

Søren Vadstrup

november 2017

Bevaringsværdige bygninger –

Gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold

Kolofon:

Bevaringsværdige bygninger – gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold
1. udgave

Forfatter:
Søren Vadstrup, arkitekt maa
Center for Bygningsbevaring i Raadvad

Udarbejdet i sammenhæng med:
Søren Vadstrup: Bevaringsværdige bygninger – sikring af bevaringsværdier, 2017
tidligere udgivet af Socialministeriet, 2006 og Velfærdsministeriet, 2010

Fotos og illustrationer:
Søren Vadstrup og Center for Bygningsbevaring

Layout: Linda Balle

ISBN:

Udgivelsen er støttet af byfornyelseslovens forsøgsmidler,
idet indholdet ikke nødvendigvis er udtryk for Trafik- Bygnings- og Boligstyrelsens holdninger.

I eksemplerne i kapitel 5 er bygningernes bevaringsværdier,
herunder SAVE-vurderinger, foretaget af arkitekt maa Arne Høi og
energiberegningerne foretaget af arkitekt m.aa og civ. ing. Thomas Kampmann.

Søren Vadstrup

November 2017

Bevaringsværdige bygninger –

Gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold

1. Indledning 5

2 Hvad er en bevaringsværdig bygning 7
2.1 SAVE-Systemet 7
2.2 FBB-Databasen 8
2.3 Hvad betyder det, at et hus er bevaringsværdigt? 8
2.4 Er mit hus bevaringsværdigt? 9
2.5 Sikring af bevaringsværdierne 10
2.6 Støttemuligheder 10

3 Energiforbedring med respekt for bevaringsværdierne 12
3.1 Kan ældre bygninger energiforbedres til samme niveau som nye bygninger? 13
3.2 Ældre huse er ofte mere bæredygtige end nye 14
3.3 Grunde til at energiforbedre bevaringsværdige bygninger 15
3.4 Bevarings- og energisyn på ældre bygninger 16
3.5 Prioriterede energiforbedringer 18

4 Gode løsninger til energiforbedringer 20
4.1 Brugeradfærd 20
4.2 Generelt om energiforbedringer på ældre huse 20
4.3 Praktiske erfaringer med energiforbedringer gennem 20-25 år 22
4.4 Brædder og puds i stedet for plastik-dampspærrer 24
4.5 Energimærkning af bygninger 25
4.6 Efterisolering af gulve, vægge, etageadskillelse og tag 26
4.7 Energiforbedring af vinduer og døre 42

5 Eksempler på gennemførte energiforbedringer med respekt for bevaringsværdierne 52
5.1 Murermestervilla fra 1927 i Køge 52
5.2 Yderligere energiforbedringer på samme murermestervilla i Køge 53
5.3 "Jægergården", Enfamiliehus fra 1737 i Fredensborg 55
5.4 "Sognefogedgården", bindingsværksgård fra 1740 i landsbyen Viby ved Kerteminde 57
5.5 Etageejendom fra 1735, Krystalgade 11 i København 59

6 Indeklimaforhold i ældre bygninger 63
6.1 Indeklimaet i gamle huse 64
6.2 Moderne indeklimaproblemer 66
6.3 Rumtemperaturen 66
6.4 Fugtforhold 68
6.5 Mug og skimmel 70
6.6 Sunde materialer 72
6.7 Dagslysforhold 75
6.8 Lydisolering 77
6.9 Indeklimaforhold specielt ved efterisolering af ældre bygninger 79

7 Isoleringsmaterialer og isoleringsmetoder 81
7.1 Generelt om isoleringsmaterialer til bygninger 81
7.2 Gennemgang af 23 forskellige isoleringsmaterialer 83
7.3 Uorganiske isoleringsmåtter og granulat 85
7.4 Organiske isoleringsmåtter og granulat 86
7.5 Lette, faste plader eller kugler 87
7.6 Tungere plader eller kugler 88
7.7 De nye og meget effektive isoleringsmaterialer 94
7.8 Reflekterende tynde måtter 96
7.9 Kommenteret oversigt over eksisterende isoleringsmaterialer til bygninger 97
7.10 Skema over isoleringsmaterialer og anvendelser 98

8 Litteratur og links 99

Bilag A: Bygningsreglementet anvendt på de bevaringsværdige bygninger 101
Bilag B: Bygningsreglementet anvendt på de bevaringsværdige bygninger 106

Ordforklaringer 113





Gammel viden kan også blive til ny. Allerede i 1700-tallet påviste digteren og videnskabsmanden Johan Wolfgang von Goethe (1749 – 1832), at man kan sænke rumtemperaturen i en rødmalet stue med 3°C, i forhold til en blåmalet stue, og alligevel opnå samme varmemæssig komfort (Kilde: Den store danske: Goethes Farvelære). Det er afprøvet i denne lejlighed på Christianshavn. Med limfarver, naturligvis, som på Goethes tid. Det virker næppe med plastikmaling.

Indledning

Det globale klima er under mærkbar forandring i disse år, og i hele verden spekuleres der over konsekvenserne, samt hvad man kan gøre for at modvirke denne udvikling.

Et klart modtræk hertil er at reducere de enkelte borgeres og beboeres – og dermed de enkelte lande og byers energiforbrug. Da opvarmningen og afkølingen af de bygninger, vi bor eller arbejder i, står for en tredjedel af verdens samlede energiforbrug, var dette et oplagt sted at tage fat.

De 'bevaringsværdige bygninger' i Danmark, som denne håndbog handler om, er per definition bygninger, der er ældre end 1940, men i de senere år er disse også udstrakt til nyere bygninger, bl.a. fra perioden 1940-60. Dette passer godt med, at nyere forskning (se litteraturlisten) har vist, at der går et relativt skarpt *byggeteknisk* skel i dansk byggeskik mellem bygninger, der er opført *før ca. 1960* – og bygninger, der er opført *efter ca. 1960*. Dette gælder først og fremmest de materialer, som bygningerne er opført med – og derfor konsekvent skal vedligeholdes med – men dernæst også de bygningsfysiske principper, husene afspejler i deres byggeskik og konstruktioner.

Dette gør sig ikke mindst gældende i forhold til valget af materialer og metoder til energiforbedring af bygninger, opført før 1950-60, som det vil fremgå af denne publikation. Det er meget vigtigt, at energiforbedringerne på ældre bygninger udføres på en sådan måde, at husets tekniske og arkitektoniske kvaliteter ikke forringes. Nyere undersøgelser har vist, at det godt kan lade sig gøre at energiforbedre ældre bygninger på en nænsom måde, der ikke ødelægger deres bevaringsværdier, og så de samtidigt lever op til den nugældende standard for helt nye huse.

Det, man yderligere opnår ved at benytte de såkaldte 'klassiske' materialer og principper, der adskiller sig en del fra dem, der benyttes ved nyere bygninger, er en høj grad af *bæredygtighed*, forstået som meget lang holdbarhed og levetid, sunde og gode bygninger, med et godt indeklima, samt en enkel og videnbaseret vedligeholdelse – og dermed en *ægte*, cirkulær genanvendelse af stort set alt.
Og her har vi kun talt om byggeteknik. Den ældre bygningsmasse repræsenterer en meget væsentlig del af de ældre by- og bygningsmiljøer, som præger vores byer, landsbyer og landskaber, som vi færdes dagligt i – og som mange kan lide at se på og opleve – samt arbejde og bo i.

Formålet med denne håndbog er at informere om en række principper for, hvad man som ejer, rådgiver og myndighed skal være opmærksom på, når man energiforbedrer ældre bygninger opført før 1950-60, så disse bevarer deres arkitektoniske udtryk og historiske og kulturhistoriske værdi.

Målgruppen for håndbogen er først og fremmest selve ejerne af de bevaringsværdige bygninger – og andre bygninger, ældre end 1950-60, samt nyere for den sags skyld. Dernæst er håndbogens målgruppe de håndværkere, der skal udføre energiforbedringerne, de rådgivere, der projekterer og rådgiver om disse, samt de myndigheder, herunder de kommunale forvaltninger, der skal give tilladelser og evt. bevilge økonomiske tilskud.

Bogen opstiller som led i dette tre grader af energiforbedrings-indgreb på ældre bygninger med faldende positiv konsekvens over for husets bevaringsværdier og oprindelige arkitektoniske udtryk, sluttende med eksempler på generelt uacceptable metoder.

Undersøgelser af de konkrete energiforhold for konkrete, ældre bygninger, der danner det videnskabelige grundlag for denne publikation, viser, at bevaringsværdige bygninger, der efterisoleres i henhold til kategorierne 1-2 i mange tilfælde vil kunne opfylde den nugældende standard for isolering af nye bygninger.

Ved bevaringsværdige bygninger er de bærende bevaringsværdier hovedsagelig knyttet til gadefacaden, inklusive tagfladen, skorstene og eventuelle synlige gavle – men ikke til bagsiden eller husets interiører. Derfor skal man ved ombygninger og energiforbedringer på huset være opmærksom på, at man for de bygningsdele og de installationer, der ikke er omfattet af bevaringsværdierne, eksempelvis indvendigt i husene, skal opfylde Bygningsreglementets energikrav i samme grad som andre ikke-bevaringsværdige huse.

For en bevaringsværdig bygning, hvor facaderne, tagfladen samt vinduer og døre m.v. har en særlig arkitektonisk værdi, der ligger til grund for udpegningen, men hvor disse skal udskiftes eller energiforbedres, indeholder byggelovens § 22 en hjemmel til, at kommunen kan dispensere fra energikravene. Som det vil fremgå, kan de fleste af de løsninger, der anvises i denne håndbog, dog godt overholde Bygningsreglementets energikrav, uden at husets bevaringsværdier eller arkitektoniske kvaliteter forringes – og uden at kommunen derfor behøver at give en dispensation.

På fredede bygninger skal ejeren under alle omstændigheder indhente tilladelse fra Slots- og Kulturstyrelsen, før energiforbedringsarbejderne kan udføres.

Med udgivelsen af den nærværende håndbog *'Bevaringsværdige bygninger – gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold'* har de ministerier, myndigheder og institutioner i Danmark, der lovgiver om, rådgiver om, informerer om og underviser i en kvalificeret behandling af den danske bygningskulturarv, herunder også i relation til energiforbrug og bæredygtighed, udarbejdet en række koordinerede informationsmaterialer om dette, baseret på en fælles viden og fælles holdninger og principper. Den fælles viden bygger på mange års forskning og undersøgelser på konkrete ældre bygninger, ikke mindst de fredede bygninger i Danmark.

