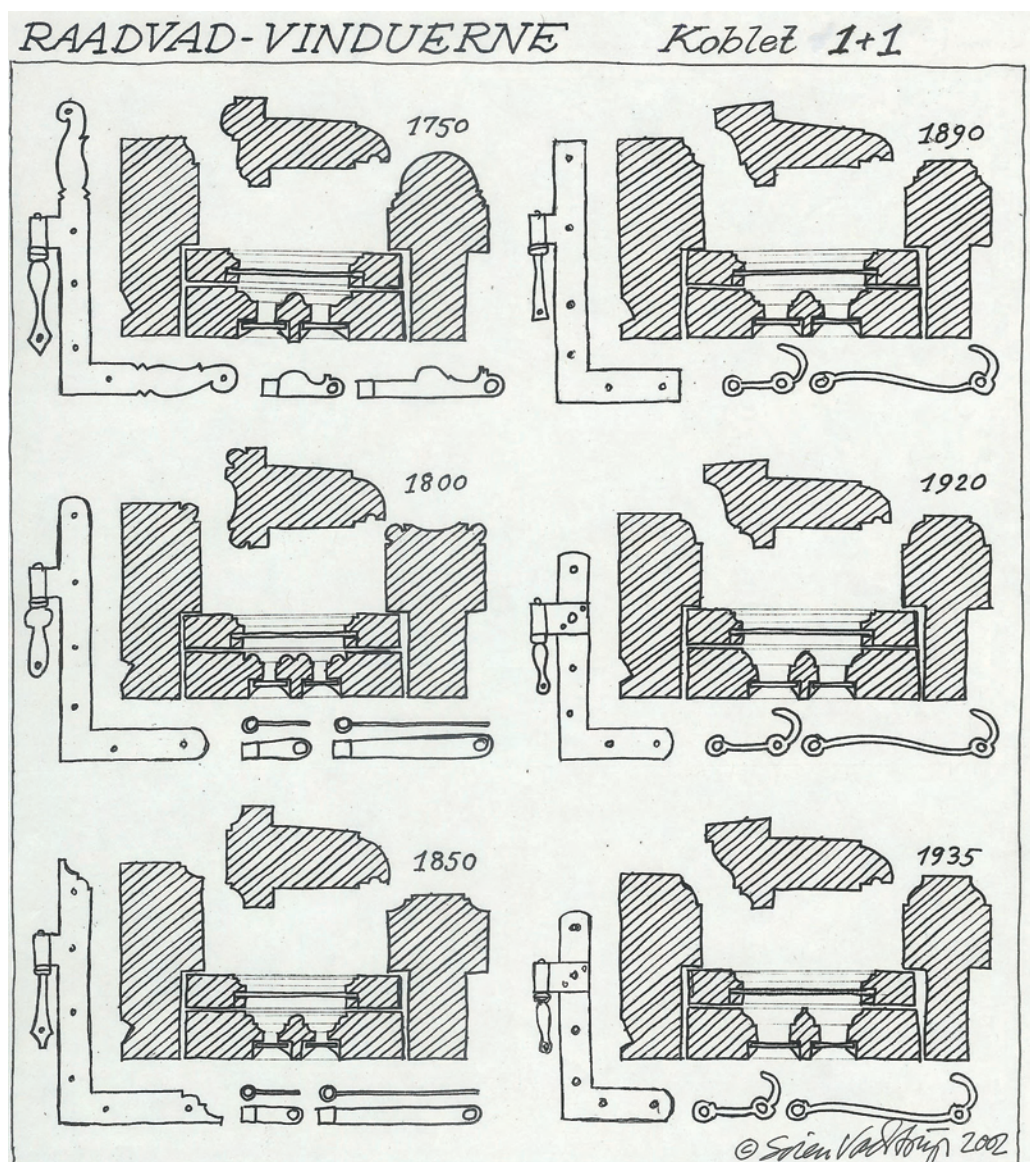
Ud over kurser og seminarer for håndværkere, rådgivere og administratorer er dette projekt formidlet bredt ud til offentligheden og byggebranchen gennem udstillinger og fagmesser, TV (OBS-spot), Internettet, aviser og fagblade, telefonrådgivning, samt via 21 Miljø- og Energi-kontorer landet over.

Raadvad-Centeret har som led i dette produceret videnskabelige rapporter, samarbejdet med andre videntcentre og medvirket til at opbygge særlige faglige netværk, bl.a. Energi Forsats Gruppen.

Litteratur:

Vadstrup, Søren:
Vedligeholdelse og istandsættelse af vinduer.
Raadvad-Centeret 2000.
Vadstrup, Søren:
Total istandsættelse af vinduer af træ.
Raadvad-Centeret 2000.
Vadstrup, Søren:
Gode råd om vinduer i ældre bygninger.
Raadvad-Centeret 2002.
Kampmann, Thomas:
Vinduers Varmetab. Raadvad-Centeret 2002.

Raadvad-Vinduerne koblet 1+1



3 Raadvad-Vinduet 2002-2003

3. Fase 2002 - 2003

Lydforhold, dagslysforhold samt energiforhold og totaløkonomi for nye og gamle vinduer

Det netop gennemførte Vinduesprojekt rejste en række nye spørgsmål, der måtte undersøges og videreudvikles. Derfor har Raadvad-Centeret sammen med GI i 2002-2003 gennemført et nyt forsknings- og udviklingsprojekt, der har omfattet:

- 1 Udvikling af to typer **nye vinduer** til bygninger, ældre end 1950 med energimæssigt og lydmæssigt optimale egenskaber:
Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats:
 Et trævindue med udvendigt trukket glas og indvendigt energiglas (2 lag glas i alt).
Raadvad-Vinduet, 1+2 Forsats:
 Et trævindue med udvendigt trukket glas og en indvendig energitermorude (3 lag glas i alt).
 Vinduerne udføres i 6 profilvariationer svarende til 6 stilmæssige perioder i dansk arkitektur fra 1750-1950. Vinduerne udføres industrielt på 3 danske vinduesfabrikker for at opnå den lavest mulige pris i forhold til de stillede kvalitetskrav.
- 2 Udvikling af to nye typer energiforsatsvinduer til ældre vinduer, med energimæssigt og lydmæssigt optimale egenskaber:
Raadvad Energi-Forsats 1 +1:
 Et overfaldet forsatsvindue af træ med indvendige energiglas (2 lag glas i alt).
Raadvad Energi-Forsats 1+2:
 Et overfaldet forsatsvindue af træ, indvendige energitermoruder (3 lag glas i alt).
 Forsatsvinduerne kan udføres og op-sættes af almindelige snedkerfirmaer.
- 3 Gennemførelse af dokumentation af energiforhold og lydforhold for disse 4 vinduestyper sammenlignet med andre tilsvarende vinduer til ældre bygninger.

- 4 Gennemførelse af supplerende dagslyskvalitetsmålinger, med de samme vinduestyper, i samarbejde med By og Byg. Baggrunden herfor er, at man ved udviklingen af nye vinduestyper med bedre og bedre isoleringsværdier ofte glemmer, at et godt dagslys er vinduets vigtigste mission.
- 5 Supplerende totaløkonomiberegninger for Raadvad-Vinduerne og Raadvad Energi-Forsatsvinduerne inkl. istandsættelse af de gamle vinduer efter Raadvad-Metoden, sammenlignet med nye tilsvarende energitermovinduer af træ, plast og aluminium.

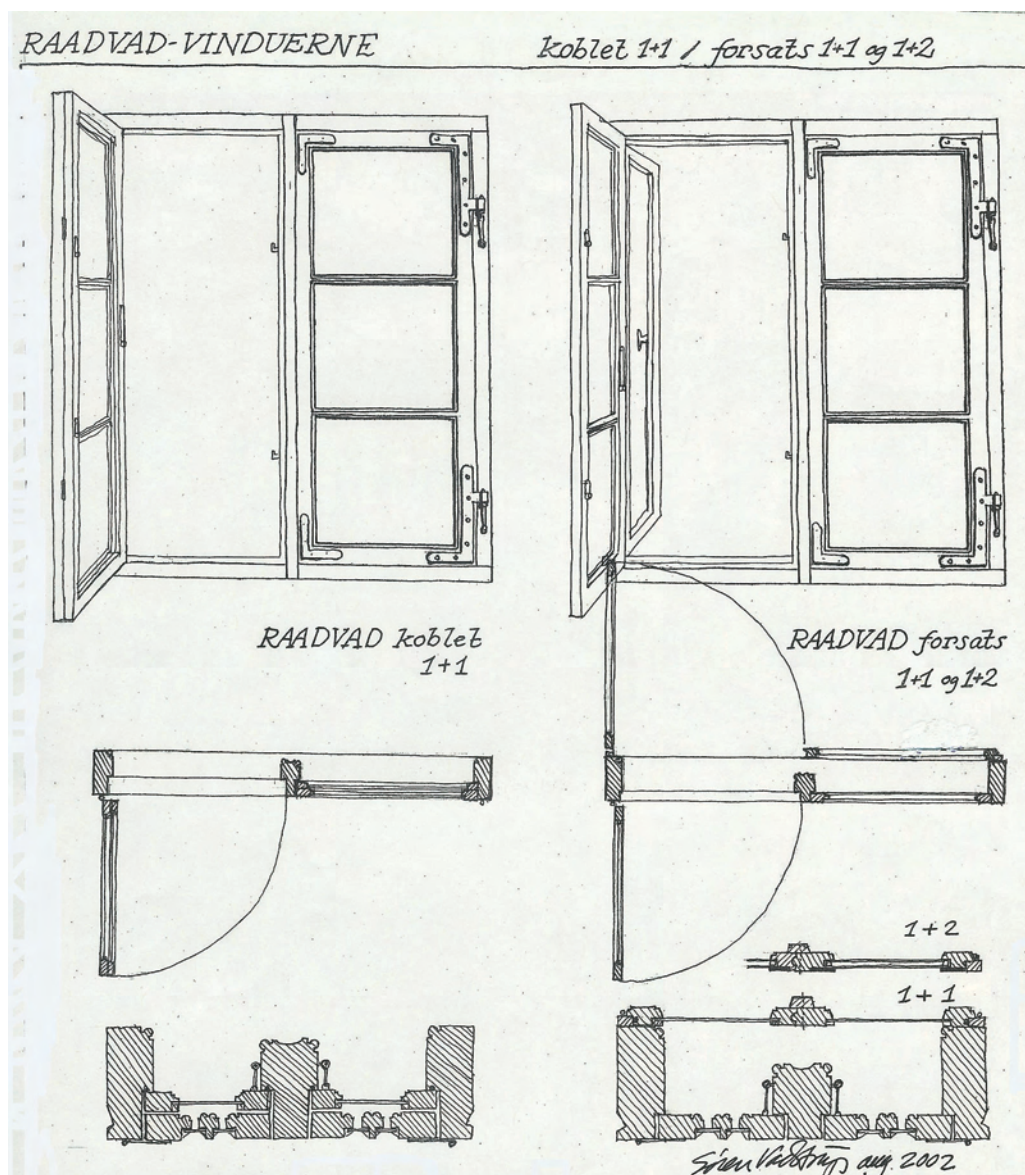
Projektet startede i juni 2002 og sluttede i december 2003. Centerleder, arkitekt m.a.a. Søren Vadstrup har været projektleder og arkitekt m.a.a. og Civ.Ing. Thomas Kampmann har været medarbejder på projektet.

Til at forestå de konkrete forsøg, blev der til projektet tilknyttet følgende konsulenter: Energimålinger og –beregninger: DTU-BYG ved Jacob Laustsen, Lydmålinger: "DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik". ved Henrik S. Olesen og Dagslysundersøgelser: By og Byg ved Kjeld Johnsen.

Sideløbende med GI's Vinduesprojekt har Raadvad-Centeret i september 2002 gennemført en landsdækkende informationskampagne, "Bygningskultur og Håndværksuge" ved Anne Lindegaard & Arne Høi sammen med Kulturarvsstyrelsen og GI, hvor emnet var bevaring af vinduer, og hvor der medvirkede over 100 lokale bevaringsforeninger, håndværkerforeninger, kommuner, tekniske skoler, lokale museer, håndværksfirmaer osv.

Derudover har Raadvad-Centeret i foråret 2003 været konsulent på og medvirket i en TV-serie på 6 programmer på DR-TV "Undervisning" om "Godt Håndværk og Gamle Huse" (bl.a. med støtte fra GI), hvor resultaterne fra Projekt Vindue også blev formidlet. Endeligt har Centeret både i 2002 og 2003 afholdt en række praktiske kurser om vedligeholdelse og istandsættelse af vinduer for håndværkere, arkitekter og private.

Raadvad-Vinduerne Koblet 1+1 / Forsats 1+1 & 1+2



4 Det arkitektonisk tilpassede vindue

Allerede i 2001 udviklede Raadvad-Centeret sammen med tre vinduesproducenter et industrielt fremstillet nyt vindue af træ, tilpasset ældre dansk arkitektur. Princippet bygger på et almindeligt koblet vindue af træ, men det nye i dette koncept er, at vinduet er fremstillet i 6 forskellige profilvariationer. Derved kan alle ældre huse, der har mistet de originale vinduer, igen få nye vinduer, der passer til husets arkitektur og stil - ikke kun ved at have sprosser i ruderne, men ved at have en indvendig profilering og detaljering, der svarer til den oprindelige.

Det har været projektets hovedidé at vise husejerne og vinduesbranchen, at det er muligt i dag at producere et vindue af 100% kernetræ med ægte materialer og ægte håndværksmæssige løsninger. Et vindue helt uden falske similmaterialer, der skal ligne træ og uden pålimede sprosser, og uden de kendte klodsede dimensioner.

Tværtimod kan man opnå den samme spinkle elegance, udsøgte profileringer og historiske udtryk, som i de gamle vinduer. Det gælder rammer, karme, hængsler, beslag og rudeglas.

Raadvad-Vinduet er derfor ikke et „kopi-vindue“, men et nyt, designet og unikt produkt, der er tilpasset ældre dansk arkitektur; men absolut ikke skal foregive at „kopiere“ denne.

Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats og 1+2 Forsats

Ud fra samme koncept - en historisk vinduesserie dækkende arkitekturperioderne 1750 - 1800 - 1850 - 1890 - 1920 - 1935 - fremstillet af ægte materialer og ægte håndværksmæssige løsninger, er der nu udviklet to nye typer „Raadvad-Vinduer“. Dels supplere det første Raadvad-Vindue, dels er endnu bedre varme- og lydisolerende og endnu mere elegante i sit design.

Som det ses består Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats af et „normalt“ udvendigt vindue - suppleret med et indvendigt energiforsatsvindue med energiglas. Dette vindue har, ligesom det koblede Raadvad-Vinduet 1+1 Koblet, to lag glas, det inderste glas coated med energibelægning.

Raadvad-Vinduet, 1+2 Forsats består af et „normalt“ udvendigt vindue - suppleret med et indvendigt energiforsatsvindue med energitermoruder. Dette vindue har dermed 3 lag glas - de to inderste bestående af en energitermorude med ener-

gibelægning og gasfyld. I denne beskyttede placering, er der større chancer for, at energitermoruden opnår en længere levetid end de 17-20 år, der er det normale gennemsnit for termovinduer.

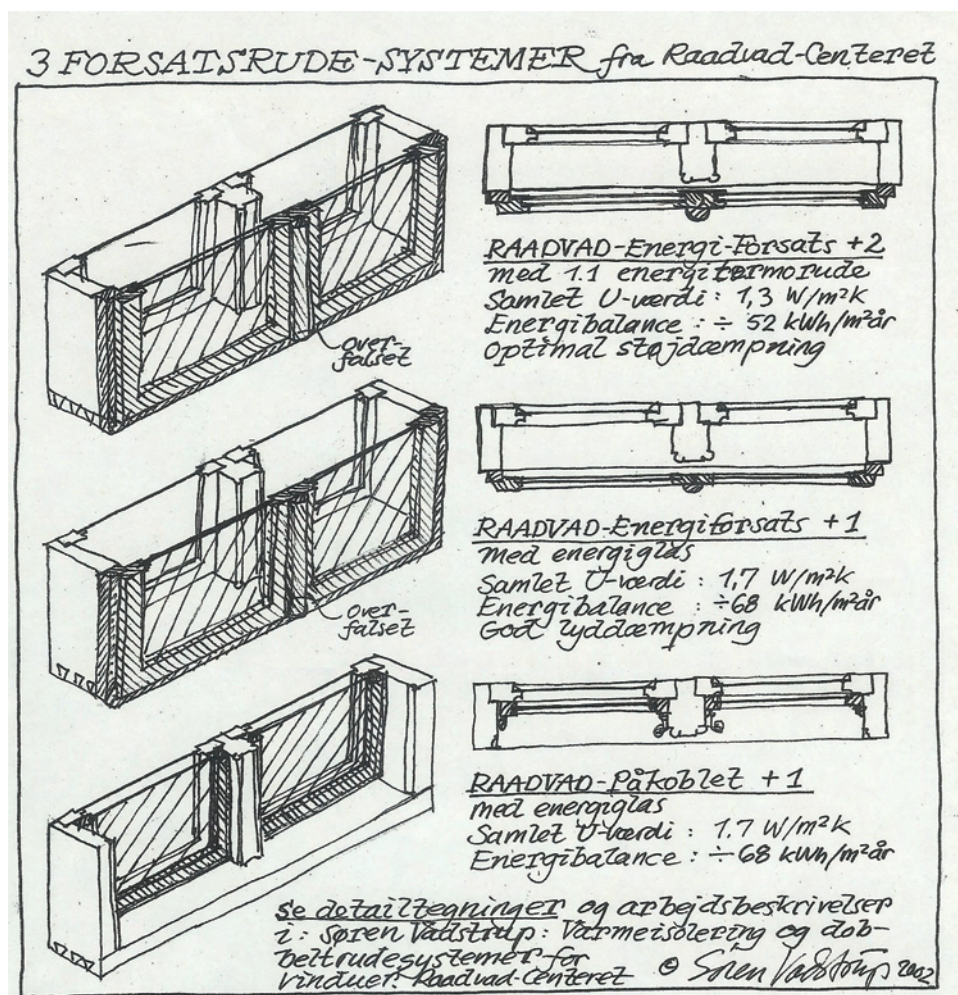
Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats og Raadvad-Vinduet, 1+2 Forsats fremstilles af tre vinduesfabrikker, der har dette produkt som supplement til deres normale termovinduesproduktion.

Når kunderne bestiller et Raadvad-Vindue kan de således vælge mellem 3 typer:

- Raadvad-Vinduet, 1+1 Koblet (koblet med 2 lag glas)
- Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats (forsats med 2 lag glas)
- Raadvad-Vinduet, 1+2 Forsats (forsats med 3 lag glas)

Hver af disse typer har forskellige energi-, lyd- og dagslysforhold, der er nærmere dokumenteret og beskrevet i brochurer og datablade m.v. Derudover findes Raadvad-Vinduerne i 6 forskellige profilvariationer, der er tilpasset husets alder og arkitektur.

3 Forsatsrudesystemer fra Raadvad-Centeret



Kvalitetskrav til Raadvad-Vinduerne

Nedennævnte krav gælder for alle typer af Raadvad-vinduet.

Profiler og dimensioner:

Alle profiler og dimensioner udføres, som det fremgår af de godkendte tegninger.

Trækvalitet rammer:

Fyrretræ, 100 % spejlskåret kernetræ. Densitet 0,5-0,65 g/cm³ (ved 15 % TF)

Trækvalitet karme og poste:

Fyrretræ, 100 % kernetræ. Densitet 0,5-0,65 g/cm³ (ved 15 % TF)

Samlingsmetoder:

Rammerne udføres kontrakehede og limede uden dybler.

Karmene udføres zinkede uden limning.

Alt udføres som tættilpassede samlinger uden straffede (affasede) kanter.

Glas, udvendigt:

Trukkent glas 2-3 mm med mest muligt „spil“, evt. mundblæst glas. Glasset lægges i linoliekit, evt. limes glasset dog foregående til træet.

Glas, indvendigt:

Hard-coatet energiglas, standard 3- 4 mm, op til 8 mm ved lyddæpende vinduer.

Beslag:

Varmgalvaniserede hjørnebånd af typen Carl F. Petersen, evt. håndsmedede beslag, som udføres efter rådgivning fra arkitekten på den pågældende sag. Beslag lægges i linoliekit.



Maling:

Al træ grundes med rå eller kogt linolie af høj kvalitet uden fortynder. Evt. påført ved sprøjtning. Der må ikke anvendes vakuumimprægnering eller organiske opløsningsmidler. Ligeledes males vinduerne med linolie-maling af høj kvalitet, evt. påført ved sprøjtning. Beslag males med samme malings-type som træet.

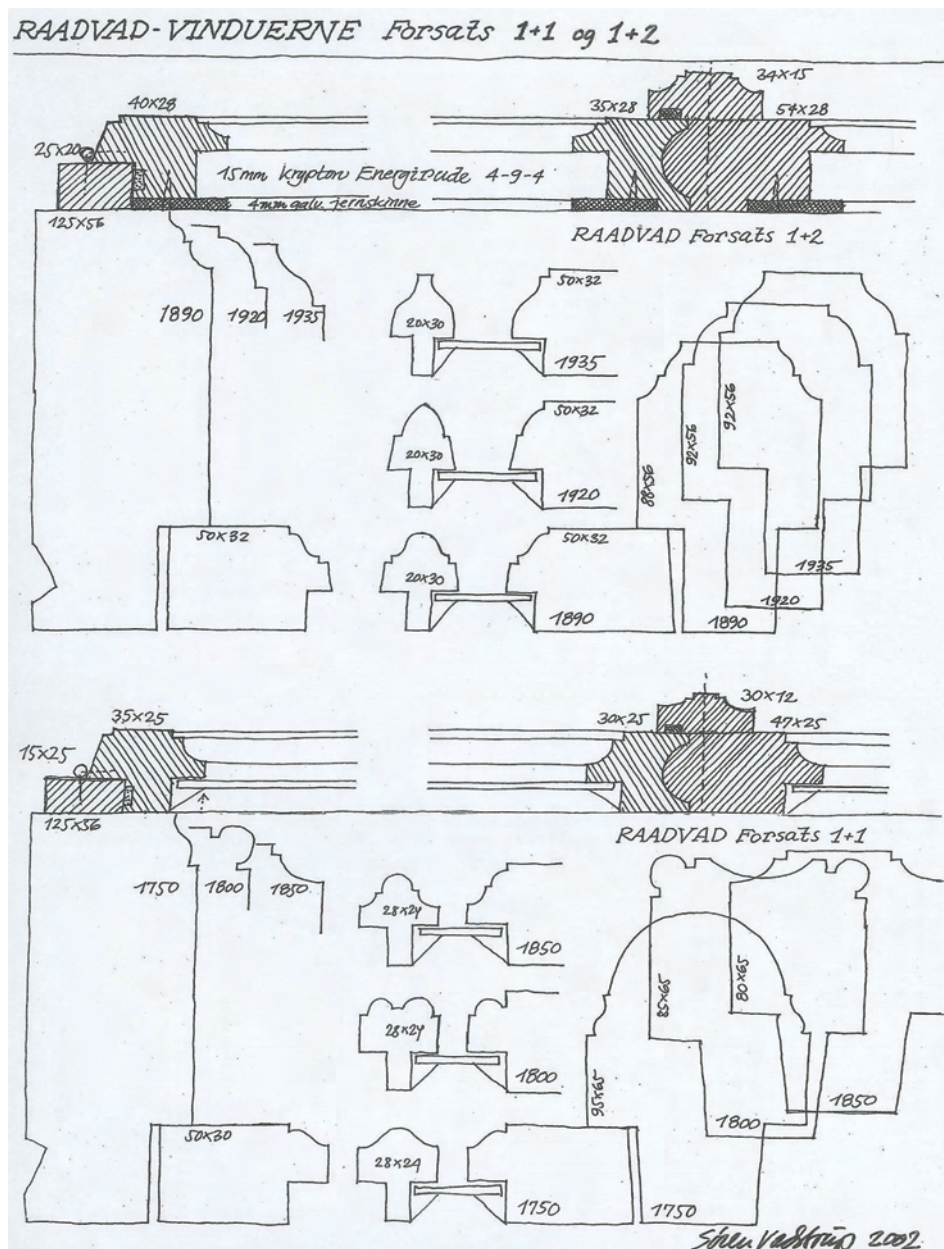


Isætning:

Karmene udføres med geisfuss til mørtelfuger mod murværk.

Ved selve isætningen stoppes fugen i en dybde af 2-10 cm fra ydersiden med tjæret værk, der bankes hårdt i. Geisfuss'en skal være helt fri for tjæret værk. Geisfuss'en fuges med en ren kalkmørtel 1:3, evt. armeret med fæhår. Fugen glattes udvendigt med fugeske til en helt ens dybde. Indvendigt lukkes vinduesfugen med kalkmørtel 1:3 eller en træliste, der stiftes på.

Raadvad-Vinduerne Energiforsatsløsninger 1+1 & 1+2



5 Energi-Forsatsløsninger 1+1 og 1+2

Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats og 1+2 Forsats kan som nævnt fås som et helt nyt vindue med h.h.v. 2 og 3 lag glas. Men med ganske få ændringer kan de indvendige forsatsvinduer også produceres, leveres og monteres separat som nye Energi-Forsats-Vinduer til originale, gamle vinduer med h.h.v. 2 lag og 3 lag glas:

Energiforsatsløsning - Forsats-Vinduet 1+1
(2 lag glas)

Energiforsatsløsning - Forsats-Vinduet 1+2
(3 lag glas)

Disse forsatsvinduer adskiller sig fra andre forsatsvinduesystemer på markedet ved, dels at være industrielt fremstillet på en fabrik, hvilket medfører lavere produktionsomkostninger, dels er de overfalsede på midten, d.v.s. at de ikke har en lodret liste midt på, der skjuler lodposten på det gamle vindue. Når de overfalsede rammer er åbne eller helt fjernet f.eks. om sommeren, er det udvendige vindue stort set uden skæmmende anslagslister eller iøjenfaldende tætningslister.

Raadvad Energi-Forsats-Vinduet har stort set de samme energiegenskaber, lyddæmpende egenskaber og dagslysegenskaber, som Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats og 1+2 Forsats, hvilket er dokumenteret gennem de foretagne undersøgelser via GI's Vinduesprojekt.

Hot-box målinger



Hot-Box

Hot-boxen består af en kold kasse, hvor temperaturen holdes konstant på 0 °C, og en varm kasse, hvor temperaturen holdes konstant på 20 °C. Imellem de to kasser monteres vinduet i en skillevæg af isoleringsmateriale. Uden på vinduet, på den varme side, monteres målekassen. I målekassen sidder temperaturfølere og et elektrisk varme-panel, som opvarmer luften til 20 °C.