Denne fælles, koordinerede viden stilles dermed til rådighed for de husejere, håndværkere, entreprenører, rådgivere, administratorer og myndigheder, der er direkte involveret i vedligeholdelsen og udviklingen af ældre, historiske bygninger og ældre, historiske bygningsmiljøer. Det sker i form af følgende helt nye eller nyligt opdaterede informationsmaterialer fra en række statslige ministerier, myndigheder og skoler, jf. litteraturlisten bag i publikationen:

- *Kulturministeriet, Slots-og Kulturstyrelsen: Information om Bygningsbevaring, 2014. https://www.slks.dk/bygningsfredning/bygningsbevaring-2014/*
- *Søren Vadstrup: Bevaringsværdige bygninger – sikring af bevaringsværdier, 2017*
  Sørens Vadstrup: Bevaringsværdige bygninger – gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold, 2017 (denne publikation)
- *Kunstakademiets Arkitektskole, Kandidatprogram i Kulturarv, Transformation og Restaurering: Om Bygningskulturens Transformation, 2015*
- *Center for Bygningsbevaring i Raadvad Anvisninger til Bygningsbevaring (www.bygningsbevaring.dk/anvisninger)*

Ingen, der arbejder med at passe på den danske bygningskulturarv, bør herefter være i tvivl om, hvilke materialer, metoder, holdninger og erfaringer man bør benytte hertil. Tilsvarende informationsmaterialer med tilsvarende råd og erfaringer findes i øvrigt i Sverige, Norge, Finland, England, Tyskland og Holland m.fl.

2 Hvad er en bevaringsværdig bygning?



I toppen af Danmarks bygningskultur ligger de 4 bygningsværker på UNESCO's Verdensarv-liste: Jellinge monumenterne, Roskilde Domkirke, Kronborg og Christiansfeld. I Christiansfeld er der samtidigt mange bevaringsværdige bygninger – der nu også er Verdensarv.

I Danmark har vi tre officielle udpegninger af arkitektoniske og kulturhistoriske værdifulde bygnings- eller landskabs-arkitektoniske værker: 1) Verdensarv, 2) Fredede bygninger og landskabs-arkitektoniske værker og 3) Bevaringsværdige bygninger.

Verdensarven udpeges af FN ved FN-organet UNESCO, de fredede bygninger og landskabs-arkitektoniske værker udpeges af den danske stat, ved Slots- og Kulturstyrelsen samt Det særlige Bygningssyn.

De bevaringsværdige bygninger, som denne publikation handler om, kan udpeges af kommunalbestyrelsen eller Slots- og Kulturstyrelsen på tre måder:

1. I kraft af at de befinder sig i et udpeget, bevarende lokalplansområde i kommunen.
2. De kan være individuelt vurderet efter SAVE-systemet, med SAVE-værdien 1-4.
3. Slots- og Kulturstyrelsen kan udpege konkrete bygninger som bevaringsværdige.

I alle tre tilfælde skal de bevaringsværdige bygninger være optaget som sådan i Kommuneplanen, i et Kommuneatlas eller i en lokalplan/byplanvedtægt for at have retsvirkning.

De bevaringsværdige bygninger udgør talmæssigt langt den største del af bygningskulturarven i Danmark. Mens der blot er fem bygnings- og landskabsværker i Danmark, der er optaget på UNESCO's Verdensarvsliste (Kronborg, Roskilde Domkirke, Jellingestenene, Christiansfeld og Parforcejagtlandskaberne i Nordsjælland), og der tilsvarende er fredet ca. 9.000 bygninger efter Bygningsfredningsloven, er der foreløbigt udpeget ca. 150.000 bevaringsværdige bygninger ud af en anslået samlet mængde for hele landets vedkommende på 350.000 bevaringsværdige bygninger.

2.1 SAVE-Systemet

Siden 1989 har man benyttet den såkaldte SAVE-metode til at registrere, om en ældre bygning, primært opført før

1940, er bevaringsværdig eller ej. Man opererer her med et 'pointsystem' fra 1-9, som gives indenfor de nedennævnte kategorier, så man opnår en samlet værdi, hvor især de arkitektoniske, de kulturhistoriske og de miljømæssige forhold tæller mest.

SAVE-systement er trods navnet et dansk udviklet system, hvor akronymet står for 'Survey of Architectural Values in the Environment'. Bevaringsvurderingen i SAVE tager udgangspunkt i bygningens eksteriør, dvs. den ydre fremtoning og samspillet med omgivelserne. Vurderingen omhandler ikke bygningens indvendige dele.

1. *Arkitektonisk værdi*
   Huset skal have udvendige arkitektoniske kvaliteter, der gør bygningen til noget særligt i det lokale miljø (beliggenhed, proportioner, materialer, detaljer). Endvidere vurderes de dominerende træk og/eller særlige konstruktioner
2. *Kulturhistorisk værdi*
   Huset skal have en interessant kulturhistorie, der har lokal betydning.
3. *Miljømæssig værdi*
   Huset skal falde godt ind i det lokale bygningsmiljø
4. *Originalitet*
   Huset skal være stort set uspoleret i forhold til ombygninger, tilbygninger eller udskiftninger af de originale bygningsdele, der skæmmer den oprindelige arkitektur.
5. *Tilstand*
   Husets fysiske tilstand.

Syntese
Husets samlede bevaringsværdi

Hvis værdien ligger fra 1-3 (i nogle kommuner 1-4), kan huset erklæres for bevaringsværdigt, hvorved det underlægges forskellig lovgivning og også støttemuligheder.



Bevaringsværdige bygninger i Ærøskøbing. Stokroserne tæller nu ikke med i SAVE-vurderingen, men det pynter alt sammen.

SAVE-værdien 1-3 kaldes for høj bevaringsværdi, SAVE-værdien 4-6 for middel bevaringsværdi og SAVE-værdien 7-9 for lav bevaringsværdi. De tre kategorier vil have henholdsvis rød, lyserød og grå farve i kommuneatlasset (og FBB-Databasen). De fredede bygninger er markeret med mørkerødt.

Det er kommunerne, der bestemmer, hvor mange bevaringskategorier, de vil tage med i en kommuneplan eller lokalplan. Nogle kommuner medtager kun kategori 1-3, mens andre medtager kategori 1-6 i lokalplanerne. Det almindelige er dog 1-4, som også svarer til de kategorier, som byfornyelseslovens støttemuligheder retter sig mod.

Kulturstyrelsen har i 2011 udgivet en Vejledning i SAVE-systemet (SAVE. Kortlægning og registrering af bymiljøers og bygningers bevaringsværdi), der ligger på styrelsens hjemmeside på adressen: *http://slks.dk/fileadmin/user_upload/kulturarv/publikationer/emneopdelt/kommuner/Kulturarvstyrelsen_SAVE_print.pdf*

2.2 FBB-Databasen

Slots- og Kulturstyrelsen har oprettet en database på internettet over alle fredede og bevaringsværdige bygninger i Danmark. Er man i tvivl om, hvorvidt en konkret bygning er registreret som bevaringsværdig eller ej, kan man søge på husets adresse i denne database. Databasen vil herefter fortælle, om det er tilfældet eller ej, og hvis bygningen er bevaringsværdig, vil de enkelte 'karakterer', der er givet efter SAVE-systemet, fremgå. Der vil endvidere være andre oplysninger om huset, f.eks. dets alder og større ombygninger, og der vil måske også være nye og gamle fotografier af huset.

FBB-Databasen hentes på *www.kulturarv.dk/fbb/index.htm*

2.3 Hvad betyder det, at et hus er bevaringsværdigt?

I 1960'erne og 1970'erne foregik der mange steder hårdhændede nedrivninger af ældre bygninger og bygningsmiljøer i en række danske byer. Dette skete uden forudgående undersøgelser af tilstanden, arkitektonisk, miljømæssigt eller teknisk, eller økonomiske beregninger over alternativer (bevaring og istandsættelse) eller for den sags skyld inddragelse af borgerne. Gadegennembrud, anlæggelsen af forretningscentre med store parkeringspladser, nedrivning af ældre bebyggelser og bymiljøer blev efterfulgt af nybyggeri, der ikke altid var tilpasset stedets arkitektur og struktur.

Der opstod derfor en række bevaringsforeninger i de danske byer som en reaktion på dette. Disse ønskede en større veneration over for bevaringsværdierne, bedre undersøgelser af de arkitektoniske, miljømæssige og



Dette toetages bindingsværkshus i Fredericia ligger nu alene tilbage fra en ældre husrække, mellem nyere femetages bygninger. Det minder derved om, hvordan gaden og byen så ud tidligere.

økonomiske konsekvenser af nedrivningerne – og som en konsekvens heraf, en større grad af bevaring frem for nedrivning og nybyggeri.

Bevaringsforeningerne fik mere eller mindre standset nedrivningerne, og der blev udarbejdet bevarende lokalplaner, der i højere grad tog hensyn til det lokale bymiljø og det egnsspecifikke særpræg i arkitektur og byggeskik. I Saneringsloven fra 1975 blev det endda muligt at opnå tilskud til restaureringsarbejder som alternativ til nedrivninger.

I 1987 tiltrådte den danske regering Europarådets Granada-konvention fra 1985 om bevaring af Europas arkitekturarv. Der gik dog 10 år, før de bevaringsværdige bygninger blev skrevet ind i Bygningsfredningsloven. I 1997 fastsatte man regler for udpegning - og procedurer for høring, før nedrivning kan tillades. Ansvaret for de bevaringsværdige bygninger blev fra starten lagt hos kommunerne.

Derfor handler retsvirkningerne for de bevaringsværdige bygninger primært om krav om offentlighed som beskyttelse mod vilkårlige nedrivninger. Dernæst om mulighederne for økonomiske tilskud via Saneringslovens afløser, Byfornyelsesloven. Beskyttelsen af selve den bevaringsværdige bygning vedrører i øvrigt kun det ydre, det vil sige klimaskærmen.

Retsvirkningerne ved ansøgning om nedrivning af en bevaringsværdig bygning fremgår af bygningsfredningslovens § 18 og indebærer en offentlighedsprocedure, før kommunalbestyrelsen evt. giver tilladelse til nedrivning. I særlige tilfælde kan Kulturstyrelsen dog beslutte, at udpegningen skal have retsvirkning som en lokalplan efter planloven. Dette betyder, at nedrivning, ombygning og andre ændringer af bygningen ikke må ske uden kommunalbestyrelsens tilladelse.

Ejere af bevaringsværdige bygninger har ingen indirekte økonomiske begunstigelser, men kommunerne kan gennem byfornyelsesloven yde direkte støtte til fastholdelse og øgning af bevaringsværdierne på bevaringsværdige beboelsesbygningers klimaskærm.

2.4 Er mit hus bevaringsværdigt?

En række kommuner har i 1980'erne og 90'erne vurderet alle kommunens bygninger, der er ældre end 1940, efter SAVE-systemet (se afsnit 2.1), udarbejdet et Kommuneatlas over disse og optaget dem i kommuneplanen, men mange kommuner – eller dele af kommuner efter kommunesammenlægningen i 2005 – har ikke gjort dette.

Hvis en bygning derfor ikke er blevet SAVE-vurderet, fordi kommunen ikke har foretaget en sådan endnu, kan den

meget vel være bevaringsværdig alligevel. En bygning, der er SAVE-vurderet i 1980'erne til ikke at være bevaringsværdig, men som efterfølgende er blevet forbedret arkitektonisk, f.eks. ved at man har fjernet en skæmmende tilbygning eller isat pænere vinduer, kan også være bevaringsværdig i dag. Synet på, hvad en bevaringsværdig bygning er, ændrer sig også i tidens løb, ligesom flere kommuner har 'hævet' aldersgrænsen fra 1940 til 1970. Loven rummer endvidere den mulighed, at kommunalbestyrelsen vurderer en konkret bygning individuelt efter SAVE-systemet, på ejerens anmodning.