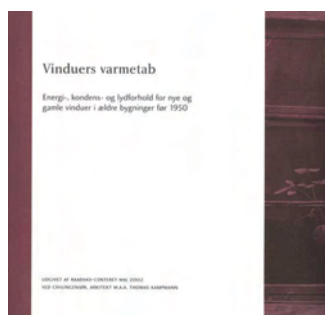
6 Energiforhold

Hot-box målinger og energiberegninger af Raadvad-Vinduerne

Baggrund

I 2000-2001 gennemførte Raadvad-Centeret sammen med DTU-BYG og Energistyrelsen en række sammenlignende energiberegninger for 6 forskellige vinduestyper med samme størrelse og rudeopdeling – med termoruder, energitermoruder, koblede rammer – og udført i forskellige materialer, træ, aluminium, plast m.v..

Disse beregninger, der blev udført med beregningsprogrammet THERM, viste entydigt, at gamle, originale vinduer, der sættes i stand og forsynes med indvendige koblede rammer eller forsatsvinduer, har markant bedre energiegenskaber, og dermed varmeøkonomi, end tilsvarende termovinduer af træ, plast eller aluminium i diverse kombinationer.



Thomas Kampmann:
Vinduers Varmetab, Raadvad-Centeret 2002

Formål

Da beregningsprogrammet THERM og beregningsstandarden prEN ISO 10077-2 egentlig er udviklet til „almindelige“ termovinduer, er der opstået tvivl om beregningsmetoden også kan anvendes overfor koblede- og forsatsvinduer med større afstand mellem ruderne.

Ved at sammenligne de beregnede resultater med målte resultater i en såkaldt guarded hot-box efter standarden ISO 12567-1 kan man få et fingerpeg om at beregningsmetoden giver pålidelige resultater ved disse vinduestyper.

Hot-box-målinger

Der blev til disse forsøg fremstillet tre eksemplarer af Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats og Koblet i den såkaldte CEN -størrelse på 1230 mm x 1480 mm, der er den oftest benyttede europæiske teststørrelse af vinduer.

Raadvad-Vinduet, 1+1 Koblet,
Model 1850 med én sprosse

Raadvad-Vinduet, 1+1 Koblet,
Model 1850, småsprosset

Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats,
Model 1920, med en sprosse

Hot-boxen består af en kold kasse, hvor temperaturen holdes konstant på 0 °C, og en varm kasse, hvor temperaturen holdes konstant på 20 °C. Imellem de to kasser monteres vinduet i en skillevæg af isoleringsmateriale. Uden på vinduet på den varme side monteres målekassen. I målekassen sidder temperaturfølere og et elektrisk varmepanel, som opvarmer luften til 20 °C. Da der er samme temperatur på begge sider af målekassen, er der ingen varmemstrøm hen over denne, d.v.s. at alt varmetab fra målekassen vil ske ud gennem vinduet. Den tilførte effekt til elpanelet svarer derfor til varmetabet ud gennem vinduet og er således udtryk for vinduets U-værdi.

For hver måling er der udført en trykprøvning af vinduet monteret i hot-boxen for at undersøge, om det er tilstrækkeligt tæt for at U-værdimålingen bliver korrekt. Utætheden skal være under 1 %.

Begge Raadvad-Vinduer viste sig at være ret utætte, hvilket skyldes, at der ikke er monteret tætningslister mellem de udvendige rammer og karmen. Dette er gjort for at undgå kondens mellem ruderne. Der er kun sat tætningslister på de indvendige rammer.

Udover hot-box målingerne blev der også foretaget energiberegninger på de tre vinduer efter THERM-programmet.

De målte og beregnede U-værdier, vist for de tre vinduer, fremgår af tabellen.

Målte og beregnede U-værdier for de tre Raadvad-Vinduer (W/m^2K).

Det fremgår af tabellen, at de beregnede værdier generelt er noget lavere end de målte og ikke indenfor usikkerheden på 5-6 % for hot-box målingerne. Dette kan skyldes, at beregningsmetoden giver for optimistiske værdier. Pga. den store glasafstand og en ikke tilstrækkelig lufttæthed ved de udvendige rammer kan der evt. ske komplicerede, konvektive luftstrømninger inde i vinduerne, som det ikke er muligt at tage fuldstændig højde for i Therm, hvilket kan give for lave værdier.

En anden fejlkilde kan være, at der i beregningerne er anvendt standard materialeleværdier, som kan afvige fra de faktiske. Standarden foreskriver relativt porøst splintved, der i praksis vil isolere bedre end Raadvad-Vinduernes harpiksfyldte kernetræ.

I forbindelse med målingerne i hot-boxen, blev det erfaret, at den udvendige luftstrøm, forårsaget af ventilatoren, har stor indflydelse på vinduets U-værdi, hvis der er utætheder. Ved at tætte diverse sprækker reduceredes U-værdien fra 2,16 til 1,83 W/m^2K , altså en klar forbedring. Hvis vinduerne havde været fuldstændig lufttætte, som det antages i beregningerne, var de målte U-værdier sandsynligvis blevet lavere.

En vigtig konklusion på disse forsøg er derfor, at man, for at opnå en optimal isoleringsevne for vinduet, skal montere tætningslister på de udvendige rammer i Raadvad-Vinduerne. Normalt undgår man at tætte her, for ikke at få kondensproblemer mellem ruderne, men et 40 mm „hul“ i tætningslisterne øverst og nederst, vil ofte være nok til at ventilere.

På baggrund af dette må det også anbefales, at der gennemføres en mere detaljeret analyse af beregningsmetoden til bestemmelse af U-værdier for forsatsvinduer, samt en nærmere undersøgelse af effekten af den påførte luftstrøm under hot-box målinger af vinduer, som ikke er fuldstændig tætte udefra.

Vindue nr	Målt	Beregnet	Forskel
1: 1850, 1+1 Koblet enkeltsproset	1,83	1,69	7,7 %
2: 1850, 1+1 Koblet småsproset	1,87	1,69	9,6 %
3: 1920, 1+1 Forsats enkeltsproset	1,85	1,69	8,6 %

Litteratur:

Baggrundsrapporten for dette resumé er:
Laustsen, Jacob Birck og Svend Svendsen:

Bestemmelse af de varmetekniske egenskaber af forsatsvinduer og koblede vinduer – eksperimentelt og beregnet. Sagsrapport, BYG-DTU SR03-17, 2003. ISSN 1601-8605

7 Laboratoriemålinger af lydisolation

Der blev fremstillet et særligt eksemplar af Raadvad-Vinduet til disse forsøg. 1+1 Koblet, 1+1 Forsats og 1+2 Forsats i den såkaldte CEN-størrelse på 1230 mm x 1480 mm, der er den oftest benyttede europæiske teststørrelse af vinduer. Derimod omfattede undersøgelsen ikke tilsvarende nye termo/energirude dannebrogsvinduer. Her er værdierne oplyst af DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik samt fabrikantens oplysninger.

Der blev målt forskellige kombinationer af ovennævnte vinduer, og der blev samtidigt eksperimenteret med forskellige tætningssystemer.

1850 Vinduet har h.h.v. enkelt- og småsprossede rammer. Målingerne viser, at de lydmæssige egenskaber er stort set ens for de to typer.

Hvad der derimod betyder meget er dels afstanden mellem ruderne og dels en forskellighed i tykkelsen af ruderne. Derfor viser lydmålingerne, at Raadvad-

Vinduet, 1+1 Forsats har en bedre lyd-isolering end det koblede Raadvad-Vindue, 1+1 Koblet.

Hvad der er mere interessant er, at det helt enkle Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats også har bedre lydisolerende egenskaber end et „traditionelt“ dannebrogsvindue med særlige lydtermoruder (6-16-4 eller 8-22-4).

Tabel over de målte lydisolerende egenskaber angivet, som det vægtede reduktionstal R_w (dB)
Udvalgte termovinduestyper til sammenligning

- Et almindeligt enkeltglas-vindue med tætningsliste	ca.	22-28 dB
- Et dannebrogsvindue med normal termorude	ca.	30-34 dB
- Et dannebrogsvindue med (6-16-4) særlig lyd-termorude	ca.	38-40 dB
Raadvad-Vinduerne		
Raadvad-Vinduet, 1+1 Koblet (3mm – 27 mm - 4mm) med tætningsliste mellem koblede rammer	ca.	28 dB
	ca.	35 dB
Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats (3mm - 131 mm - 4mm) med tætningsliste på de udvendige rammer	ca.	37 dB
	ca.	42 dB
Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats (3mm - 127 mm - 8mm) med tætningsliste på de udvendige rammer	ca.	41 dB
	ca.	45 dB
Raadvad-Vinduet, 1+2 Forsats (3mm - 114 mm - (4-9-4)krypton) med tætningsliste på de udvendige rammer	ca.	40 dB
	ca.	45 dB
Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats med lamineret lyd-forsatsrude (3-127-44,2) og tætningsliste	ca.	46 dB

Den bedste lyddæmpning opnås med de højeste dB-værdier i tabellen. Forsøgene med tætningsliste refererer til resultatet med tætning af de udvendige rammer med tape i "laboratorium". I praksis vil man montere en tætningsliste. Da man ofte vil være interesseret i en smule ventilation mellem de to lag glas for at undgå kondens, viser tallene resultatet med 40 mm "luft" foroven og forneden.

Forsøgene og målingerne viser, at man opnår en bedre lydisolering jo mere lufttætte de udvendige rammer er. Det vil derfor være en god idé, hvis man ønsker bedre lyddæmpning, at montere tætningslister mellem de udvendige og de koblede rammer i Raadvad-Vinduerne. Normalt undgår man at montere tætningslister for de udvendige rammer mellem de koblede rammer i Raadvad-vinduet for ikke at få kondensproblemer; men selvom der laves 40 mm „hul“ i tætningslisterne øverst og nederst (så der kan ventileres) sænkes lydisoleringen kun en smule. Tilsvarende kan Raadvad-Vinduerne 1+1 forsats forbedres betydeligt ved at tætnes de udvendige rammer. Også her har det kun lille betydning, hvis tætningen „punkteres“ med to 40 mm åbninger, for at udlufte kondens.

Målingerne viser også, at en lamineret, speciel lyddæmpende rude (4/4 rude) ikke dæmper lyden nævneværdigt ved normal trafikstøj, den kommer først til sin ret ved højfrekvent støj fra motorveje og hurtigtkørende tog.

Konklusion

Konklusionen på disse forsøg er derfor for det første, at Raadvad-Vinduerne med forsatsrammer 1+1 og 1+2 er langt bedre lyddæmpende vinduer end nye termovinduer, selv hvis disse er monteret med lyddæmpende ruder. Dette skyldes den store afstand mellem de udvendige rammer og de indvendige forsatsvinduer.

Ved at montere forsatsvinduer (1+1) eller energitermoruder (1+2) på eksisterende gamle vinduer kan man formodentlig opnå en lyddæmpning svarende til Raadvad-Vinduerne. Afstanden mellem ruderne vil ofte være lidt større (bedre lyddæmpning) og tætheden ringere (dårligere lyddæmpning). Der kan derfor opnås langt bedre lydisolering ved at montere forsatsrammer (med op til 8 mm glas) og montere tætningslister for de gamle rammer, end ved at udskifte vinduerne til traditionelle termo/energi vinduer, selv hvis disse har lyddæmpende ruder. Der er derfor endnu en grund til **ikke** at skifte gamle, originale vinduer ud. Disse skal i stedet sættes i stand og have 1+1 eller 1+2 forsatsvinduer, f.eks som Raadvad-Energiforsats.

En tredje interessant konklusion er, at man ikke opnår en nævneværdig bedre lyddæmpning ved at anvende de to dyreste løsninger med h.h.v.

energitermoruder og laminerede lydruder i de indvendige rammer. Almindeligt, meget billigere 4mm eller 8mm enkeltglas klarer sig stort set lige så godt.



Ovennævnte forsøg er udført af firmaet „DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik „ og findes i Teknisk Notat v/ Henrik S. Olesen: Laboratoriemålinger af lydisolation for Raadvad-Vinduerne 1850 og 1920 AV184/03 af 2. juli 2003

8 Vurdering af dagslysforskel

Da formålet med overhovedet at sætte vinduer i huse er at bringe dagslys ind i rummene, er en undersøgelse af, hvor meget, hvor spredt, hvor kontrastskabende og hvor farvet m.m. dagslyset fornemmes af personer i et rum med forskellige vinduestyper, temmelig relevant.

Der blev til disse forsøg benyttet eksemplarer af Raadvad-Vinduet, 1+1 Koblet, Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats og 1+2 Forsats i den såkaldte CEN-størrelse på 1230 mm x 1480 mm, der er den oftest benyttede europæiske teststørrelse af vinduer.

Forsøgene blev gennemført af By og Byg's Dagslyslaboratorium.

Der blev vurderet forskellige kombinationer af ovennævnte vinduer, og der blev samtidigt eksperimenteret med forskellige antal sprosser i de udvendige rammer. Forsøgene fandt sted i marts 2003.

Da dette dagslysforsøg specielt for dannebrogsvinduer er det første af sin art i Danmark, må det betegnes som et pilotprojekt for, om det overhovedet er muligt at beskrive forsøgspersoners oplevelse af en række „dagslysmæssige kvaliteter“ ved forskellige vinduestyper. Der er afprøvet en forsøgsmetodik, der kan føre hen imod udvikling og gennemførelse af mere omfattende og systematiske metoder til kortlægning af hvilke løsninger, der ud fra visuelle og dagslysmæssige hensyn bør vælges ved vinduer i ældre huse.

Der blev på skift opsat 5 forskellige 4-rammede forsøgsvinduer med lod- og tværpst og med en østvendt orientering i det samme rum.

Forsøgene strakte sig over to dage, den ene med overskyet himmel og den anden med næsten skyfri, let diset himmel. Begge forsøg foregik i marts måned. Der medvirkede 9 forsøgspersoner, der fik et i forvejen udfærdiget spørgeskema til hver forsøgssopstilling. Forsøgspersonerne måtte ikke samtale under vurderingen. Man forlod rummet, mens et nyt forsøgsvindue blev monteret.