Der er derfor al mulig grund til at passe godt på alle eksisterende bygninger, ældre som yngre, så de ikke skæmmes af store og utilpassede om- eller tilbygninger, forkert eller manglende vedligeholdelse, der medfører, at de forfalder teknisk og arkitektonisk, eller at man foretager en meget kraftig efterisolering, der også forårsager tekniske skader.

2.5 Sikring af bevaringsværdierne

Hvordan sikrer man bevaringsværdierne på/i sit bevaringsværdige hus – eller andre pæne ældre bygninger? Findes der et 'bevarings-kodex' eller nogle retningslinier for, hvordan man vedligeholder, istandsætter, ombygger, tilbygger, udvikler og moderniserer en bevaringsværdig bygning nænsomt – med respekt for bevaringsværdierne? Ja, det gør der faktisk. Endda i samme 'serie' som denne publikation og med samme forfatter.

Publikationen: *Bevaringsværdige bygninger – sikring af bevaringsværdier*, 2017, (tidligere udgivet af Socialministeriet i 2006), fortæller om, hvordan man undgår at forringe husets arkitektur med forkerte materialer og metoder eller uheldige udskiftninger.

Det er imidlertid også vigtigt at sikre, at bevaringsværdierne ikke går tabt eller sløres, når man energiforbedrer bevaringsværdige bygninger. Det kan nemlig sagtens lade sig gøre, så man samtidigt sparer optimalt på varmen og pengepungen.
Det handler nærværende publikation om, så på den måde udgør de to publikationer et hele, med den bevaringsværdige bygning i centrum

2.6 Støttemuligheder

I *Lov om byfornyelse og udvikling af byer* findes der muligheder for at støtte istandsættelsen af eksisterende bygninger, der benyttes til ejerboliger eller andelsboliger.

Støtten kan gå til tre ting (Kap 4, § 21, stk. 1, 2 og 3)

1. Ejerboliger, som mangler tidssvarende opvarmning eller wc eller er opført før 1950 og er væsentligt nedslidt, og som bebos af ejeren.

2. Andelsboliger, som mangler tidssvarende opvarmning eller wc eller er opført før 1950 og er væsentligt nedslidt, og som bebos af andelshaveren.



Den ene del af dette dobbelthus har beholdt sit oprindelige skifertag, mens den anden del har fået et nyt eternittag. Dette fremmer ikke bevaringsværdierne. Begge har fået nye, men forskellige døre, men trappen har man dog kunnet enes om.

3. Ejer- og andelsboliger, som bebos af ejeren eller andelshaveren, og som har fået udarbejdet en energimærkning, der indeholder forslag til energiforbedringer, jf. lov om fremme af energibesparelser i bygninger.

Støtten til boliger kan bl.a. ydes til følgende foranstaltninger:
1. Istandsættelse af bygningens klimaskærm.
2. Energiforbedrende foranstaltninger, der er foreslået i en energimærkningsrapport.

For begge støtteberettigede arbejder gælder det, at disse skal sikre eller øge bevaringsværdien af de udvendige bygningsdele. Ud over dette kan kommunalbestyrelsen stille arkitektoniske, miljømæssige og udførelsesmæssige betingelser for støtte samt krav om gennemførelse af bestemte arbejder.

Nu er det jo næppe hverken kommunalbestyrelsen selv, eller de enkelte kommunalbestyrelsesmedlemmer, der behandler sagerne om istandsættelse eller energiforbedring af bevaringsværdige bygninger. Det gør den kommunale forvaltning, men kommunalbestyrelsen skal dels bevilge et årligt beløb til formålet i det kommunale budget, der matcher statens tilskud 50-50%, dels skal kommunalbestyrelsen nedsætte et såkaldt *bygningsforbedringsudvalg,* til sammen med forvaltningen at udøve kommunalbestyrelsens beføjelser. Et bygningsforbedringsudvalg består af 5 medlemmer og sammensættes således:
1. 2 kommunale repræsentanter.
2. 2 medlemmer til varetagelse af grundejerinteresser.
3. 1 medlem til varetagelse af bevaringsinteresser.
   Sekretariatsfunktionen for bygningsforbedringsudvalget varetages af kommunen.

Det er desværre ikke alle kommuner i Danmark, der har nedsat et bygningsforbedringsudvalg eller afsat midler til bygningsforbedring efter lov om byfornyelse og udvikling af byer. Derfor må man som husejer spørge i kommunen, om dette er tilfældet, og er det ikke det, må man arbejde for at øge interessen i kommunen og kommunalbestyrelsen for den lokale bygningskultur.
Det er vigtigt at bemærke sig, at støtten fra Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen ikke må gå til udvendige arbejder, der forringer husets arkitektur eller bevaringsværdier. Men som det ses, er der ingen krav om, at den bygning, der ydes støtte til, er bevaringsværdig. Det er blot et krav, at der er tale om en bolig, der bebos af ejeren. Udlejningsejendomme, erhvervsejendomme eller sommerhuse er ikke støtteberettigede.

Men hvis den bygning, der ydes støtte til, er bevaringsværdig, d.v.s. at den er SAVE-registreret med karakteren 1-4 eller optaget som sådan i kommuneplanen eller en bevarende lokalplan, er tilskuddet til de støtteberettigede udgifter højere, end de er til de ikke-bevaringsværdige



Tilskuddet fra byfornyelsesmidlerne må kun gå til at sikre eller øge bygningens bevaringsværdier. Husejeren til venstre kan bare kikke på den anden ende af huset til højre for at se, hvordan det kan foregå.

bygninger. Til fredede og bevaringsværdige ejerboliger og andelsboliger vil tilskuddet typisk være en tredjedel af de støtteberettigede udgifter, mens det er en fjerdedel til de ikke-fredede eller bevaringsværdige bygninger.

Da en landsdækkende gennemgang og udpegning af bevaringsværdige bygninger endnu ikke er gennemført endnu i alle kommuner, findes der den mulighed, at kommunalbestyrelsen efter en konkret vurdering fastsætter bygningens bevaringsværdi individuelt efter SAVE-systemet, og opnås karakteren 1-4, kan bygningen betragtes som bevaringsværdig og kan modtage forhøjet støtte. Dette har også betydning, såfremt husejeren søger private fondsmidler til istandsættelsen, idet disse kan gøres skattefrie, hvis bygningen er udpeget som bevaringsværdig af kommunen, og hvis kommunen bidrager til finansieringen af istandsættelsen, jf. ovenfor.

I bogen 'Bevaringsværdige bygninger – sikring af bevaringsværdier' af Søren Vadstrup, i 2017, kan man læse mere om, hvordan man vedligeholder og istandsætter bevaringsværdige bygninger, så bevaringsværdierne sikres eller øges, bl.a. rettet mod de tilskudsmidler fra styrelsen, der kan søges til istandsættelse af bygningens klimaskærm.

Nærværende bog 'Bevaringsværdige bygninger – gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold' handler om, hvordan man tilsvarende kan energiforbedre eksisterende bygninger med respekt for bevaringsværdierne og med de teknisk bedste løsninger for huset, hvis man modtager støtte fra styrelsen til energiforbedrende foranstaltninger, der er foreslået i en energimærkningsrapport.

3 Energiforbedring med respekt for bevaringsværdierne

Når vi taler om energiforbedring af eksisterende bygninger, er det indledningsvis vigtigt at slå fast, at der er en væsentlig forskel på at energioptimere nybyggede huse i dagens Danmark og på at energiforbedre eksisterende bygninger.

I et nybygget hus kan man i princippet bygge de varmeisolerende konstruktioner og særlige klimatiltag i huset op, som man vil. I et ældre hus er der herimod en række arkitektoniske begrænsninger – og i de fredede og bevaringsværdige bygninger yderligere en række kulturhistoriske og bevaringsmæssige forhold at tage hensyn til.

Der er imidlertid også en række tekniske forhold, der begrænser mulighederne for at energiforbedre ældre huse. For eksempel kan man ikke bare øge ydervæggenes tykkelse for at tilføje mere isolering. Dette, eventuelt kombineret med en hermetisk tætning, kan medføre risiko for, at den fugt, der produceres i huset, bliver 'fanget' og skaber fugtproblemer inde midt i en nyopbygget efterisoleringskonstruktion.

Endvidere kan man på helt nye huse maksimere dagslysindfaldet ved at operere med større vinduer. Her har fredede og bevaringsværdige huse også mere begrænsede muligheder.

De oplagte muligheder, der findes for alternativ energitilførsel, f.eks. fra solceller, solvarme eller passiv solvarme, skal der også mere planlægning og kreativitet til for at indarbejde disse elementer i eller ved ældre huse, så de ikke skæmmer de bærende bevaringsværdier. Men da mange gamle huse består af tunge og porøse materialer, er de på den anden side velegnede til at akkumulere passiv varme.

Endelig er der de økonomiske aspekter. I nye huse kan de fleste energitiltag indarbejdes fra starten, uden at det koster ret mange ekstra penge. I ældre huse vil energiforbedringer uvægerligt koste ejeren flere penge her og nu, og er disse ikke rentable i forhold til en rimelig tilbagebetalingstid, bliver de næppe gennemført. Men hvis man alligevel skal i gang med at ombygge og istandsætte et



Når man ved, hvor dårligt selv de nyeste energi-termoruder isolerer på en kold, overskyet dag, 0,8 W/m² K mod en isoleret ydervægs 0,16 W/m² K, og i solskin skaber de overophedning, kan dette nybyggeri ikke være energimæssigt optimalt.



Man kan diskutere, om disse solceller klæder denne husrække af murede huse med tegltage særlig godt. Der var måske i stedet basis for et fælles solcelleanlæg, anbragt på et stykke jord ved siden af husene, hvis man havde tænkt på helheden.

ældre hus, er det klogt og også besparende at få foretaget fornuftige energiforbedringer i den forbindelse.

3.1 Kan ældre bygninger energiforbedres til samme niveau som nye bygninger?

Når det drejer sig om terræn, vinduer og tag kan ældre huse ofte opnå isoleringsværdier helt tilsvarende nye huse. Ydervæggene vil i nogle tilfælde kunne opnå samme isoleringsevne som nye huse og i andre tilfælde en lidt ringere isoleringsevne.

Som beskrevet i kapitel 5.1 i denne publikation kan man beregne sig frem til, at en bevaringsværdig muret bygning med hulmur fra 1920'erne godt kan leve op til Renoveringsklasse 1 efter BR15 – d.v.s. med et årligt energiforbrug på 50 kWh/m^2 + 1100 kWh/etagemeter, *uden* at forringe husets bevaringsværdier gennem bl.a. vinduesudskiftninger eller udvendig isolering.

Hvis man vil have energiforbruget i de fredede og bevaringsværdige bygninger yderligere ned, f.eks. til de gældende lavenergikrav for boliger i Bygningsreglementet for 2015 (BR15) på 30 kWh/m^2 år + 1000 kWh/etagemeter, må dette ske gennem effektivisering af opvarmningsformen, alternative energikilder eller gennem anvendelsen af endnu mere effektive isoleringsmaterialer end de nu kendte. En yderligere øgning af efterisoleringstykkelserne til mere end ca. 10-15 cm i specielt ydervæggene er ikke teknisk muligt i ældre bygninger, og slet ikke arkitektonisk og bevaringsmæssigt, eller i forhold til rentabiliteten.

Det skal understreges, at de skærpede energikrav til ældre bygninger, kun skal opfyldes ved "Ombygninger og andre forandringer i bygningen – herunder udskiftning af kedler m.v." Ikke som led i den almindelige brug af huset. Men da både husejere og lejere er interesseret i en så lav varmeregning som muligt, er det fornuftigt at formindske energiforbruget i huset mest muligt.

Det er imidlertid en kendt sag, at mange bygninger, der er opført før 1960, generelt har et lavere energiforbrug per kvadratmeter, aflæst på deres målere, end tilsvarende nyere bygninger fra 1970'erne, 80'erne og 90'erne. Og det er en lige så kendt 'naturlov', at mange ældre huses *målte* energiforbrug stiger, efter at det er blevet energiforbedret. Alt dette har rod i beboernes adfærd, så her er der også noget at arbejde med, hvis man vil spare på energiregningen.



Denne 'Bedre Byggeskik-Villa' i Køge kan, viser konkrete tiltag og supplerende beregninger, energiforbedres, uden at forringe bevaringsværdierne, til Renoveringsklasse 1, efter BR15.



Materialforvalterboligen på Fæstningens Materialegård, Frederiksholms Kanal i København, opført 1740. De tykke mure er indvendigt beklædt med såkaldte 'pillepaneler', d.v.s. træpaneler i vindueslysninger og på ydervægsfladerne. De er smukke og giver også ekstra isolering af ydermuren. Dette er her suppleret med indvendige forsatsruder samt isolering af brystningen under vinduet. De tykke og tunge 275 år gamle ydervægge isolerer fuldt på højde med moderne isolerede ydervægge.

3.2 Ældre huse er generelt mere bæredygtige end nye

Ældre huse har i forhold til nye huse en række store fordele klima- og miljømæssigt gennem bygningernes og materialernes beviseligt lange holdbarhed og enkle vedligeholdelse. Gennem deres indeklimavenlige indretning med naturlig ventilation gennem skorstene, deres porøse materialer med gode indeklimaegenskaber i gulve, vægge, lofter og etageadskillelser samt ved opdelingen af planen i individuelle rum, der muliggør aflukningen af dele af huset om vinteren, for at spare på varmen, belaster mange ældre bygninger klimaet mindre, end et nyopført hus - inklusive selve byggeprocessen.

Huse med hundrede år eller mere på bagen har rent faktisk allerede et stort klimamæssigt forspring overfor nye huse, fordi de gamle er bygget med et meget lavt energiforbrug, fordi de har holdt så længe og fordi de yderligere kan holde i masser af år på samme måde.

Beregninger har vist, at det i det store miljøregnskab bedre kan betale sig at istandsætte og energiforbedre en eksisterende bygning nænsomt og med respekt for bevaringsværdierne, som beskrevet i denne publikation - end at bygge et nyt nulenergihus. Det nye nulenergihus udleder ganske vist mindre i den daglige drift, men driften er en forsvindende lille del af den miljøbelastning, det er at bygge et nyt hus med nye materialer. Først når nulenergihuset er 40 - 60 år gammelt, vil miljøbelastningen have tjent sig ind i forhold til, hvis man i stedet havde valgt at energiforbedre et hus af ældre dato (Kilde: Concito og National Trust, USA).

I dette regnskab er der ikke engang indregnet CO_2-belastningen fra at rive et eksisterende ældre hus ned på samme grund, hvad der jo ofte er tilfældet. I så fald bliver CO_2-regnskabet endnu mere belastende for det nye nulenergihus.Ydermere vil alt det træ, der findes i det gamle hus i form af bjælker, gulve, lofter, spær m.v. frigøre store mængder ved afbrænding eller forrådnelse. Hertil kommer problemer med affald, farligt affald, samt det at nulenergihuset formentlig næppe holder i 70 år.

Tal fra det norske miljødirektorat viser, at mængden af farlige kemikalier i materialer, som anvendes til nybyggeri, bl.a. fugestoffer, plastikmaling og lim, er stærkt stigende (INGENIØREN 12.11.13). De gamle, klassiske byggematerialer er ikke tilsvarende farlige eller skadelige. Der er altså god grund til at anlægge et helhedssyn på vores bygninger. En bæredygtig bygning er ikke kun en bygning, som

forbruger lidt energi. En bæredygtig bygning er først og fremmest en bygning, der holder længe og som har holdt længe. En bygning med en flot arkitektur og et godt håndværk, som man helt naturligt tager til sig og tager vare på, netop fordi den rummer kvaliteter, der peger mange år frem i tiden. En bygning, som kan skifte funktion i takt med, at nye generationer kommer til og en bygning, der er enkel, nem og overskuelig at vedligeholde – og som rent faktisk kan vedligeholdes.

3.3 Grunde til at energiforbedre bevaringsværdige bygninger

Der kan være flere grunde til, at husejere ønsker at gennemføre energiforbedringer på deres hus. Den mest almindelige er nok, at man ønsker at spare penge på varmeudgifterne, men herfra og til hvad man så kan gøre, bort set fra at skrue ned for varmen om vinteren, kan der være langt. Ofte sker det i form af 'drypvise' tiltag. F.eks. efterisolering af en krybekælder, udskiftning af de gamle, utætte vinduer eller efterisolering af skunkvæggene. Det sker sjældent ud fra en samlet plan for huset.

I praksis sker de fleste 'energirenoveringer' på ældre huse i forbindelse med et køb, hvor de nye ejere investerer i en modernisering, ombygning eller tilbygning. I forbindelse med salget er der udarbejdet en lovpligtig Energimærkning og en Tilstandsrapport for huset, som tit begge vil påpege nogle behov for forbedringer. Fordelen er her, at man ofte lægger en samlet plan for huset, udarbejdet af sagkyndige og sætter de nødvendige økonomiske midler af i form af lån. Ulempen er, at man tit gør for meget, forkert og for dyrt, så husets arkitektoniske kvaliteter forringes.



Denne misligholdte villa fra 1910'erne er der alt mulig grund til at energiforbedre i forbindelse med en tiltrængt istandsættelse og genetablering af bevaringsværdierne. Nye trefagsvinduer af træ med koblede eller forsatsrammer 1+2, indvendig efterisolering af taget, indvendig brystningsisolering under vinduerne – plus nyfugning af murværket. Så når græsplænen også bliver slået, er dette hundredårige hus i arkitektonisk og energimæssig topform.

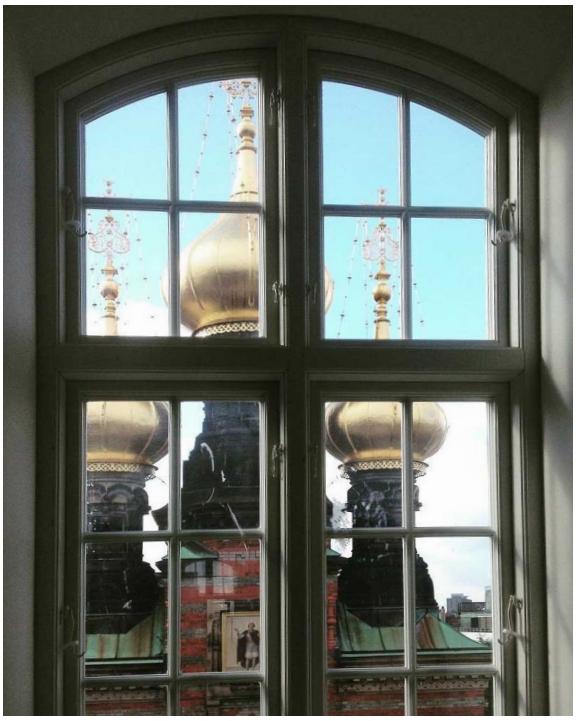


Råd og svamp inde i huset, her i en plastikmalet dørkarm til et badeværelse, er hverken godt for indeklimaet, bevaringsværdierne eller pengepungen. Tømmersvampens 'opklodsning' går lige igennem plastikmalingen.

Den mest optimale situation for energiforbedringer på bevaringsværdige bygninger er at gennemføre disse – i pagt med husets bevaringsværdier – når huset alligevel trænger til vedligeholdelse og istandsættelse. F.eks. hvis taget er utæt og skal repareres, hvis skorstenen er forvitret, vinduerne er utætte og har ringe energiegenskaber, yderdøren er utæt, de indvendige vægge skal repareres og males, osv. I denne situation bør man lægge en plan, hvor man kikker på huset som helhed, helst tilknytter en arkitekt med forstand på bygningsbevaring, eller som minimum selv foretager et samlet 'bevarings- og energisyn' og med udgangspunkt i dette en række prioriterede energiforbedringer, som beskrevet i denne håndbog.

Overordnet er der fire områder på bygningen, man kan energiforbedre:

- Klimaskærmen, d.v.s. taget, facaderne, kælder-vægge, vinduer, døre, udestuer, tætning af fuger og materialesammenstød.
- Indvendige arbejder, såsom indvendig efterisolering, isolering af skunkrum, isolering af varmerør, fjernelse af plastikmaling på vægge og lofter, tætning ved vinduer, døre og vægge/lofter, efterisolering af kælder og etageadskillelse ved kældre.
- Installationer, i form af varmeanlæg, oliefyr, gasfyr, jordvarme m.v. Endvidere ventilation, varmegenvinding etc. Denne publikation behandler ikke disse emner, idet der findes masser af informationsmaterialer om dette.
- Adfærd. Nok det vigtigste man kan gøre: Stoppe unødigt energiforbrug og begrænse energiforbruget, hvor man kan, lukke dele af huset af om vinteren og sænke varmen her, lufte fugtig luft ud, tørre vasketøjet udendørs i luften etc. Denne publikation behandler heller ikke disse emner.



Et 'Bevarings- og Energisyn' skal se på husets mulige energiforbedringer under hensyntagen til de samlede bevaringsværdier – udvendigt og indvendigt – så disse ikke forringes. En smuk udsigt kan dog også forringes, hvis man energiforbedrer vinduerne med nye termovinduer med meget tykke sprosser. Det dobbelte af sprosserne på fotoet.

Denne publikation giver en række råd og anvisninger på at forbedre indeklimaet i ældre bygninger. Mange af disse, bl.a. i forhold til at begrænse rumfugten, mindske træk og genetablere poreåbne overflader i vægge, lofter og gulve, vil også have effekt på energiforbruget, idet det 'koster' mere energi at opvarme fugtig luft end tør luft.

3.4 Bevarings- og energisyn på ældre bygninger

Gennem de sidste 30-40 år har det desværre været reglen, at diverse energiforbedringer på ældre bygninger, opført før 1960, er gået hårdt ud over husenes oprindelige arkitektur og bevaringsværdier. Det er sket i form af ufølsomme vinduesudskiftninger, udskiftning af tage og tagmaterialer, udskiftning af døre, fjernelse af skorstenspiber etc. Da de fleste af disse arbejder holder og har holdt katastrofalt dårligt, ser vi i disse år, at husene gennemgår 'energirenoveringsbølge 2'. Og her skulle det gerne gå meget bedre i form af kvalitet, holdbarhed samt arkitektonisk tilpasning – eller genopretning.