De 5 prøveopstillinger var:

K1	Raadvad-Vinduet, 1+1 Koblet, 1850 (enkeltsprosset) med energiglas
K2	Raadvad-Vinduet, 1+1 Koblet, 1850 (flersprosset) med energiglas
F1	Raadvad-Vinduet, 1+1 Forsats, 1920 (enkeltsprosset) med energiglas
F2	Raadvad-Vinduet, 1+2 Forsats, 1920 (enkeltsprosset) med energirude
F0	Raadvad „urvindue“ 1920 - uden forsatsvindue eller koblet ramme

Spørgsmålene omhandlede 10 parametre for vinduers dagslyskvalitet:

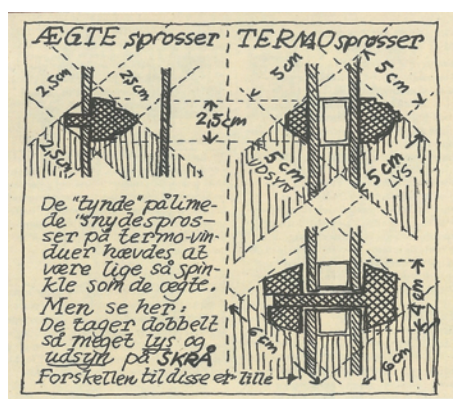
Lyset i rummet / Lyset som helhed	Belysningsniveauet Lysfordeling i rummet Lysets farve Skygger i rummet
Glas og ruder	Farvetoning af glasflader Reflekser i glasfladerne
Vinduesdetaljer og udsigt	Vindues profileringer Opfattelse af blænding
Andre vurderinger	Æstetiske, individuelle vurderinger

Den samlede vurdering af disse 10 parametre viser ikke overraskende, at F0 „urvinduet“ uden forsats- eller påkoblede rammer har de bedste dags-



På en skala fra 1-10, hvor „urvinduet“ har 10, kommer man måske ned på 7 med det vindue, der nærmer sig mest nemlig K2, det flersprogede, koblede vindue, hvor sprogserne opfattes, at sprede lyset bedre ind i rummet end det enkelt-sprogede, koblede vindue K1, der lander på skatlatrin 6.

Konklusion



24



9 Totaløkonomi

Istandsættelse eller udskiftning af vinduer har været diskuteret – og eksekveret – gennem adskillige år. Gennem bl.a. GI's vinduesprojekt er der kommet afgørende ny viden frem, som på afgørende vis vender op og ned på de forestillinger og valg, der hidtil har været gældende.

Man burde forvente, at husejerne først og fremmest valgte mellem istandsættelse eller udskiftning af vinduer ud fra, om disse bevarede eller ødelagde husets arkitektoniske, æstetiske og bevaringsmæssige kvaliteter; men sådan er det helt klart ikke. Det er i langt de fleste tilfælde økonomien, især varmeøkonomien og vedligeholdelsesomkostningerne, der er afgørende samt at lovgivningen „belønner“ ejeren ved udskiftning og „straffer“ ved istandsættelse.

Det er derfor interessant, at der nu for første gang kan præsenteres en konkret sammenligning mellem seks forskellige vinduesløsninger, i helt ens størrelser og med ens rude- og rammeopdeling; men med vidt forskellige materialer og konstruktioner, der bygger på videnskabeligt indsamlede data for:

- Drift- og vedligeholdelsesomkostninger over 30 år
- Totaløkonomi m.m. for istandsatte samt nye og gamle vinduer over 30 år
- Lydforhold
- Energiforhold
- Livscyklusforhold
- Totaløkonomi

Indenfor disse 5 vurderingskriterier har vi nu helt konkrete tal for de forskellige vinduestypers præstationer som direkte sammenligningsgrundlag. Ikke mindst de for alle husejere vigtige total-økonomiske aspekter, der faktisk samler drift og vedligeholdelse, energiforhold og istandsættelses- eller anskaffelsesomkostninger i ét og samme direkte sammenlignelige tal: Årsomkostningen.

For bygninger med placeringer ved befærdede veje eller jernbaner, kan vinduernes lyddæpende egenskaberne komme ind som lige så vigtige parametre.

Disse hårde facts er i det følgende skema suppleret med fem mere bløde værdier eller valgparametre:

- Arkitektur og æstetik
- Mulighed for bevaringstilskud til udførelsen – og dermed til huset
- Funktionalitet
- Praktisk udførelse

De seks forskellige vinduesløsninger, der er sammenlignet er:

- Istandsættelse med forsatsvinduer Raadvad-Energi-Forsats 1+2 (3 lag glas)
- Istandsættelse med forsatsvinduer Raadvad-Energi-Forsats 1+1 (2 lag glas)
- Nye vinduer af træ Raadvad-Vinduet 1+1 Koblet (2 lag glas)

Vinduerne er alle i den såkaldte CEN-størrelse (123 x148 cm) og med rudeinddeling, som et dannebrogsvindue med én sprosse.

I det følgende skema sammenlignes seks forskellige vinduesløsninger for ældre huse ud fra de ovennævnte 10 forskellige parametre:

Vindues-løsninger	Istandsættelse	Istandsættelse	Udskiftning	Udskiftning	Udskiftning	Udskiftning
	Istandsættelse plus forsats-vinduer 1+2	Istandsættelse Plus forsats-vinduer 1+1	Nyt trævindue 1+1 Koblet (Raadvad)	Nyt træ-termovindue med energiruder	Nyt træ/alu termovindue m. energiruder	Nyt plast termovindue m. energiruder
Arkitektur og æstetik	A Fuld overensstemmelse	B Fuld overensstemmelse	B Fuld overensstemmelse	C Dårlig overensstemmelse	D Ringe overensstemmelse	D Ringe overensstemmelse
Tilskud til bevaringsværdierne	A Originalen bevares	B Originalen bevares	B Originalen genskabes	C Mindsker husets bevaringsværdier	D Skæmmer husets bevaringsværdier	D Skæmmer husets bevaringsværdier
Funktionalitet	B Pudsning af 4 glasflader	B Pudsning af 4 glasflader	B Pudsning af 4 glasflader	A Pudsning af 2 glasflader	A Pudsning af 2 glasflader	A Pudsning af 2 glasflader
Praktisk udførelse	A ÷ udtagning Forsats-skærm	B ÷ udtagning Forsats-skærm	B Besværlig men hurtig udskiftning	B Besværlig men hurtig udskiftning	B Besværlig men hurtig udskiftning	B Besværlig men hurtig udskiftning
Drift og vedligeholdelse	A Enkel vedligeholdelse	A Enkel vedligeholdelse	A Enkel vedligeholdelse	D Termoruder skiftes efter 20 år	B Termoruder skiftes efter 20 år	D Termoruder skiftes efter 20 år
Lydforhold *(med tætningstester)	A Målt lyddæmpning 45 dB *	B Målt lyddæmpning 42-45dB*	C Målt lyddæmpning 35 dB *	C Oplyst lyddæmpning 35 dB	C Oplyst lyddæmpning 36 dB	D Lyddæmpning ikke oplyst
Energiforhold	A Energitab ÷ 49 kWh/ m²	B Energitab ÷ 60 kWh/ m²	B Energitab ÷ 68 kWh/ m²	C Energitab ÷ 84 kWh/ m²	D Energitab ÷ 105 kWh/ m²	D Energitab ÷ 109 kWh/ m²
Livscyklus og levetid	A Miljøbelastn. 5,0 mPE ** Levetid 100 år	B Miljøbelastn. 5,0 mPE Levetid 100år	B Miljøbelastn. 5,0 mPE Levetid 100år	C Miljøbelastn. 10,4 mPE Levetid 30 år	D Miljøbelastn. 11,9 mPE Levetid 40 år	C Miljøbelastn. 10,5 mPE Levetid 40 år
Anskaffelspris	(B) 7.500 kr /vindue	(A) 6.500 kr /vindue	(D) 10.330 kr /vindue	(A) 6.250 kr /vindue	(B) 7.099 kr /vindue	(A) 6.440 kr /vindue
Totaløkonomi ♦	B Årsomkostning 157 kr/år ♦	A Årsomkostning 136 kr/år ♦	B Årsomkostning 181 kr/år ♦	D Årsomkostning 441 kr/år ♦♦	D Årsomkostning 379 kr/år ♦♦	D Årsomkostning 398 kr/år ♦♦
Samlet vurdering	A	A	B	D	D	D

De 10 parametre er vurderet i skemaet efter en skala fra A – D, hvor A er den bedste løsning og D den ringeste.

* Lyddæmpningen forbedres ved tætning af de udvendige rammer

** Raadvad-Vinduet Forsats 1+2 er ikke medtaget i Energistyrelsens og SBI's livscyklus-undersøgelse, men forskellen på 1+1 og 1+2 forudsættes at være minimal.

· Efter de 30 år er vinduer som nye – og kan holde i yderligere 60-100 år

.. Efter de 30 år står vinduet til udskiftning

Realrente 0,03% p.a.

Beskrivelse af de 10 parametre

Arkitektur og æstetik.

Når man skal vælge et nyt vindue til et ældre hus, fordi de oprindelige vinduer allerede er skiftet ud, er det vigtigt at det passer til husets arkitektur. Det skal være i samme materialer, som de oprindelige vinduer og have samme ramme- og sprossestørrelse samt opdeling. Det skal også have samme farver, og indvendigt skal dimensioner, detaljer og profileringer være, som de gamle.

Ingen kan vel være i tvivl om, at de originale vinduer fra bygningens opførelse, er i fuldstændig overensstemmelse med den eksisterende/oprindelige bygning. Raadvad-Vinduernes kendemærke er, at de er gode til at genskabe denne overensstemmelse ved at være tilpasset de gamle vinduers dimensioner, proportioner, detaljeringer og profileringer. Nye termovinduer af træ, aluminium eller plast, passer derimod meget dårligt til ældre huses arkitektur, da de har forkerte materialer, forkerte proportioner, detaljeringer og profileringer.

Tilskud til bevaringsværdierne

Hvis et ældre hus bliver erklæret bevaringsværdigt af kommunen eller Kulturarvsstyrelsen, hvilket bl.a. kræver at huset har bevaret de originale vinduer, eller har vinduer helt magen til de oprindelige, er der mange muligheder for at få økonomisk tilskud til vedligeholdelsen og istandsættelsen.

Mange kommuner har særlige bevaringsfonde, eller de har oprettet et Bygningsforbedringsudvalg, der administrerer en del af Byfornyelsesmidlerne. Derudover findes både statslige og private tilskudsmidler, f.eks. Grundejernes Investeringsfond. Disse tilskudsmuligheder forringes, hvis facaden er skæmmet af dårligt tilpassede vinduer til det bevaringsværdige hus.

Kvalitet, ægte og ærlige materialer

Gamle vinduer er præget af en stor kvalitetsbevidsthed i valget af materialer og konstruktioner og en spinkelhed og elegance i vinduernes dimensioner og detaljer. I betragtning af at vi har tusindvis af vinduer i Danmark, der har holdt i 200 år og som uden problemer kan holde i 200 år til, burde det ikke være helt irrelevant at interessere sig for, hvordan dette har kunnet lade sig gøre og samtidigt forsøge at lære af det.

Det kan lade sig gøre, at fremstille vinduer af 100% spejlskåret kernetræ, i spinkle, elegante dimensioner, med de samme smukke og varierede profileringer, ægte sprosser, malet med linoliemaling, med levende, trukket glas i en tynd og diskret kitfals og med karakterfulde hjørnebåndbeslag.

Arbejdet med udviklingen af Raadvad-Vinduet har vist, at et nyfremstillet moderne vindue ikke behøver at have falske, pålmede sprosser (der snart falder af), klodsede og plumpe dimensioner, dominerende glaslister, uhyggeligt spejlende ruder eller et fantasifuldt sammensurium af moderne materialer.

Den lange levetid og enkle vedligeholdelse, kombineret med et minimalt varmetab, set i forhold til tilsvarende termovinduer betyder, at dette vindue også bliver det billigste, rent totaløkonomisk.

Funktionalitet

Emnet behandler de daglige gener eller fordele ved de forskellige vinduestyper. For eksempel er det en gene, at man skal flytte pottplanter eller andre ting på vinduespladen, når man skal åbne de indadgående forsatsvinduer f.eks. ved vinduespudsning. Det er dog endvidere en fordel ved moderne termovinduer, at de indeholder let betjenelige ventilationsmuligheder.

Gener ved udførelsen

Herved forstås gener for beboerne i selve huset, ikke på værksted eller fabrik. Det kan være en gene, at en vinduesistandsættelse tager meget længere tid på byggepladsen end en vinduesudskiftning. Til gengæld kan man starte med at sætte forsatsvinduerne op, før man reparerer vinduesrammerne, hvorved de fleste gener, bl.a. støv, kulde og larm, bliver på samme niveau som en vinduesudskiftning. Ved en istandsættelse undgår man også en række ofte fordyrende og generende følgearbejder, bl.a. indvendigt i rummene. Korrekt styret vil en vinduesistandsættelse ikke tage meget længere tid end en vinduesudskiftning. Dertil kommer at der ofte foretages andre arbejder, når nu stilladset er oppe.

Drift og vedligeholdelse

Vedligeholdelsen af istandsatte eller nye vinduer af spejlskåret kernetræ, der er linoliemalet, er meget enkel. Fladerne skal stryges med et tyndt lag linolie med en klud hvert 5. år og yderligere skrubes let

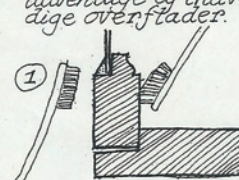
Raadvad-Centerets Vedligeholdelsesprogram

for linolie-malede vinduer

RAADVAD-CENTERETS VEDLIGEHOLDELSES-PROGRAM

VED VINDUESPUDSNING

1: Vask af vinduernes udvendige og indvendige overflader.