Det er nemlig en myte, at energiforbedringer på ældre bygninger *ikke* kan gennemføres uden at forringe bevaringsværdierne. Det viser eksemplerne i denne publikation, at de kan. For de 'ødelagte' huse fra 1970'ernes energi-indgreb kan energiforbedring og forbedring af bevaringsværdierne endda ske samtidigt.

Men det, man først og fremmest skal vide, er, at det at energiforbedre og efterisolere ældre huse, opført før 1960, kræver en særlig viden og en særlig fremgangsmåde. Vi kalder det et 'Bevarings- og Energisyn', idet de i dag forekommende 'Energisyn', 'Energimærkninger' og 'Tilstandsrapporter' med ensidig fokus på de energimæssige og tekniske forhold ikke kan og bør stå alene.



Man behøver normalt ikke en lift for at foretage et 'Bevarings- og Energisyn', men ved høje huse, hvor eksempelvis taget ikke kan ses nedefra, er det ofte nødvendigt. En ven, eller en rådgiver, skal man dog altid have med.

Bevarings- og Energisyn på ældre bygninger

Lav - sammen med en arkitekt, en rådgiver eller en god ven - en lille beskrivelse af huset ud fra disse emner, der konsekvent skal behandles i den nævnte rækkefølge:

1. Historiske elementer og træk i huset – udvendigt og indvendigt

Husets opførelsesår og eventuel arkitekt. Husets type: Enfamiliehus etc.

Beskriv de elementer, der er oprindelige fra husets opførelse, eksempelvis yderdøren, vinduerne, taget, facadedekorationer, indvendige trapper, gulve og lofter m.v.

Diverse forandringer, ombygninger med tiden - eventuelt kun spor efter disse. Udskiftede vinduer, skorstenspibe, sokkelpuds etc. Kik på gamle fotografier m.v. af huset.

2. Husets tekniske skavanker og udbedringsbehov

Kik på taget, skorstenspiben, facaderne, vinduerne, døre, osv. og beskriv tilstanden.

Beskriv behov for istandsættelse eller udskiftning (ikke vinduer og døre) de kommende år.

Hvilke af disse ting er akut og hvad kan vente.

3. Husets energimæssige skavanker og forbedringsbehov

Hvor kan huset forbedres energimæssigt på klimaskærmen.
Hulmure, vinduer, døre, tag og kælder

Hvor kan der konstateres utætte fuger etc.

Kik også på varmeanlægget, indvendige varmerør.

4. Husets arkitektoniske kvaliteter

Hvad er karakteristisk for husets arkitektoniske udtryk. F.eks. facadematerialerne, tagmaterialerne og tagformen, vinduerne og dørene og deres placering i facaderne.

Hvad er det smukke ved huset.

Hvad på huset skæmmer det smukke.

5. Husets tilpasning til helheden

Hvad er karakteristisk for kvarteret, for nabohusene og for husets nære omgivelser. Eksempelvis bygningstyper, farver, anvendelser, højder og størrelser.

Hvad er det pæne og gode ved omgivelserne.

Hvad er det skæmmende ved omgivelserne.

Skema til brug ved et 'Bevarings- og Energisyn' på ældre huse. Det er vigtigt, at energikravene ikke står alene. Bevarings- og Energisynet følges op af bevaringsmæssigt prioriterede energiforbedringer på huset.

Efter dette 'Bevarings- og Energisyn' kikker man på den nedenstående liste over 'Bevaringsmæssigt prioriterede energiforbedringer'. Og først herefter lægger man en plan for de energiforbedringer, man ønsker at gennemføre på huset.

1. Grunden til at gennemføre disse to 'øvelser', inden man går i gang med at energiforbedre bygninger, der er ældre end 1960, og måske oven i købet udpeget som bevaringsværdige, er af opnå:

2. En samlet vurdering af husets arkitektoniske, bevaringsmæssige og tekniske tilstand. Bl.a. så man ikke efterisolerer et tag med utætheder eller skifter gode, holdbare vinduer.

3. Høj prioritet i forhold til opretholdelse af husets arkitektoniske udtryk og bevaringsværdier efter den foretagne energiforbedring.

4. Gennemprøvede tekniske løsninger til ældre bygninger i forhold til opbygningen af den konkrete konstruktion, så man undgår fugtskader m.v.

5. Valg af de mest egnede materialer og elementer til energiforbedringen – herunder også i forhold til æstetik, indeklima og husets bevaringsværdier.

6. Udregne den eksakte energibesparelse ved de forskellige muligheder, så der ikke bruges penge på nytteløse, ikke-rentable eller ødelæggende arbejder.

7. Samtænke disse ting i sin helhed og ikke som enkeltelementer.

3.5 Prioriterede energiforbedringer

I det følgende er der opstillet en liste over en række ofte benyttede energiforbedrings-metoder på eksisterende bygninger, prioriteret efter deres indflydelse på bygningens oprindelige arkitektur, bærende bevaringsværdier og æstetiske fremtræden.



Indblæsning af hulmursisolering kan foretages stort set usynligt, og kolliderer derfor ikke med husets bevaringsværdier.



Opsætning af en indvendig brystningsisolering, under vinduerne samt forsyning af disse med forsatsvinduer, repræsenteret synligt, men bevaringsmæssigt acceptable energiforbedringer. Brystningspaneler som disse forekommer langs væggene i de fleste ældre bygninger.

Kategori 1:
Energiforbedringer, der ikke påvirker bevaringsværdierne

- Efterisolering af ikke synlige, men tilgængelige konstruktioner (Krybekældre, udnyttede, beklædte tagrum, etageadskillelser, skunkrum, kældervægge)
- Udvendig efterisolering af kældervægge under terræn
- Hulmursisolering
- Gamle træ- eller teglgulve optages og ilægges igen efter en varmeisolering
- Træbygninger med bindingsværkskonstruktion isoleres mellem bindingsværket ved at nedtage og opsætte bræddebeklædningen igen.
- Huse, der er 'født' med termoruder, udskifter disse med energiruder.
- Der isættes energiglas i eksisterende koblede vinduer og indvendige forsatsvinduer.
- Udvendige eller indvendige forsatsvinduer, der kun sættes op i den periode, hvor efterisolering er nødvendig.
- Der lægges gulvvarme i stedet for centralvarme (lavere fremføringstemperatur)
- Forbedring af eksisterende fyr, opvarmning, rørføringer, isolering af varmerør osv.
- Solfanger/solceller, anbragt udenfor huset – naturligvis tænkt ind i helheden.
- Jordvarme etc.

Kategori 2:
Energiforbedringer, der er synlige, men kan være bevaringsmæssigt acceptable

- Udvendig efterisolering af vinduesløse gavle eller lignende.
- Efterisolering af gulve, hvor gulvbrædder eller gulvtegl skiftes ud med nye, magen til de gamle.
- Efterisolering under vinduesbrystninger, herunder bag 'radiator-nicher'.





Udvendig isolering
Uskøn og dominerende udvendig efterisolering af en bygning fra 1920'erne, hvor vinduerne ligger for dybt i facaden. På hushjørnet revner pudsen allerede, så vand og fugt kan trænge ind og fremskynde nedbrydningen.

- Indvendige forsatsvinduer med energiglas eller energiruder på de eksisterende vinduer – dog ikke bevaringsmæssigt optimale i alle udformninger.
- Nye vinduer, udført helt magen til de oprindelige udvendigt, inkl. gamle rudeglas, kitfals og beslag, men indvendigt energiforbedret med forsatsvinduer eller koblede vinduer (fortrinsvis som 3. generationsvinduer, hvor de originale vinduer allerede er skiftet ud)
- Træbygninger, der efterisoleres og øges med et 5 cm ventileret hulrum udvendigt (vinduer flyttes med ud)
- Efterisolering af etageadskillelse eller mellem spær, i uudnyttede tagrum (hvor tagkonstruktionen ikke er specielt bevaringsværdig)
- Tætningslister på yderdøre
- Forsatsdøre indvendigt på gamle yderdøre
- Vindfang, luftsluser etc. indvendigt på yderdøren.

Kategori 3:
Energiforbedringer, der er bevaringsmæssigt uacceptable

- Udskiftning af originale vinduer med nye termovinduer af træ, plastik eller aluminium
- Udskiftning af gamle rudeglas i gamle vinduer med nye tynde termoruder
- Spinkle støbejerns- og smedejernsvinduer, der forsynes med termoglas eller kraftige forsatsvinduer.
- Udskiftning af yderdøre med nye isolerede yderdøre
- Udvendig efterisolering af facader i blank murværk eller med facadeudsmykninger
- Efterisolering oven på en eksisterende tagkonstruktion, så tykkelsen øges
- Indvendig efterisolering, hvor der er væsentlige indvendige væg- og loftdetaljer
- Synlige solfangere i tagene eller på bygningen
- Indvendig efterisolering – hvor de indvendige detaljer flyttes (stuk, vinduesindfatninger, fodpaneler, brystningspaneler etc.)

Som det ses i næste kapitel, kan en konkret bevaringsværdig bygning fra 1927, efterisoleret efter principperne i kategori 1-2, opfylde energikravene til Renoveringsklasse 1 i Bygningsreglementet (BR-15). Der nås et energiforbrug på 53 kWh/m² år. Kravet er 52,2 kWh/m² år + 1650 kWh/m² år.





I Christiansfeld har de murede huse fra starten, i 1770'erne, haft en udvendig bræddebeklædning på facadernes vestsider – som beskyttelse mod vejr og vind. De 1½ tomme tykke brædder virker imidlertid også som en udvendig isolering af ydervæggen. Vinduerne kommer også her til at ligge dybere i facaden, men her er det kulturhistorisk korrekt.

4 Gode løsninger til energiforbedringer

4.1 Brugeradfærd

Det skal anbefales at starte med følgende 'gratis' energibesparelser i dagligdagen:

- Begræns varme- og el-forbruget som person, familie, arbejdsplads.
  Benyt apparater med det laveste energiforbrug. Sluk eller styr stand-by-funktioner. Hæld den færdige kaffe på termokande i stedet for at lade kaffemaskinen holde den varm. Sluk unødvendigt lys. Sæt automatisk slukke-funktion på trappelys. Sluk for TV, computere og radio, hvis man er i gang med andre ting. Tør vasketøj udendørs i stedet for i tørretumbler. Osv. osv.

- Udnyt husets naturlige energibesparelses-potentialer: Træk gardinerne eller rullegardinerne for vinduerne om natten. Skru ned for varmen i rum, der ikke bruges så meget. Isoler alle varmerør.



I dette rækkehus fra 1954 er sovekammer-vinduerne på 1. sal forsynet med udvendige skodder – helt i pagt med funktionalisternes middelhavs-drømme. Men i dag kan disse skodder på avanceret vis benyttes til at spare på varmen i huset. Ved at lukke skodderne til om natten mindskes varmeudstrålingen fra vinduerne betragteligt.

- Tætne huset:
  Gå husets ydervægge grundigt igennem og tætne alle revner og sprækker ved vinduer, døre, bindingsværk, balkoner, rørgennemføringer evt. med kalkmørtel. Kalkmørtel er helt lufttæt, men samtidigt poreåbent. (NB. Brug *aldrig* syntetiske gummifugemasser, da disse ikke er diffusionsåbne). Ved udnyttede tagrum tætnes indefra ved alle kanter og hjørner, hanebånd, rørgennemføringer m.v. Også her benyttes kalkmørtel, der stoppes godt ind i revnerne og stampes godt med en fugeske.