EN GANG OM ÅRET

Punkt 1 ovenfor. Derudover:

2: Check om de udvendige vandrette kitfaser er tætte ind mod ruden.

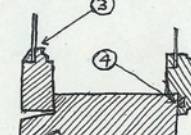


Om nødvendigt:

- Strygning af kitfasen med linolie.
- Strygning af kitfasen med linolie-maling + 2mm op på ruden.
- Trykning af varm kit i smørevner.

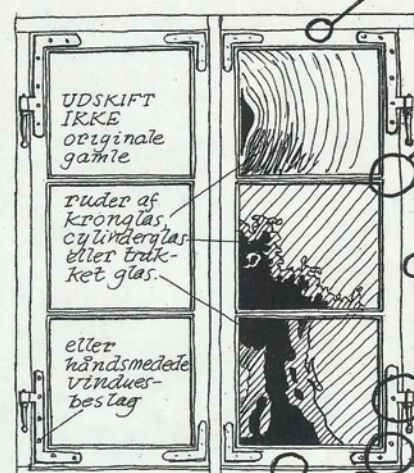
3: Indvendige vandrette overflader på rammerne:

- Vask med vand og sæbe.
- Trykning af varm kit i smørevner.
- Strygning med linolie med en klud.



4: Check den indvendige tæthed af forsatsvinduer mv.

Vinduerne må ikke have termoruder, være vacuumimpreggerede eller malet med plastikmaling. Vinduerne skal have enkeltglas i kitfals, være bygget af 100% kerne træ og malet med linolie-maling.

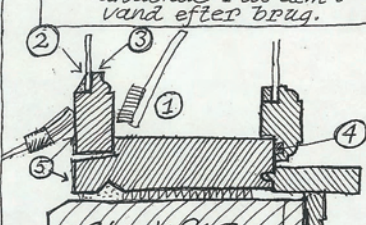


HVERT 5. ÅR

Punkterne 1-4 ovenfor. Derudover:

5: Strygning af linolie på alle udvendige, malede overflader. Alle løbere aftørres.

NB.: Linolie-klude kan selv-antænde. Put dem i vand efter brug.



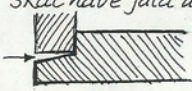
© Søren Vindstrup 2002

HVERT 10. ÅR

Punkterne 1-5 ovenfor. Derudover:

6: Fals

Fals og anslag justeres. Bundfalsen skal have fald udad.



7: Løs maling

Løs maling skræbes pletvis af ved en våd, kold afskrabning - uden varme. Der påføres linolie under skræbningen.



8: Beslag

Rustpletter vaskes til hvidt jern og males 2 gange i jernmøje.

9: Revner

Alle revner mellem træ-træ, træ-beslag, træ-målværk, træ-kit, kit-glas tætnes og lukkes.

10: Fuger

Løse fuger udskræbes og fyldes med kalkmørtel, armeret med fjerhår.

HVERT 20-30. ÅR

Punkterne 1-10 ovenfor. Derudover:

11: Genmaling

Strygning med 2x linolie-maling på alt træværk.

for løs maling og nymales hvert 10.-15. år. Hvert 30. år skal vinduerne have et større check, hvilket alt sammen er nærmere beskrevet i Raadvad-Centerets Vedligeholdelsesprogram for linolie-malede vinduer. Efter denne behandling er vinduet som nyt efter de 30 år. Vedligeholdelse anslås at tage 5 min. pr. vindue, hvert år og 100 min. hvert 10-15. år samt 300 min. hvert 30. år, i alt 725 min. over 30 år eller ca. 24 min. pr. år pr. vindue. Dette er inklusive klargøring og oprydning. Med en timepris på 350 kr. giver dette en årlig vedligeholdelsesomkostning pr. vindue på ca. 140 kr. excl. stillads og moms.

Ved nye termovinduer af træ, træ/aluminium eller plast skal man, ud over de årlige vedligeholdelsesomkostninger, påregne at selve termoruden skal skiftes ud efter 17-20 år. Det er den gennemsnitlige levetid for dette produkt i dag. I praksis vil man formentlig skifte hele vinduet, idet tætningslister, trædele m.v. næppe holder 30 år. Men sættes en udskiftning af selve ruden til det halve af vinduets pris, for materialer, timeløn, klargøring samt oprydning og bortskaffelse, giver dette en omkostning på ca. 160 kr. pr. år excl. stillads og moms. Dette er en klar drifts- og vedligeholdelsesomkostning for termovinduer, som skal indregnes i en totaløkonomiopstilling.

Derudover skal korrekt vedligeholdte termovinduer af træ males på alle flader hvert 10. år, beslag smøres og tætningslisterne eftergås årligt. En korrekt vedligeholdelse af både træ/aluvinduer og termovinduer af plast foreskriver, at alle udvendige flader skal vaskes to gange årligt, beslagene skal smøres og gummitætningslisterne eftergås én gang årligt. Over en 30-årig periode tager dette ca. 12 min. om året, svarende til ca. 70 kr. om året. For de tre termovinduestyper kommer man derfor frem til en årlig vedligeholdelsesomkostning på ca. 230 kr. pr. vindue om året excl. stillads og moms – eller over 1/3 mere end de linolie-malede trævinduer med ruder i kitfals.

Lydforhold

Tallene angiver det vægtede reduktionstal R_w (dB) for forsats- og det koblede vindue for et dannebrogsvindue på 123 x 148 cm. Raadvad-vinduet 1+2 og 1+1 forsats og 1+1 koblet. Værdierne er angivet med en tætning af de udvendige rammer med tape og ventilationshuller. Det vurderes, at der

kan opnås samme resultater med omhyggeligt monterede tætningslister.

Der er oplyst tilsvarende vægtede reduktionstal R_w (dB) for termo/energirude vinduer. Desuden angiver enkelte producenter lydisoleringen for deres produkter (Træ/alu vinduer).

Man vil bemærke, at en så enkel vinduesløsning, som istandsatte gamle vinduer forsynet med forsatsvinduer, eller nye tilsvarende vinduer med stor afstand mellem ruderne/rammerne, har bedre lyddæmpende egenskaber end nye termovinduer af træ, aluminium eller plast – selv, hvis disse forsynes med dyre lyddæmpende lydruder. Den eneste måde disse vinduer kan opnå en tilsvarende god lydisolering er, hvis der også her monteres forsatsrammer.

Energiforhold

Enheden i kWh/m² (kilowatttime pr. kvadratmeter) pr. vindue om året, det såkaldte energitilskud, er den mest præcise standard at beskrive vinduers energimæssige egenskaber med. Den ofte benyttede U-værdi tager ikke højde for gratisvarmen fra solen i fyringssæsonen (varmeenergi fra sollyset), der har stor praktisk betydning for energiforholdene. Ved sammenligning af forskellige vinduers energitilskud, skal man også være opmærksom på, at dette skal udregnes for hele vinduet – ikke kun for ruden. Det er mange termovinduesproducenter desværre tilbøjelige til at glemme. Et dannebrogsvindue, der opgives at have en U-værdi på 1,1 er helt sikkert ukorrekt (det er kun rudens U-værdi). Det er svært at komme under 1,6 W/m² og mange nye vinduer isolerer faktisk så dårligt, at de ikke engang opfylder Bygningsreglementets minimumskrav på 1,8 w/m²K, hvorfor de rent faktisk er ulovlige.

Det er især træ/ aluminiumsvinduer, der har problemer. Populært kan man sige, at den udvendige aluminium virker som køleribber.

Det er interessant, som det fremgår af skemaet, at de koblede vinduer eller „gammeldags“ forsatsvinduer har helt op til 30-50% bedre energiegenskaber – og dermed varmeøkonomi - for hele vinduet, end tilsvarende termovinduer af træ, aluminium eller plast. I modsætning til hvad de fleste mennesker tror, så er termovinduer med energiruder således ikke de bedst isolerende vinduer til ældre bygninger.

Livscyklus og miljøbelastning

Livscyklusanalyse af vinduer undersøger alle miljøbelastende aspekter ved fremstilling, brug og bortskaffelse/deponering - fra „vugge til grav“. Det viser sig her, at energitabet gennem vinduet (nævnt ovenfor) er langt den vigtigste parameter for den samlede miljøbelastning gennem et vindues levetid. Ligesom ved energiberegninger og lydmålinger for vinduer, findes der en standard for livscyklusanalyser. By og Byg har for Energistyrelsen udført en række beregninger for forskellige vinduestyper i ens størrelse (den såkaldte CEN-størrelse på 123 x 148) og opdeling (dannebrogsvinduer med én sprosse). Skemaets tal i mPE (milli person ækvivalenter) refererer til disse beregninger.

Ved denne livscyklusundersøgelse er der ved alle vinduestyperne som standard regnet med levetider på 40 år, hvilket er for højt sat for termoruderne/vinduerne og for lavt sat for originale, gamle vinduer og Raadvad-Vinduerne. Desuden er der ikke anvendt de korrekte energital. Trævinduet med energiruder er påført for høje (dårlige) energital i følge Raadvad-Centerets beregninger, og træ/alu-vinduet og plastvinduet har for lave (gode) energital. Derefter er alle vinduernes materialer regnet igennem for miljøbelastende elementer eller processer. For trætermovinduerne stammer den største miljøbelastning fra vacuumimpregneringen af det løse splintræ med organiske opløsningsmidler. Ved træ/aluminiumsvinduerne medfører fremstillingen af aluminium en meget stor affaldsmængde, der belastet miljøet. Ved plastvinduerne skyldes den største miljøbelastning stålet, der støtter PVC-profilerne.

Vinduer, nye eller gamle, fremstillet af så enkle materialer som (naturligt imprægneret) træ, metalbeslag, maling og kit – samt glas, der jo er et fælles materiale for alle typer vinduer – belaster, som det ses, miljøet langt mindre end nye termo-vinduer af (vacuumimpregneret) træ, aluminium eller plast (PVC). Miljøbelastningen er rent faktisk dobbelt så stor for de sidstes vedkommende i forhold til de første. Hvis man konsekvent foretrækker produkter, for eksempel vinduer, der har den mindste miljøbelastning, hvad eksempelvis mange kommunale eller statslige forvaltninger gør, er valget i dette tilfælde uhyre let.

Anskaffelsespris og totaløkonomi

Ved en totaløkonomiberegning lægges anskaffelses-/istandsættelsesprisen, de årlige vedligeholdelsesomkostninger og vinduernes årlige energitab sammen over en 30-årig periode, hvorefter man ved at dividere med 30 år får den såkaldte årsomkostning.

Ovenfor er disse tal udregnet for de enkelte vinduesløsninger i undersøgelsen, og de fremkomne totaløkonomital fremgår af skemaet.

Derudover skal man være opmærksom på, at de linolienmalede trævinduer, med rammer i 100% spejlskåret kernetræ, med den foreskrevne enkle og erfaringsbaserede vedligeholdelse, vil stå som nye efter de 30 år – og de vil uden problemer kunne holde i yderligere 60-100 år eller mere. (Det, at vi har tusindvis af originale vinduer i Danmark fra midten af 1700-tallet og frem, som har holdt i 150-200-250 år og som uden problemer kan holde i mindst 100 år *til*, beviser dette). For termovinduerne af træ, træ/aluminium eller plast gælder det, at disse efter de 30-40 år, stort set står til udskiftning.

Konklusion

Det er en vigtig konklusion, at den totaløkonomiske beregning viser, at langt det billigste er at istandsætte de oprindelige vinduer. Skal vinduerne skiftes vil selv de forholdsvis dyre Raadvad-vinduer være de billigste på længere sigt. Dette skyldes især, at der ikke skal skiftes punkterede termoruder, at energitabet er lavere og at vinduerne har en længere holdbarhed. Derudover skal man også altid inddrage de arkitektoniske, æstetiske og bevaringsmæssige aspekter i dette valg og endelig også komfort, miljøhensyn, funktionalitet og vedligeholdelse.

Som det fremgår af skemaet, er de to bevarings-/istandsættelsesløsninger både de totaløkonomisk billigste, de mindst miljøbelastende, de bedst lydisolerende og samtidigt de løsninger, der har de bedst opnåelige arkitektoniske, æstetiske og bevaringsmæssige egenskaber.

Ved den praktiske udførelse har bevaringsløsningen oven i købet den store fordel, at man kan montere det tætte forsatsvindue som det første, hvorefter selve istandsættelsen af de udvendige vinduer kan ske udefra, uden andre gener for beboerne end det tidsmæssige. Faktisk er den samlede stilladstid nogenlunde ens for istandsættelse, som for ud-

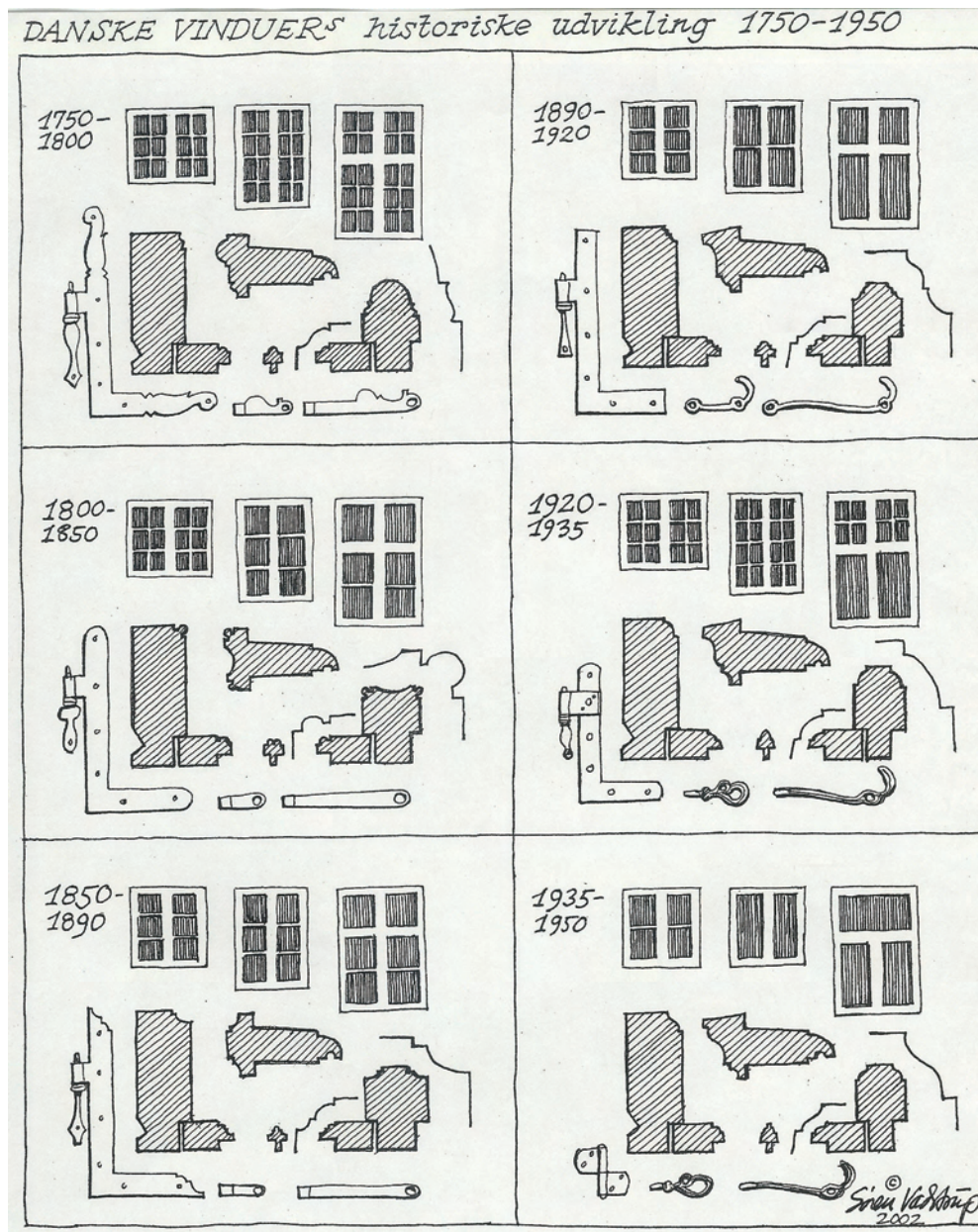
skiftning; men selvfølgelig kortere for den enkelte vinduesudskiftning.

Eneste minus for forsatsvinduerne er faktisk de to ekstra glasflader at pudse (de mellemste flader skal dog kun pudses hver 3. gang) samt det faktum, at vinduespladerne her i landet som oftest er fyldt med pottedplanter m.m. I en række lande, bl.a. Tyskland, Holland, Belgien, Frankrig, Italien og Spanien, der alle har indadgående vinduer, er dette imidlertid ikke noget problem, så det burde være noget, der er til at leve med.

Næst efter bevaringsløsningerne kommer, både ud fra en totaløkonomivurdering og i forhold til de øvrige parametre, et traditionelt fremstillet koblet vindue af 100% kernetræ til trods for, at dette er det dyreste vindue i konkret anskaffelse.

Sidst, og endda noget efter de tre traditionelle vinduesløsninger, kommer nye termovinduer af træ, træ/alu og plast. Til trods for at disse ofte er relativt billige i anskaffelse, indeholder de, de mest avancerede, moderne materialer og løsninger, f.eks. top-isolerende energiruder, plast og aluminium. At disse vinduer, som tidligere nævnt, ikke engang isolerer bedre mod kulden end de tre langt mere „primitive“ og enkle vinduesløsninger, samt at de både totaløkonomisk er langt de dyreste og miljømæssigt lang de mest miljøbelastende, kommer bag på de fleste.

Danske vinduers historiske udvikling 1750 - 1950



10 Samlede resultater

Raadvad-Centerets vinduesprojekter 1998-2004

Er der overhovedet gamle, originale vinduer tilbage i Danmark?

Ifølge Bygnings- og boligregisteret (BBR) findes der i dag en samlet bygningsbestand i Danmark på godt **3.5 mio. bygninger**, heri indbefattet boligbebyggelse, landbrugsbygninger samt produktions- og lagerbygninger.

Af disse er :

ca. 200.000 opført før 1900

ca. 1.100.000 opført i årene 1900-1960

ca. 2.200.000 opført i årene 1960-1995

Det vil sige, at vi har 1.3 mio. bygninger, der er opført før 1960.

Skønsmæssigt har hver af disse bygninger 16 vinduer i gennemsnit. Det vil sige, at der i alt er cirka 20 mio. vinduer i denne bygningsmæssige aldersgruppe.

Ifølge vinduesbranchen er der produceret cirka 22 mio. termovinduer i Danmark fra 1970 til 2003, hvoraf omkring 15 mio. er gået til vinduesudskiftninger på ældre bygninger.

Hvis vi antager, at der fra 1960 til 1970 er skiftet cirka 1 mio. vinduer, får vi et samlet antal udskiftede vinduer i Danmark siden 1960 på **16 mio. vinduer**.

Men, vi kan også konstatere, at der er omkring **4 mio.** eller ca. 1/5 af de gamle vinduer tilbage.

D.v.s. at en femtedel af alle bygninger ældre end 1960, svarende til ca. 260.000 bygninger, *ikke* har termoruder, men originale vinduer.

Med en udskiftningshastighed på ca. 400.000 vinduer om året er der om 5 år kun halvdelen af disse sidste 4 mio. vinduer tilbage og de er stort set væk om 10 år.

Raadvad-Centeret har konstateret, at ca. 95% af de gamle vinduer, der skiftes ud i dag, overhovedet ikke er i dårlig stand - tvært imod. Udskiftningen skyldes, at de er ofre for en utilstrækkelig viden og ukvalificeret tilstandsbedømmelse, manglende viden om istandsættelses- og vedligeholdelsesmetoder,

forkert behandling af vinduerne og ofte misvisende oplysninger fra vinduesproducenternes side.

Der bør derfor tages skridt til et stop for flere unødvendige vinduesudskiftninger i Danmark. Både af tekniske, arkitektoniske og kulturhistoriske grunde, bør man holde fast på og bevare de sidste 4 mio. vinduer i vores ældre bygningsmasse.

Der vil være et stort vinduesmarked i at skifte de allerede udskiftede vinduer fra 1970-erne, 80-erne og 90-erne, der allerede nu er ødelagte. De gamle, originale vinduer har derimod en restlevetid på mindst 100 år, og er dermed af en langt bedre kvalitet end selv de bedste nye energitermovinduer af træ, plast eller aluminium, der sælges i dag.

Bevarelse af de sidste eksisterende, originale vinduer i Danmark

Som nævnt ovenfor er der kun ca. 20% gamle, originale vinduer tilbage i Danmark – måske endda færre.

- Mindst 95% af disse kan sættes i stand og energiforbedres enkelt, nemt og billigt.
- Rigtigt vedligeholdt kan disse vinduer holde i mindst 100 år mere.
- Raadvad-Centeret har udviklet et (nu gennem over 5 år gennemprøvet og gennemtestet) system til istandsættelse af gamle vinduer af træ, der bygger på: En standardiseret tilstandsundersøgelse og -analyse, der opdeler vinduerne i 3 grupper, efter deres istandsættelsesbehov. En standardiseret, effektiv og miljøvenlig istandsættelsesmetode, der graderer istandsættelsen i 3 niveauer efter vinduets behov ifølge tilstandsanalysen:

Tilstandsregistrering og analyse for vinduer af træ

TILSTANDS-REGISTRERING og analyse for VINDUER af træ

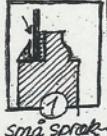
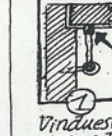
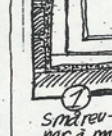
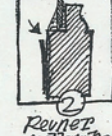
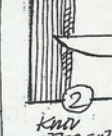
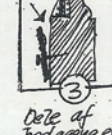
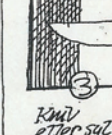
RAADVAD-CENTERET
tilstands-registrerings-system for vinduer af træ består af 10 punkter hvoraf de 6 er afgørende for hvilken slags istandsættelse og behandling, vinduet skal have.

Disse 6 punkter er vist nedenfor. En samlet vurdering ud fra de 6 punkter giver følgende muligheder:

- 1: Almindelig vedligeholdelse - begrænset, nemme og billige indgreb
- 2: Nønsom istandsættelse - begrænset, men lidt mere dybtgående indgreb, der kræver stillads
- 3: Total istandsættelse - en større, gennemgribende istandsættelse, som gamle vinduer erfaringsmæssigt først har behov for efter 100 år

Det er helt forkert, at det er meget uoverskueligt at vurdere og overskue gamle vinduers tilstand - og at det er uhyre besværligt, kompliceret og uoverskueligt at støtte dem i stand.

Gamle vinduer er som en åben bog. Skadetyperne er de samme, adfærdens synlige, og overskuelige, og i praksis, relativt få.

KITFASER	MALING	BESLAG	TRÆ	FALSE	FUGER	VINDUET skal have:
 1 Små sprækker mellem glas og kit	 1 Snavs, muligvis et let skimmel	 1 Rustpletter på beslagene	 1 Kniv eller syl: 1-3 mm	 1 Vinduesrammen trækker ikke til.	 1 Små revner i mortelfuger.	Almindelig vedligeholdelse
 2 Kitten løsnet eller faldet af	 2 Malingen krakelleret	 2 Rust mellem beslag og træ	 2 Kniv eller syl: 3-6 mm	 2 Vens fals-toerancer i sider og bund	 2 Udfaldne stykker mortelfuge	Nønsom istandsættelse.
 3 Glaset er løsnet, for tyndt	 3 Malingen er revnet og afskallet	 3 Døle af beslagene er løsnet	 3 Kniv eller syl: Over 6 mm	 3 Båndfalten har bagfald	 3 Gamle fugemasser fjernes	Total istandsættelse.

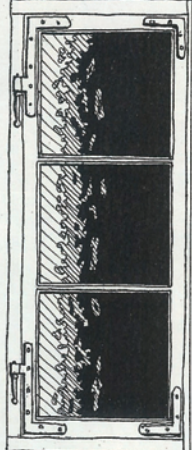
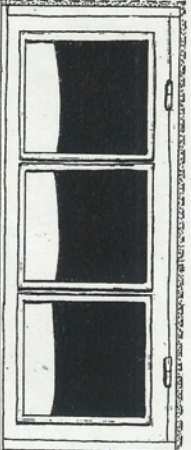
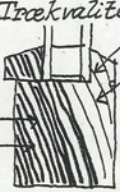
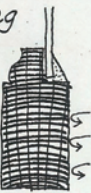
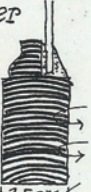
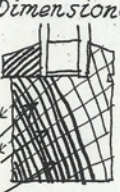
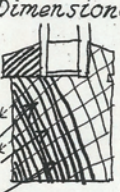
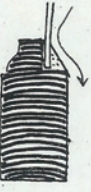
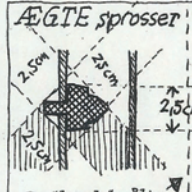
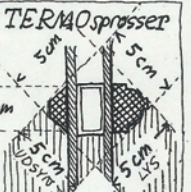
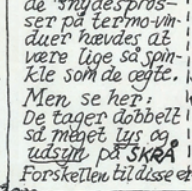
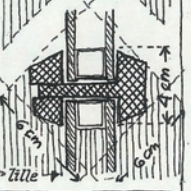
© Søren Vindstrup 2002

- I I almindelig vedligeholdelse, nænsom istandsættelse, total istandsættelse, herunder bl.a.: Miljøvenlig, partiel malings-afrensning på træ og jern. Rationelle reparationsmetoder. Maling med linolie-maling
 - II Standardbeskrivelsesværktøjer for denne istandsættelse med veldefinerede kvalitets- og udfaldskrav af det udførte arbejde.
 - III Dette materiale er frit tilgængeligt for alle. Der er udgivet bøger, hæfter, brochurer om emnet og der er gennemført landsdækkende informationskampagner i 1998 og 2002.
- Raadvad-Centeret har endvidere udviklet og gennemprøvet et standardvedligeholdelsesprogram for linolie-malede vinduer med et gennemsnitlige tidsforbrug på max. 24 min. pr. vindue pr. år over 30 år, inkl. to større check hvert 15. år, hvorved vinduet kan fremstå som nyt efter 30 år.