Syntetiske gummifugemasser bør aldrig forekomme på ældre bygninger. De er for tætte og for uholdbare, og så passer de heller ikke æstetisk til ældre byggeskik. Benyt i stedet det gode gamle materiale luftkalkmørtel, der er helt poreåbent. Se side 74.

4.2 Generelt om energiforbedringer på ældre huse

Anden etape af Lægeforeningens Boliger på Østerbro i København, opført af arkitekten Vilhelm Klein i 1866-72, vides at være det første hulmursbyggeri i Danmark. I første omgang med 'faste bindere', d.v.s. af mursten. Men der går dog mange år, før hulmursbyggeriet slår igennem som standard i byggeriet. Det sker først omkring 1900-1910.

Derfor kan man regne med, at de enfamiliehuse og etagehuse samt fabriksbygninger, der er opført fra midten af 1800'tallet og frem til begyndelsen af 1900'tallet, er bygget af massivt murværk, såkaldt grundmur. Det samme gælder naturligvis alle de ældre bindingsværkshuse, der er opført fra begyndelsen af 1700'tallet til ca. 1850, hvor de grundmurede huse slog igennem i byggeskikken, plus de få grundmurede bygninger, der er opført før 1850 her i landet. Alt i alt er der ifølge BBR (Bygnings- og Boligregisteret) 'kun' ca. 200.000 bygninger i Danmark, der er opført før 1900 – set mod at der findes 4.2 millioner bygninger, der er opført efter 1900, til i dag.

Der er derfor alt mulig grund til at behandle disse ca. 200.000 bygninger, hvoraf omkring 70.000 er opført af bindingsværk, på en anden måde – materialemæssigt og energiforbedringsmæssigt – end de 4.2 millioner nyere bygninger, med bl.a. hulmur.

I årene 1900 – 1960 blev der bygget yderligere 1.1 mio. bygninger i Danmark – heraf langt de fleste med hulmur. Men på en række områder, især de arkitektoniske og



De 1.3 mio bygninger i Danmark, der er ældre end 1960, skal behandles med andre materialer og andre metoder end yngre bygninger. Ikke mindst de cirka 70.000 bindingsværksbygninger, hvoraf mange er over 300 år, men hvor træet rådner, hvis de bliver malet med plastikmaling.

byggetekniske, hører disse bygninger mere sammen med de 200.000 bygninger fra før 1900 end de 3.1 mio. bygninger, der er opført efter 1960.

Så for disse 1.3 mio. bygninger i Danmark, der er opført før 1960, peger alle erfaringerne med energiforbedring gennem de sidste 25 år på tre meget vigtige elementer, der både handler om at fastholde husets arkitektoniske udtryk og samtidigt opnå gode, gennemprøvede og holdbare byggetekniske løsninger, som det fremgår af næste kapitel.

Opvarmningsformer
Opvarmningsformen og dens effektivitet har stor betydning for en bygnings energiregnskab. Dette ligger imidlertid uden for denne publikations emne, fordi det kun i tilfælde af solvarmeanlæg eller vindmøller anbragt på selve huset kan komme til at påvirke husets bevaringsværdier. Solvarmeanlæg (solceller eller solvarme) kan i mange tilfælde med fordel anbringes på jorden ved siden af bygningen, så denne ikke skæmmes.

Derudover kommer der nærmest dagligt nye produkter inden for energi og bygningsopvarmning på markedet, så dels vil de evt. skæmmende solfangere, der er anbragt på taget af en bevaringsværdig bygning, blive umoderne og ineffektiv efter relativt få år og derved forsvinde igen, dels kan man få de seneste opdaterede nyheder langt bedre og hurtigere via internettet - end gennem en trykt publikation. Men, det er absolut noget, man som husejer bør se på som noget af det første, når vi taler om energiforbedring af bygninger.

Vedvarende energiløsninger
Denne publikation beskæftiger sig ikke med vedvarende energiløsninger til eksisterende, herunder bevaringsværdige, bygninger. En række af disse, bl.a. solceller og solvarme, påvirker i høj grad ældre bygningers arkitektur. Andre som fjernvarme, jordvarme og diverse varmepumper gør i mindre grad.

I 2014 har Bygherreforeningen og Teknologisk Institut udgivet publikationen 'Vedvarende energiløsninger til eksisterende bygninger', der repræsenterer en grundig og helt aktuel gennemgang af disse, dog fortrinsvis rettet mod større etagehuse, som denne publikation om 'Bevaringsværdige bygninger – gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold' i høj grad kan henvise til, vedrørende vedvarende energiløsninger.

Dels er der i dennes kapitel 3 'Bygningstyper' en fin gennemgang af de forskellige etagehuse fra 1850 – 2000 og disses muligheder for vedvarende energiløsninger, dels er der i kapitel 4 'Æstetik' en række gode råd og anbefalinger om, hvad man som husejer bør gøre for ikke at forringe husets æstetiske og arkitektoniske udtryk. Disse er helt i tråd med denne publikations råd, anbefalinger og holdninger. Publikationen, der også er tilgængelig på internettet, findes i litteraturlisten

4.3 Praktiske erfaringer med energiforbedringer gennem 20-25 år

Efter energikrisen i 1973 blev der gennemført en stor kampagne for at efterisolere og energiforbedre alle ældre uisolerede bygninger. Tusindvis af gamle originale vinduer blev skiftet ud med termovinduer med store, hele ruder. Mange bindingsværkshuse blev efterisoleret indvendigt med såkaldt 'bløde plader', og mange tage blev skiftet ud og efterisoleret med mineraluld.

Det meste af dette skete uden den store veneration for bygningernes arkitektoniske udtryk, specielt hvad angår vinduerne, og der kom efterfølgende også mange fugt-, råd- og svampeskader på adskillige huse, især i tagene. I dag 40 år efter kan vi se, at kvaliteten og levetiderne for disse arbejder har været alt for ringe. Selv om der forment-



Skift ikke de gamle kitfals-vinduer i bygninger, der er ældre end 1960. Sæt indvendige forsatsvinduer op som beskrevet i denne håndbog, så sparer de bedre på varmen end tilsvarende nye vinduer med udvendige energiruder.





De smalle murpiller mellem vinduerne efterisoleres ikke. På mange ældre huse, bygget før 1960, sidder vinduerne relativt tæt med smalle piller/murstykker imellem. Det gælder især bindingsværkshuse, men også nyere, murede huse fra 1930'erne som her. Disse smalle piller får man ikke nogen effekt af at efterisolere med mere end højst 2,5 - 5 cm isolering, da varmen/kulden løber ud langs kanterne.

lig er fremkommet en vis varmebesparelse, har 1970'ernes energiforbedringer på eksisterende huse næppe været rentable, og i forhold til miljøbelastningen fra diverse udskiftninger har de næppe været nogen gevinst.

Men op gennem 1980'erne og 90'erne er der bl.a. hos de myndigheder, viden-centre og fagpersoner, der har arbejdet med restaurering af fredede og bevaringsværdige bygninger i Danmark (og Norden), gjort mange forsøg og indsamlet mange erfaringer i forhold til energiforbedringer på ældre bygninger, der kan gennemføres teknisk og varmeteknisk bedre end før og også med respekt for bevaringsværdierne. Disse erfaringer er bl.a. opsamlet og videreformidlet i Slots- og Kulturstyrelsens *'Information om Bygningsbevaring'* fra 1990-92, der blev revideret og udlagt på internettet i 2000 og her yderligere opdateret i 2014, samt i Center for Bygningsbevarings *'Anvisninger til Bygningsbevaring'.*
Links til Information om Bygningsbevaring 2014:
http://slks.dk/bygningsfredning/bygningsbevaring-2014
Center for Bygningsbevarings Anvisninger: http://www.bygningsbevaring.dk/anvisninger

Specielt i forhold til energiforbedring af eksisterende, gamle vinduer af træ på alle bygninger og efterisolering af ydervæggen på bindingsværksbygninger er der undersøgt og forsket og fundet frem til optimale løsninger for ældre bygninger på fem områder:

1. Man skal *ikke* skifte gamle vinduer af træ ud med nye termovinduer eller energitermoruder, men i stedet energiforbedre de gamle vinduer med indvendige forsatsvinduer.
. Den bedst isolerende løsning (1+2*) har en U-værdi på 0,94 W/m²K og et energital på ÷ 17 kWh/m² år, d.v.s. langt bedre end de tilsvarende nye standard-termo/energivinduer af træ, plastik eller træ-alu med udvendige energiruder. Se side 42.
Hvis de oprindelige vinduer allerede er udskiftet, skal man fremstille nøjagtige kopier af de oprindelige kitfalsvinduer af træ, med indvendige forsatsvinduer med energiglas eller energiruder.

2. Man skal *ikke* opsætte tætte plastikdampspærrer i ydervæggene, men i stedet etablere et ventileret hulrum til at opsamle fugten fra vægkonstruktionen. Indvendigt virker en beklædning af brædder, rørvæv og puds (luftkalkmørtel) eller et træpanel som fugtbuffer. Se side 24-25 og 30.

3. Man skal *ikke* efterisolere mellem tætsiddende facadevinduer eller over disse, men i stedet etablere en lav forsatsvæg/forsatskasse, med 10 cm isolering, under vindueshøjde. U-værdi: 0,30 W/m²K. Se side 30.
.

4. Murede huse med hulmur kan med fordel hulmursisoleres af et certificeret isoleringsfirma. U-værdi: 0,20 W/m²K. Se side 28-29.

5. Man skal efterisolere taget mellem spærene, og ikke oven på disse, for at undgå at selve tagmaterialet løftes, bortset fra ca. 2,5 cm ved etablering af et fast undertag. Med 20 cm isolering fås en U-værdi på 0,20 W/m²K. Se side 38.

Efterisolering af kældergulv mod terræn kan udføres med 10 cm kapilarbrydende lag (lecanodder), 20 cm isolering, 10 cm armeret beton. Evt. herpå efter 2 måneders hærdetid: 10 cm gulvstrøer lagt pa tjærepap, med 5 cm isolering og 5 cm ventileret luftspalte melem og 28 mm gulvbrædder med fer og not, sømmet pa gulvstrøerne. (se side 27)

De anvendte løsninger har erfaringsmæssigt meget lang holdbarhed. Alene vindueløsningen med forsatsvinduer har været brugt her i landet i over 200 år, så rentabiliteten må dermed siges at være ret god. Ikke alle ældre huse kan komme så langt ned i energiforbrug, men det er i hvert fald forkert, når det hævdes, at kun ved at foretage en udvendig isolering af facaderne, og dermed gøre ydermurene meget tykkere, kan ældre bygninger komme til at leve op til moderne isoleringsmæssig standard.