Foto: Raadvads Bygningssyn

Tekniske kvaliteter

TEKNISKE KVALiteter ved gamle, originale vinduer		TEKNISKE SVAGHEDER ved nye termovinduer	
Trækvalitet 100% kerne- træ er selv- prægnet Densitet, $0,5-0,65 \text{ g/cm}^3$ 	ORIGINALT Vindue fra før 1960 	NYT TERMO- vindue i DVC-standard 	Trækvalitet Kun 60% kerne- træ er alt for råd 
Årer-retning Spejlskæ- ret træ holder vandet ude, revner ikke og svinder ikke 			Årer-retning Plan- skåret træ suger vand gennem mar- strålerne 
Dimensioner Spinkle dimen- sio- ner afgiver hurtigere fugt en kraftige dimensioner > 2,5 cm 	Når gamle originale vinduer skiftes ud med nye termovinduer sker der på alle områder en forrin- gelse af kvalitet, holdbarhed og testetik. 	Dimensioner Kraftige dimen- sio- ner holder længe på fugt 	
Glathed Vinduet er helt glat uden- digt, så vand ikke lægger sig 	ÆGTE sprosser 	TERMO sprosser 	Glathed Kraftige frem- spring giver vand- løb 
Overflade behandling Vinduet er malet med linolie der tillader fugten at trænge ind og ud 	De "tynde" pålime- de "nydespros- ser" på termovin- duer hævdes at være lige så spin- kle som de ægte. Men se her: De tager dobbelt så meget lys og udsigt på SKRA Forskellen til disse er lille 	Overfladebehandl. Plast- og acryl- maling kan op- hobe fugt i våde perioder 	

© Søren Vindhøj 2002

Markedets udvalg af termovinduer af træ, plast eller aluminium

Moderne termovinduer, der sælges som teknikkens nyeste vidundere med fine certificeringsordninger, stempler og mærkningsordninger, indeholder en række graverende fejl:

Kuldebroeffekt

Termoruderne har en markant kuldebroeffekt langs skilleprofilerne, der dels reducerer isoleringseffekten ved små rudeformater, dels skaber risiko for termiske brud fordi glasset, som følge af kuldebrovirkningen langs kanterne, opvarmes uensartet.

Vægt og tykkelse

Den forholdsvis store vægt og materialetykkelse medfører voldsomme dimensioner og store belastninger på beslag, store vandsamlende fremspring m.m.

Konstruktion

Termovinduer er materialemæssigt bestående af sammensatte materialer, der ikke arbejder godt sammen indbyrdes: Glas, der er limet til metalprofiler, plast med metalprofiler inde i, aluminium fæstnet til træ osv. Der sker en gradvis udsivning af den dyre gasfyld, der skulle sikre ekstra god isoleringsevne. Der gives derfor kun 5 års garanti og den reelle levetid for termoruderne alene er i gennemsnit 17-20 år.

Drift- og vedligeholdelsesomkostninger

Med en reel levetid på 17-20 år for selve termoruderne, er man i den drift- og vedligeholdelsesmæssige situation, at ramme-karmmaterialerne af træ, plast eller aluminium måske godt kan holde i relativt lang tid, men man er nødt til at skifte vinduets væsentligste element: Termoruden.

Bygningsreglementet

Udregner man den reelle U-værdi (varmetabskoefficient) for hele vinduet,

og ikke kun rudens midte, efter den standard, der siden sommeren 2000 har været gældende som DS-418, „Bygningers varmetab“ tillæg 4 og i „Bygningsreglementet „fra 1995 BR95, tillæg 1, hvor der tages hensyn til linietab og ramme-karmkonstruktionens U-værdi, vil man bemærke at langt fra alle nye termovinduer opfylder Bygningsreglementets krav om en samlet U-værdi på 1.8 W/m²K-. Det gør de energiforbedrede, 100-200-årige gamle vinduer derimod!

Standardvinduer er ofte dårligt arkitektonisk tilpasset til ældre bygninger:

Forkerte proportioner:

Rudeformater, karmdimensioner, lodpost dimensioner, rammedimensioner, sprossedimensioner, glaslister.

Forkerte detaljer:

Sprosser, beslag, dybde til rudeplan, affasede kanter, kraftige glaslister m.m.

Forkerte materialer og overflader:

Plast, aluminium, skinnende glaslister, spejlende termoruder.



Konklusion

For ældre bygninger, d.v.s. huse opført før 1960, medfører de eksisterende vinduer tre problemstillinger:

- 1: Bevaring af de sidste gamle, originale vinduer– herunder den håndværksmæssige istandsættelse og efterfølgende vedligeholdelse af disse.
- 2: Energiforbedring af de eksisterende gamle et-lags vinduer af træ.
- 3: Isætning af nye vinduer, fordi de eksisterende vinduer er dårlige. Dette kan enten være fordi de gamle, originale vinduer allerede er skiftet ud i 1970-erne, 80-erne eller 90-erne, eller fordi de gamle vinduer ikke står til at redde. Er de gamle vinduer gode, hvad de erfaringsmæssigt er for 95% vedkommende, skal de istandsættes og energiforbedres, jvf. (1).

Indenfor alle tre områder har Raadvad-Centeret i årene 1998-2004:

- Udviklet og gennemprøvet nye metoder og nye produkter, der alt i alt har forenklet og billiggjort processen for husejerne, samt gjort den mere overskuelig.
- Dokumenteret og beskrevet metoder, tekniske fakta og resultater, samt økonomiske aspekter.
- Udarbejdet detaljerede arbejdsbeskrivelser, beskrivelsesværktøjer, materiale-specifikationer og veldefinerede udfalds/kvalitetskrav.
- Sørget for at såvel produkter som metoder er tilgængelige, herunder at der findes håndværksfirmaer, der kan udføre istandsættelsen, energiforbedringen eller nye vinduer efter principperne for Raadvad-Vinduet.

- Afholdt kurser for håndværkere, rådgivere og husejere, forsynet markedet med web-materialer, publikationer, uvildig rådgivning m.v. samt gennemført landsdækkende kampagner, avisartikler m.v.

Modstående side

Forslag fra 2003 til energimærkning af nye vinduer fra Energistyrelsen bl.a. på baggrund af Raadvad-Centerets vinduesundersøgelser.

Vinduet i klasse A er Raadvad-Vinduet 1+2 Forsats, samt istandsatte gamle vinduer med forsats 1+2.

Vinduet i klasse B er Raadvad-Vinduet 1+1 Forsats, samt istandsatte gamle vinduer med forsats 1+1 Endvidere Raadvad-Vinduet 1+1 koblet.

Vinduerne i klasse C.
Her kommer de bedste termovinduer først.

Energistyrelsens forslag fra 2003 til energimærkning af vinduer.

Danish Energy Authority

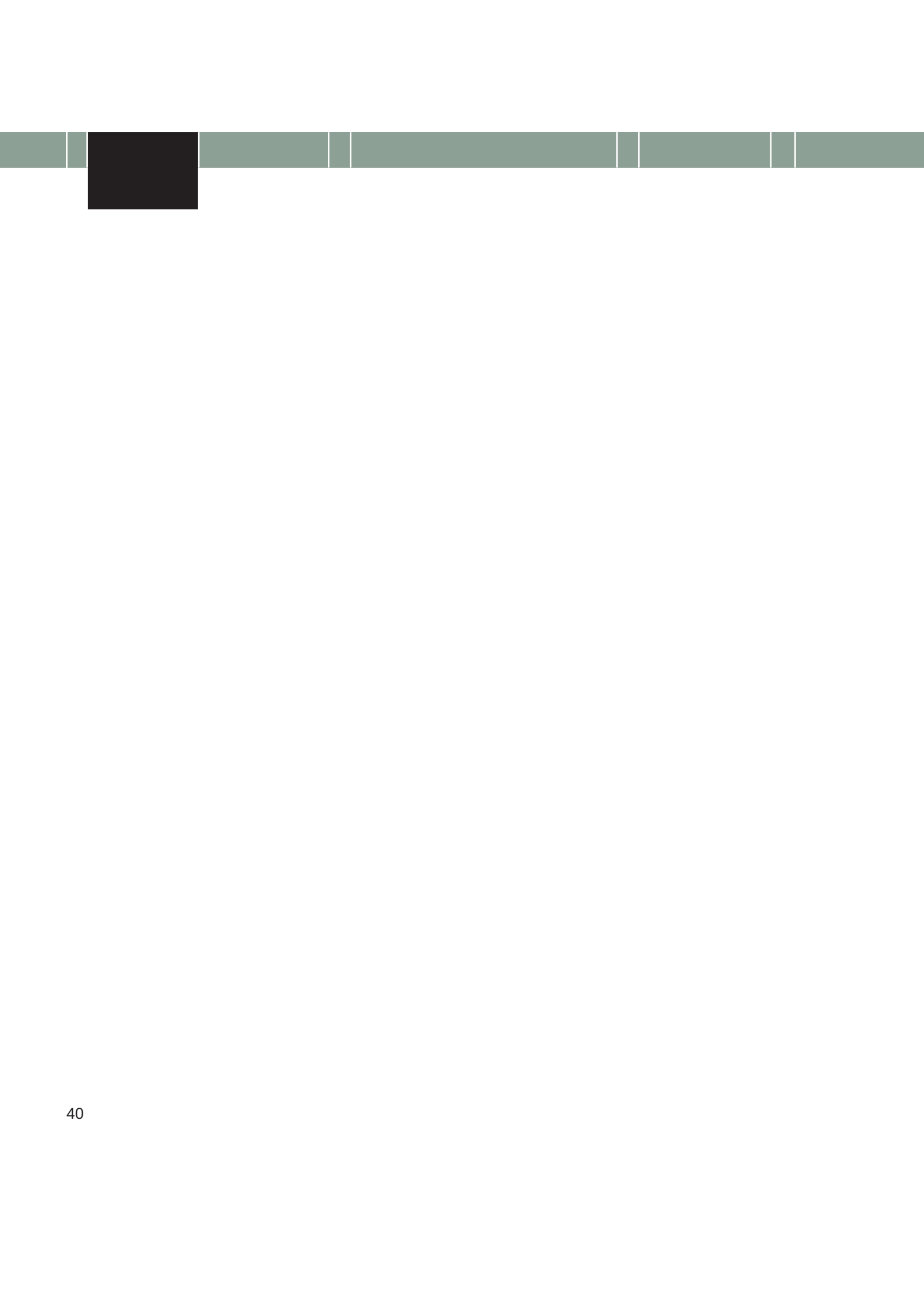
CLASSIFICATION OF WINDOWS

CLASSIFICATION OF 14 COMMON WINDOWS AVAILABLE IN DENMARK				
		U	g	DK
	Alle vinduer Dannebrogsvinduer i størrelsen 1,23 1,48 (standardstørrelse)			E=196,4g-90,36U
1	Traditionelt vindue med forsats energirude (1+2 lag glas)	1,3	0,32	-55
2	Traditionelt vindue med forsats energiglas (1+1 lag glas)	1,7	0,43	-69
3	Nyt trævindue, 1,1 energirude, falsk sprosse, varm kant	1,56	0,33	-76
4	Nyt trævindue, 1,1 energirude, gennemgående sprosse, varm kant	1,61	0,33	-81
5	Nyt trævindue, 1,1 energirude, falsk sprosse, kold kant (det normale)	1,65	0,33	-84
6	Nyt trævindue, 1,1 energirude, gennemgående sprosse, kold kant (det normale)	1,71	0,33	-90
7	Nyt alu beklædt trævindue 1,1 energirude, falsk sprosse, kold kant	1,73	0,33	-92
8	Nyt alu beklædt trævindue 1,1 energirude gennemgående sprosse, kold kant	1,79	0,32	-99
9	Nyt træ/alu vindue, 1,1 energirude, falsk sprosse, kold kant	2,03	0,4	-105
10	Nyt plastik vindue, 1,1 energirude, falsk sprosse, kold kant	1,86	0,3	-109
11	Nyt plastik vindue, 1,1 energirude, gennemgående sprosse, kold kant	1,89	0,29	-114
12	Nyt træ/alu vindue 1,1 energirude gennemgående sprosse, kold kant	2,21	0,39	-123
13	Traditionelt vindue med "gammeldags" forsatsglas (1+1 lag glas)	2,4	0,46	-127
14	Nye vinduer i træ, træ/alu eller plast med "gammeldags" termoruder	2,5 - 3,0	0,39 - 0,51	142 to 170
CLASSIFICATION PROPOSAL FOR DENMARK BASED ON AVAILABLE WINDOWS AND EXISTING ARCHITECTURE				
A	CLASSIFICATION BOUNDARIES ACCORDING TO STANDARD ENERGY BALANCE			less than 65
B	FOR STANDARD WINDOW IN STANDARD HOUSE UNDER STANDARD EVERYTHING			66 - 75
C	(ENERGY BALANCE IS NEGATIVE, kWh/m2/year)			76 - 85
D				86 - 105
E				106 - 125
F				126 - 145
G				more than 146

Disse vinduer opfylder ikke Bygningsreglementet af 1995 idet vinduet højst må have en U-værdi på 1,8 W/m2K

Vinduer med energiklasse A, B og C kan mærkes som "Energi vinduer"

Energimærkningen er et resultat af det europæiske energimærkningsprojekt EWERS.
Det danske system er bl.a. publiceret i „Servicehåndbogen“ Kbh. 2003



11 English summary

Old and new windows in old houses
Technical qualities and durability, improved repair methods, energy improvement, noise muffling, daylight quality and long term economy and costs.

By Søren Vadstrup, Architect MAA
Thomas Kampmann, Architect MAA, Civ. Ing.
May 2004

Five misunderstandings about preservation, repair and replacement of old windows

When you deal with preservation and upkeep of old windows, you often come across a number of technical and economical arguments in favour of replacement with new, modern windows, which seem quite convincing to most people:

1. Wood is generally regarded as a poor and weak material for windows. It decomposes, catches dry-rot and is troublesome to deal with. Plastic and aluminium is much better.
2. It is considered to be more expensive to preserve and energyimprove old wooden windows than to replace them with new double-glazed windows, made of plastic or aluminium.
3. Maintaining old windows is supposed to give you a lot of expenses and trouble. You have to repaint windows every five years, with a lot of costs and efforts. Plastic and aluminium is maintenance free.
4. Old wooden windows are expected to have poorer insulating properties than new windows of wood, plastic or aluminium with thermal panes.
5. New thermal panewindows of wood, plastic or aluminium, provided with small frames and bars, almost look like the old windows.

Scientific research shows the opposite facts

In 1999-2002 the Raadvad-Centre, the Ministry of Environment and Energy and the Technical University of Denmark carried out the first proper scientific comparison and tests between various window constructions of precisely the same size and equal

shaping. Contrary to what most people believe, these tests proved each of the five points above to be false:

1. Wood is beyond all comparison the most suitable material for windows. It has outstanding durability, clearly proved by the thousands of old, original windows, which have lasted for 150 - 200 years or more, and which, correctly maintained, can last for at least 100 more years.

The Raadvad Centre has shown that correctly maintained wood will become harder and harder, more and more water repellent and therefore stronger and stronger over the years. Quite the opposite is the case with all other materials, including plastic and aluminium.

95% of all the old windows, which have been replaced during the last 30 years, should never have been changed, as they represented better quality and better durability than the new windows. The replacement was due to a lack of knowledge of the qualities of the old windows and too little knowledge of the practical repair methods for these.

To avoid this in the judgment of windows, the Raadvad-Centre has developed and implemented a standard inspection method for the technical and historic state of windows.

2. It is clearly cheaper both to repair and at the same time energy-improve old wooden windows instead of replacing them with new windows with thermal panes.

The Raadvad-Centre has therefore developed and implemented a series of new effective and rational repair methods for old windows, built on a principal of graded intervention, depending on the technical state of the window.

This is a result of a standardized and defined inspection which aims at preservation and only total renewal with replacement if no res-toration effort can save the window.

These repair methods grades the actual win-dow according to three possible repair-methods, depending on the result of the inspection:

- I Regular maintenance
- II Small repairs
- III Complete repair
- IV Total renewal of the window

It may often be necessary to complete the existing windows of grade 1-3 with inside energy improvement with double energiglass.

These repair methods also imply an environmentally friendly, technically optimal and effective method for stripping old paint layers from the wood.

3. A long term calculation will show that it is al cheaper to maintain old wooden windows in preference to new thermal pane windows of wood, plastic or aluminium.

This is due to the relatively short life span of the thermal panes - 17 years in average. In the running costs for the maintenance, for instance over 30 years, you therefore have to include the replacement of the thermal panes - presumably the whole new window - after 17 - 20 years.

The Raadvad-Centre has therefore developed and implemented a maintenance-programme for old wooden windows, divided into well described routines to be carried out every year, every fifth year and every 10th-15th year.

4. The most surprising result of the research was that old windows with one layer of glas, when being energy improved with inside glazing with coated energy glass have 30-50% better insulation properties as compared to similar thermal windows with one layer of coated energiglass. This has been documented in two ways. By official computer calculations, also taking the passive solar heat into account, and secondly by measurements in a hot-box.

This fact is due to the discovery that the metal edge of the thermal panes forms a critical thermal bridge along the whole edge. When the panes are relativelysmall, as they are in windows with four frames and bars, the thermal panes are very ineffective.

It is important that these calculations are made for the window as a whole, including the window sills, the window frames and the bars – and **not** only for the center of the frame.

The margin of error might bee 100% or more for the two methods of calculation. It can therefore be stated as a proven fact that thermal panes are decidedly unsuitable for small frame-sized windows, and con-sequently they will be a wrong choice for an old house. This ought to have the consequence that all shifting of old original windows with new thermal pane windows must stop.

5. New thermal windows of wood, plastic or aluminium, even provided with small frames and bars, do not in any way have the same architectural qualities, aesthetic qualities or elegant design as the old, original windows. The dimensions, the proportions, the mouldings, and the historic authenticity should be taken into consideration.

The Raadvad-Window

After having examined the market for new windows for old houses, the Raadvad-Centre found that a genuine, new wooden window, of the same elegant design as the old windows and produced the same way, but with modern machinery, was absent from the market.

Therefore, the Centre entered into close cooperation with three established factories for wooden windows in order to create an architecturally accommodated new window, in authentic design for old houses – houses which have already lost the original windows ones during the 1970's, 80's or 90's.

The Raadvad-Window has three different constructions of the double glazing:

1. Coupling frames with energy-glass 1+1 (two layers of glass)
2. Inner secondary window with energy-glass 1+1 (two layers of glass)
3. Inner secondary window with thermal pane 1+2 (three layers of glass)

See drawing page 12.

The Raadvad-Window is furthermore designed with six different mouldings on the window sills window frames and bars, corresponding to the age and architecture of the house: •1750 •1800 •1850 •1890 •1920 •1935.

The wood quality is 100% heartwood of pine, radially cut and painted with linseed oil paint. The frames are provided with drawn glass, adhered with putty. The six designs can be delivered with standard hardware or, as a variation, with hand forged iron hardware, mouth blown panes and special mouldings.

Three windowfactories produce the Raadvad Window so far. The factory direct the client to professional advice about the specific house in question.

The Raadvad-Window is about 20-25% more expensive than the average thermal pane windows on the market, but as the Raadvad-Window insulates 30-50% better, as it has a durability of 150-200 years and a written guarantee of 30 years. It is far more elegant, beautiful and well adapted to the old house and this difference in price is regarded marginal.

The Raadvad-System for energy improvement of old windows

The new Raadvad- Windows with inner secondary window 1+1 (with two layers of glass) and inner secondary window 1+2 (with three layers of glass) are both produced as two separate parts, the exterior window and the inner secondary window. It is another option is to produce and sell the inner secondary windows separately – as a well designed system for energy improvement of old windows.

These Raadvad Interior Secondary Windows are supplied in two variations: 1+1 and 1+2, with two or three layers of glass in total. The inner windows are made of hardwood pine, they have a very elegant design, a light construction and delicate mouldings. They are provided with coated energy glass. Please see drawing page 14.

Measurements of traffic noise and daylight coming through the window

The design and development of the new Raadvad-Window, the Raadvad-System for energy improvement of old windows, plus the documentation for energy and total economy for these, were made in 2002-2003, cofinanced by the foundation, Grundejernes Investeringsfond and carried out in cooperation with the Technical University of Denmark. As a part of this, the Raadvad-Centre also carried out exact measurements of the noise muffling of different window types, especially the various types of the Raadvad-Window. This was undertaken together with the company DELTA-lyd in Aarhus.

Furthermore, some evaluations of the same window types for the quality of the daylight were carried out in cooperation with the Danish Building Research Institute.

The traffic noise measurements showed that the Raadvad-Window with inner secondary windows with energy-glass 1+1 (two layers of glass) - and especially with inner secondary thick glasses has much better noise muffling for heavy traffic noise than other window constructions or products on the market. This also includes the range of specially constructed "noise-muffling-windows" with specially improved thermal panes.

The conclusion is that there is no objective reason for changing the original windows in old houses placed close to roads with heavy traffic. The old windows can be renovated and energy improved with interior secondary windows with thermal panes, which will ensure optimal noise muffling, optimal energy- savings and the lowest costs.

The evaluation of the daylight properties and capacity for the various windows shows to be less factual. A group of persons were handed a questionnaire and the task to assess a range of factors regarding the daylight quality in a test room. Five different windows were alternately placed in an opening in the outer wall, and the persons were asked to observe the daylight in the test room and fill in the forms. The test was carried out both in bright sunshine and in overcast weather. It took place in February, 2003.

The most obvious result was that the original window, without interior double glazing or anything else, was evaluated to have by far the most beautiful and intense daylight.

As the Raadvad Interior secondary window can be removed in the summer, it has a high score in the daylight test.

On this background the Raadvad Window for energyimprovement of old windows is a great advantage for the preservation of old windows.

An artikel about windows in older houses deals with saving energy, reducing noise and total environmental and economical calculations can be found at www.gi.dk

Diagram for energy impact and total costs for repaired or changed

		Repair	Repair	Replacement	Replacement	Replacement	Replacement
	Window-constructions	+ Raadvad Inner 1+2	+ Raadvad Inner 1+1	Raadvad-Wind. 1+1 coupled	Thermal Wind. /wood	Thermal Wind. of wood/alu	Thermal Wind. of plastic
	U-value	1.3 W/m ² K 1	1.7 W/m ² K 2	1.7 W/m ² K 2	1.9 W/m ² K 3	2.2 W/m ² K 4	1.9 W/m ² K 3
	Energy-loss /year	A ÷49 kWh/m ² 1	÷60 kWh/m ² 2	÷ 68 kWh/ m ² 3	÷ 84 kWh/ m ² 4	÷ 105 kWh/ m ² 5	÷ 109 kWh/ m ² 6
	Environmental impact	5,0 mPE 1	5,0 mPE 1	5,0 mPE 1	10,4 mPE 3	11,9 mPE 4	10,5 mPE 3
	Purchase-price/ Production costs	B 1.013 • 5	878 • 3	1.115 • 6	845 • 1	959 • 4	870 • 2
	Life expectancy	C 100 years	100 years	200 years	30 years	40 years	35 years
1	Cost/year/ 30 years	D 34 •	29 •	37 •	28 •	33 •	29 •
	Waste disposal at replacement	E 0 •	0 •	61 •	61 •	61 •	61 •
2	Cost/year for E/30 years	F 0 •	0 •	3 •	3 •	3 •	3 •
	Replace thermal pane after 20 år	G 246 •	0 •	0 •	270 •	266 •	259 •
3	Cost/year for G/ 20 years	H 12 •	0 •	0 •	14 •	13 •	12 •
4	Maintenance costs/year	I 17 •	17 •	17 •	12 •	9 •	7 •
5	Heat loss/year through window	J 10 •	13 •	14 •	19 •	22 •	23 •
	Total cost/year (30 years)	K 73 •	59 •	71 •	76 •	80 •	74 •
	Position	3	1	2	5	6	4
6	Traffic noise muffling	L 45 dB	42-45 dB	35 dB	35 dB	35 dB	Not stated

Notice:

1.9 W/m²K = The U-value for the thermal panewindows with small frames does not meet the required demands from the Danish Building Regulation of a maximum limit of 1.8 W/m²K. Therefore they are in practice not legal to use.

12 Litteratur og kilder

Vadstrup, Søren:

Gode råd om vedligeholdelse og istandsættelse af vinduer.

Raadvad-Centeret 1998.

ISBN 87-984992-3-8

Vadstrup, Søren:

Vedligeholdelse og istandsættelse af vinduer.

Raadvad-Centerets Anvisningsblade til

Bygningsrørstaurering.

Raadvad-Centeret 2000.

Vadstrup, Søren:

Total istandsættelse af vinduer af træ.

Raadvad-Centerets Anvisningsblade til

Bygningsrørstaurering.

Raadvad-Centeret 2000.

Vadstrup, Søren:

Gode råd om vinduer i ældre bygninger.

Raadvad-Centeret 2002.

Kampmann, Thomas:

Vinduers Varmetab.

Energi-, kondens- og lydforhold for nye og gamle vinduer i ældre bygninger før 1950.

Raadvad-Centeret 2002.

Laustsen, Jacob Birk og Svend Svendsen:

Bestemmelse af de varmetekniske egenskaber af forsatsvinduer og koblede vinduer – eksperimentelt og beregnet.

Sagsrapport, BYG-DTU SR03-17, 2003.

ISBN 1601-8605.

DELTA, Dansk Elektronik, Lys & Akustik.

Teknisk Notat AV184/03 af 2. juli 2003

Olesen, Henrik S.: Laboratoriemålinger af

lydisolation for Raadvad-Vinduerne 1850 og 1920.

By og Byg, Intern Publikation.

Statens Byggeforskningsinstitut 2003

Johnsen, Kjeld:

Vurdering af dagslysforhold ved forskellige forsatsløsninger på dannebrogsvinduer.

By og Byg: Dokumentation 046

Miljøvurdering af vinduer.

Statens Byggeforskningsinstitut 2003

Øvrig litteratur:

Viden om Vinduer - en cd-rom om vindues-istandsættelse og udskiftning.

Lading arkitekter + konsulenter A/S

ISBN 87-990073-0-4

Lading arkitekter + konsulenter A/S 2004

Udgivet med støtte fra Erhvervs- og Boligstyrelsen & Grundejernes Investefonds.

Kan købes hos: lading@mail.dk eller hos

Byggecentrums Boghandel.

Bedre Vinduer - en vejledning for bygningsejere

Lading arkitekter + konsulenter A/S i samarbejde med SBS Aarhus.

ISBN 87-988882-3-4

Grundejernes Investefonds 2004

Juridiske og økonomiske problemstillinger ved vinduesrenovering

DLA Nordic.

ISBN 87-988882-4-2

Grundejernes Investefonds 2004

Artikler: se www.gi.dk

Støjgener!

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

Af Arkitekt m.a.a. & Civ. Ing. Thomas Kampmann

Vinduers samlede miljøbelastning.

Livscyklusanalyse af fire vinduestyper -eller hvordan man billigt og bekvemt begrænser CO2 udslippet mærkbart.

Af Arkitekt m.a.a. & Civ. Ing. Thomas Kampmann

Hvad koster et vindue?

Totaløkonomisk valg af vinduer.

Af Arkitekt m.a.a. & Civ. Ing. Thomas Kampmann

Hjemmesider:

www.gi.dk

www.sbsby.dk

www.bygningsbevaring.dk

www.lading-arkitekter.dk

www.bygningskulturltraad.dk



www.gi.dk

Ny Kongensgade 15
1472 København K
Telefon 82 32 23 00
Telefax 82 32 23 01
E-mail gi@gi.dk

Bispegården, Fredensgade 36
8000 Århus C
Telefon 82 32 26 00
Telefax 82 32 26 01
E-mail aarhus@gi.dk