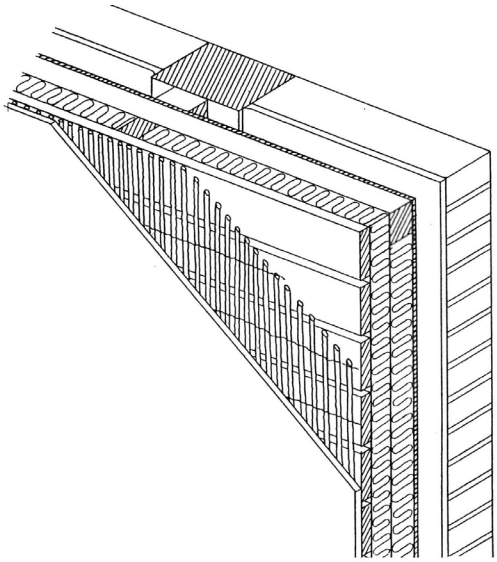
4.4 Brædder og puds i stedet for plastik-dampspærrer

Når denne håndbog ikke anbefaler opsætning af dampspærrer af plastikfolie i bygninger ældre end 1960, skyldes det bl.a., at man ikke i praksis kan udføre en helt tæt plastikdampspærre i en ydervæg i et eksisterende hus, specielt ikke i et med mange vinduer. Der vil altid forekomme utætheder mellem væg og vinduer, væg og gulv, væg og loft, bl.a. rundt om loftbjælker, videre op i taget og ved eventuelle skunkvægge. Der, hvor en dampspærrer ikke er hermetisk tæt, koncentrerer man fugtproblemerne i konstruktionen.

Et andet problem ved tætte dampspærrer i ældre huse er den såkaldte 'sommerkondens', der medfører, at fugtvandringen i 3 måneder om året, i juni, juli og august, går udefra og ind i vægkonstruktionen. Derved kan store mængder fugt blive 'fanget' på ydersiden af plastikdampspærren, hvorved konstruktionens træmaterialer risikerer at rådne. I stedet anbefales det, efter over 25 års upåklagelige erfaringer med denne konstruktion, at der etableres en ventileret luftspalte på 2-3 cm på ydersiden af isoleringsmaterialet. Denne kan 'trække' fugten ud af væggen og isoleringsmaterialet (Se illustration). Isoleringsmaterialet må ikke kunne holde på fugten.

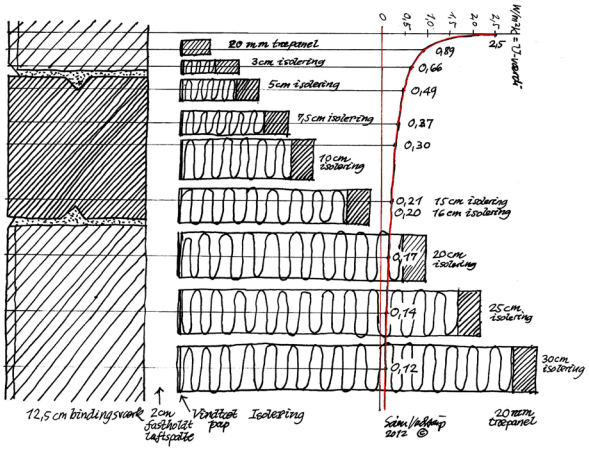
Indvendigt på denne konstruktion etablerer man en beklædning, der kan optage fugten i sig selv, allerbedst brædder, rørvæv og puds, eller fyrrebrædder med fer og not. Spånplader eller gipsplader er ikke egnede til dette. Brædder, rørvæv og puds som indvendig beklædning har ydermere den fordel, at dette materiale har en god fugtdynamik i forhold til indeklimaet, og så kan pudslaget udføres helt tæt op mod vinduer, lofter, loftbjælker eller hanebånd m.m. Pudslaget males med en poreåben/kappilaråben limfarve eller silikatmaling. Herudover efterisolerer man godt og effektivt de steder, kulden er 'værst', d.v.s. selve vinduerne (og yderdøre), under vinduerne, under gulv/terræn/kælder og i taget/loftet.

En anden mulighed er at opsætte 5-10 cm tykke indvendige 'kappilaraktive' indeklimaplader, med 2-3 cm lerpuds direkte ud mod ydervæggen, og afsluttet indvendigt med glasfibervæv, lerpuds eller kalkpuds samt limfarvede eller silikatmalede overflader. Igen en løsning uden plast-dampspærrer.
Se også de konkrete konstruktionsforslag side 33.



Indvendig efterisolering af ældre bindingsværksbygninger – uden dampspærre. I stedet for en dampspærre etablerer man et ventileret hulrum på 2-2,5 cm på den kolde side af isoleringen. Denne vil suge vanddampen ud af konstruktionen via den fysisk betingede ligevægts-udfyldning. Konstruktionen har været standard for fredede bygninger i over 25 år. (Kilde: Slots- og Kulturstyrelsen: 'Information om Bygningsbevaring 2014': Efterisolering af bindingsværk).

Hvad siger Bygningsreglementet?
I Bygningsreglementets kapitel 4.6, stk 2, står der at 'Bygninger skal sikres mod skadelig akkumulering af kondensfugt som følge af fugttransport fra indeluften'. Punktum.

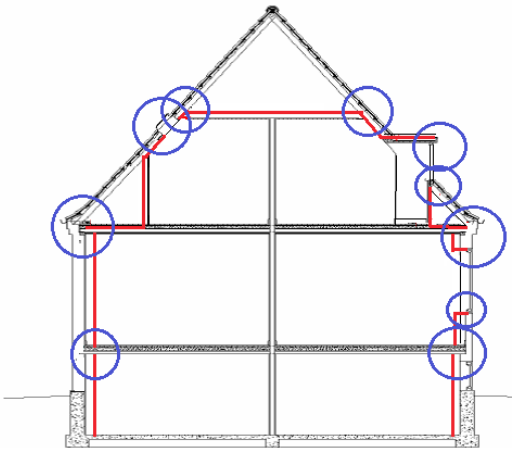


Voldsom efterisolering betaler sig ikke.
Tegningen viser, at man får mest ud af de første 10 cm efterisolering. Herefter udjævner det opnåede varmetab sig, jf. den røde kurve. Kurven starter ved den uisolerede væg (øverst), der har en U-værdi på 2,5 W/m²K. Ved opsætning af et træpanel uden på et ventileret hulrum på 2-3 cm falder varmetabet til 0,89 W/m²K. Med bare 5 cm isolering uden på det ventilerede hulrum er varmetabet nede på 0,49 W/m²K, og ved 10 cm isolering er det 0,30 W/m²K. Man kan diskutere, om yderligere 5 cm isolering, til i alt 15 cm, hvorpå U-værdien kommer ned på 0,21 W/m²K, kan betale sig, men herefter er det slut. Kurven forløber stort set vandret, lige meget hvor meget isoleringsmateriale, man fylder yderligere på.

Der står således ikke specifikt i det danske Bygningsreglement, at ældre bygninger skal forsynes med tætte dampspærrer, når de bliver efterisoleret. Men man skal sikre, at rumfugten eller udefugten ikke vil kondensere – d.v.s. blive til vand – inde i selve konstruktionen. Brædder, rørvæv og kalkpuds er eksempelvis en god sikring mod dette i et ældre hus.

Hvis man i stedet forsøger at etablere en luft- og diffusionstæt dampspærre i et ældre hus, i form af en tynd plastikfolie, der fås i baner, og som tapes sammen med selvklæbende tape, kan man risikere, at indefugten netop kondenserer – bliver til vand - i konstruktionen, der hvor der uvægerligt vil opstå utætheder i plastikdampspærren. Eksempelvis rundt om træbjælker, vindueslysninger eller ved overgangen fra skunkrum til loft. Dette sker også, selv om dampspærren anbringes forskriftsmæssigt et stykke inde i isoleringen, for at undgå at søm og andet, der slås i væggen, laver huller i membranen.

I ældre bygninger, der skal efterisoleres, rummer denne metode en række ulemper, der gør, at den ikke kan anbefales.



Tegningen viser de steder, hvor en eventuel plastikdampspærre, den røde linje, aldrig kan blive tæt i en eksisterende bygning, der efterisoleres. Hvor den røde linje er afbrudt, eksempelvis rundt om træbjælker, vindueslysninger eller ved overgangen fra skunkrum eller loftgulv til ydervæggen (de blå cirkler), vil rumfugten koncentreres og medføre, at bjælkeender, vindueskarme og hanebåndenes ender bliver fugtet op. Dette kan være katastrofalt for husets trækonstruktioner.

I Bygningsreglementets vejledning fremgår det, at man godt er klar over dette. Der står følgende: På facader og tage, der om sommeren kan opnå høje udvendige overfladetemperaturer ved direkte solstråling, bør konstruktioner udformes, så der sikres mod sommerkondens, dvs. kondens, der optræder, når fugt trænger ind gennem konstruktionen udefra og kondenserer på koldere materialer inde i konstruktionen.

Dette kan sikres ved at etablere et ventileret hulrum lige bag ydervæggen inderside, der vil tiltrække og fjerne fugten både indefra og udefra. Et lerlag her kan gøre det samme, da ubrændt ler har ekstremt gode sorptions-egenskaber. Dernæst skal de indvendige flader i konstruktionen være poreåbne – og dermed netop ikke diffusionsåbne. Fugttransport gennem porøse/poreåbne materialer går nemlig 10-100 gange så hurtigt og effektivt som diffusion. Ved diffusion 'flytter' man molekyle for molekyle, hvilket er meget langsomt. Ved kapillar transport eller sorption i bl.a. ubrændt ler, optages frit vand eller vanddamp direkte i overfladerne.

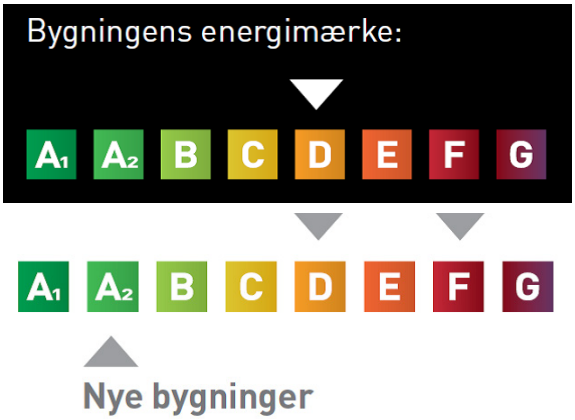
4.5 Energimærkning af bygninger

I Danmark har vi lovpligtig energimærkning af bygninger ved salg, udlejning samt regelmæssigt hvert 5. år for store bygninger.

Energimærkning af bygninger har to formål:

1. Mærkningen skal synliggøre bygningens energiforbrug og skal dermed virke som en form for varedeklaration, når en bygning sælges eller udlejes.
2. Mærkningen skal give et overblik over de energimæssige forbedringer, som er rentable at gennemføre – hvad de går ud på, hvad de koster at gennemføre, og hvor stor besparelse der kan opnås på el- og varmeregninger.

Mærkning udføres af en energikonsulent, som måler bygningen op og undersøger kvaliteten af isolering, vinduer og døre, varmeinstallation m.v. På det grundlag beregnes bygningens energiforbrug under standardbetingelser for vejr, familiestørrelse, driftstider, forbrugsvaner m.v. 25a Energimærket 1.



Energimærkeskalaen går fra A1 til G og svarer til den, som kendes fra en række energiforbrugende produkter, blandt andet hårde hvidevarer. Boliger, offentlige bygninger og bygninger til handel og service er omfattet af reglerne om energimærkning.

Nogle sparer på varmen, mens andre fyrer for åbne vinduer eller har huset fuldt af teenagere, som bruger store mængder varmt vand. Mærket fortæller altså om bygningens kvalitet – ikke om måden den bruges på, eller om vinteren var kold eller mild.

Den førnævnte Lavenergiklasse 2, som forsøgshus i Køge (se næste kapitel) kunne opnå uden at forringe bevaringsværdierne, svarer til Energiklasse A_2 i ovennævnte energimærkning.

4.6 Efterisolering af gulve, vægge, etageadskillelse og tag

Ved enhver efterisolering af ældre huse er det vigtigt, at denne udføres, så man opnår den størst mulige energibesparelse, uden at de tekniske og arkitektoniske kvaliteter i huset forringes.

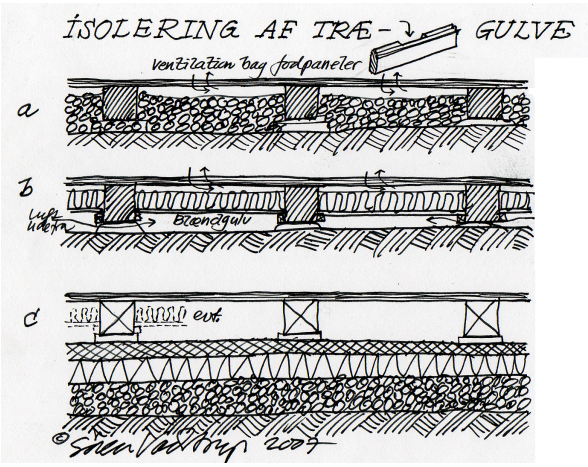
Efterisoleringen bør kun i særlige situationer medføre, at originale bygningsdele (vinduer, døre, gulve etc) skiftes ud. Efterisoleringen bør kun i særlige situationer medføre, at bygningsdetaljer dækkes, eller interiører eller eksteriører ændres.

Der bør altid udføres en samlet vurdering af energibesparelses-potentialerne med fokus på bevaringsværdierne, før endelig stillingtagen til, om en energiforbedring på et fredet eller bevaringsværdigt hus bør udføres. Hvis efterisoleringen ødelægger eller slører husets bærende bevaringsværdier, bør man overveje andre muligheder for energibesparelser, eksempelvis opvarmningsformen.

Det bør også som en fast standard vurderes, om efterisoleringen rent teknisk vil reducere energiforbruget i huset, eller om der skabes nye problemer med følgevirkninger, der på længere sigt koster flere penge, bruger mere energi osv. end energiforbedringen kan præstere. Eksempelvis øget forvitring eller fugtophobning på kritiske steder. Der skal med andre ord foretages en objektiv risikovurdering i forhold til skader fra fugt, forvitring, forværrede indeklimaforhold osv.

Ved indvendig efterisolering af murede huse eller træhuse skal de indvendige overflader principielt genskabes i de samme slags materialer, d.v.s. hhv. puds (evt. brædder og puds) eller brædder magen til de eksisterende.

Efterisolering af trægulve
Her er man nødt til at tage det gamle bræddegulv op og enten genlægge dette eller lægge et nyt magen til det gamle. Man må som regel 'ofre' eet bræt, men ellers kan de andre tages op ved at banke slanke kiler ind under sømrækkerne og løfte brædderne forsigtigt, hvorefter sømmene kan trækkes op med et koben.



Efterisolering af trægulve
I alle tre tilfælde tages de gamle gulvbrædder op og genanvendes på samme sted, eller der lægges nye gulvbrædder.

a.. a. Hvis gulvet ligger direkte på terræn, fylder man op mellem bjælkerne til 5 cm under gulvbrædderne med løs Leca, løs perlite eller korkgranulat, der dels tætner, dels holder mus væk. Evt. udluftningsriste til det fri bibeholdes, men selve gulvet udluftes på undersiden gennem spalter på bagsiden af fodpanelerne (se tegningen).

b. Hvis gulvet ligger på et løftet bjælkelag, lægges der et 'blændgulv', der tætnes med trælister, mellem bjælkerne. På blændgulvet lægges der 10-15 cm 'sorptionsaktiv', d.v.s. ikke fugtabsorberende isolering, f.eks. kork, cellulosefibermåtter, perlite, papiruldsmåtter etc. Evt. udluftningsriste til det fri bibeholdes, men selve gulvet udluftes gennem spalter på bagsiden af fodpanelerne.

c. Gulvet graves ud, så der bliver 'plads' til (beskrevet 'nedefra'):
- 20-30 cm kappilarbrydende lag
- 15-20 cm støbebatts
- 10 cm jernbetongulv (helt plant)
- Nye gulvbjælker – evt. med et blændgulv med 1o cm isolering imellem
- Nyt hv pl 28 x 135 mm trægulv.

Selve gulvet udluftes på undersiden gennem spalter på bagsiden af fodpanelerne.

Hvis der monteres gulvarme under bræddegulvet, skal denne ligge på den varme side af isoleringen.

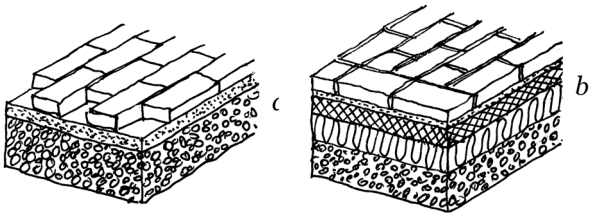
I bygninger uden kældre udgør fundamentet ofte en betydelig kuldebro. I forbindelse med efterisolering af gulve kan det ofte lade sig gøre at reducere denne kuldebro ved at lægge isolering op langs denne.



Nye gulve kan ventileres 'ovenfra' via smalle spalter på bagsiden af fodpanelerne, som vist, samtidigt med at selve gulvbrædderne efterlader en spalte langs væggene. Når man går på gulvet, så brædderne bøjer lidt, udlufter man undersiden automatisk. Se også tegningen.

Efterisolering af teglgulve

Ved teglgulve og andre hårde gulve er der flere muligheder for at efterisolere under dette som vist. Det anbefales at opmåle og nummerere det gamle gulv, før det tages op, for at kunne genlægge det nøjagtigt som før efterisoleringen.



Efterisolering af klinke/teglgulvstensgulve
(beskrevet 'ovenfra')

a. *Klinkegulv eller teglstensgulv lagt med knasfuge mod terræn*
   - Teglklinker eller alm. røde eller gule mursten lagt helt tæt
   - 2 cm tørt grus, stampet
   - 20 cm eller mere udstøbt klinkerbeton/ lecabeton eller lignende
   - 20-30 cm kapilarbrydende lag
   - Terræn

b. *Klinkegulv/teglstensgulv lagt med mørtelfuger*
   - Teglklinker eller alm. røde eller gule mursten fuget ud med hydraulisk kalkmørtel
   - 1-2 cm 'halvtør' hydraulisk kalkmørtel
   - 10 cm jernbetongulv (helt plant)
   - 10 cm støbebatts
   - 20 cm udstøbt klinkerbeton, lecabeton
   - 20-30 cm kapilarbrydende lag
   - Terræn

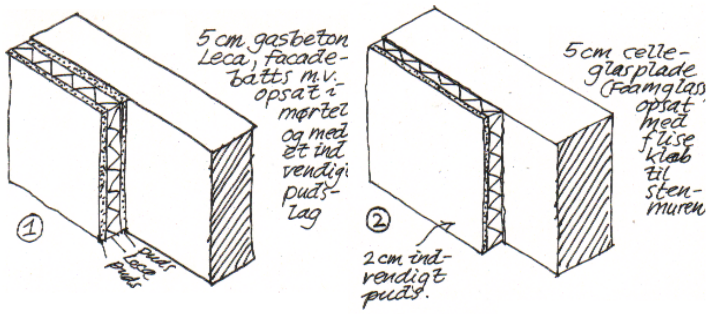
Hvis der monteres gulvarme under klinkegulvet, skal denne ligge på den varme side af isoleringen.



Udgravning til en ny gulvkonstruktion kan godt se voldsomt ud. På ældre huse skal man ogaå passe på ikke at underminere de sjældent ret dybe fundamenter.

Varmeisolering af kældre

Den her viste metode går ud på at efterisolere kældervægge indvendigt. Efterisoleringen kan også med fordel ske udvendigt, men denne løsning er langt mere kostbar og besværlig end en indvendig isolering, da man skal grave kælderen fri udefra, sektionsvis og påsætte isoleringsmaterialerne, før opgravningen lukkes igen. Hvis man alligevel er tvunget til at etablere et omfangsdræn på huset, kan dette eventuelt ske samtidigt med en udvendig efterisolering.



Tegningen viser 2 måder at efterisolere uisolerede kældre i murede huse på. Det vigtigste er, at der benyttes uorganiske materialer. Der er anvendt kalkpuds indvendigt i alle tre tilfælde, hvilket er et bedre materiale til at optage, regulere og afgive fugt end eksempelvis gipsplader eller lignende.



Kraftige frostafsprængninger af plastikmalet puds – formentlig p.g.a. sammensunket, våd efterisolerings-granulat nederst i hulmuren. En skal af murstenene følger også med. Her er der allerede repareret tre gange med pæne omkostninger og et nedslående resultat. Der er næppe heller nogen særlig varmebesparelse at glæde sig over.

En tredje måde, der også har været afprøvet i Danmark, er det belgiske produkt Hemplime, bestående af luftkalkmørtel iblandet stumper af hampestængler. Hempcrete, bestående af KC-mørtel, iblandet stumper af hampestængler, anvendes fortrinsvis til udvendig isolering. Hemplime kastes på indvendigt i et 10 cm tykt lag, der efterfølgende pudses med luftkalkmørtel, der ikke må plastikmales, men i stedet kalkes eller limfarves. Hemplime transporterer fugten fra den kolde ydervæg ud til vægoverfladen, hvor den afgives, når kælderrummets rumfugtighed falder.

Endelig er der gode erfaringer fra Tyskland med en række kalciumsilikatplader af forskellig porøsitet til indvendig efterisolering. Nogle er meget porøse (Ytong Multipor), og derfor bedre isolerende (λ = 0.042 W/mK), andre mindre porøse (MicroTherm og Calsitherm) og derfor mindre isolerende (λ = 0.062 W/mK), men til gengæld mere trykfaste og 'ophængningsvenlige' i forhold til f.eks. reoler m.m. I de to sidste har materialerne en pH-værdi, der er let basisk, således at mikroorganismer ikke kan trives heri.

Også disse virker ved deres kappilarsugende og fugttransporterende effekt, så de dels optager overskydende rumfugt, så denne ikke kondenserer på overfladerne, dels transporterer fugten fra den kolde ydervæg ud til selve vægoverfladen, hvor den afgives, når rummets rumfugtighed falder, f.eks. ved udluftning.

For at calciumsilikatpladerne skal virke, må de ikke overfladebehandles med andet end producentens malerbehandlinger, der er silikatbaserede. Hvis man af vanvare, eller fordi man ikke er oplyst om dette, plastikmaler eller tapetserer overfladen, ophører den kapillarsugende effekt.

Hulmursisolering af murede huse med hulmur

De fleste murede huse opført mellem ca. 1900 og 1950-60 er opført med en uisoleret hulmur. Derfor anses det ofte for meget fornuftigt at efterisolere disse ved *indblæsning* af et isolerings-materiale i det tomme hulrum. Indblæsningsfirmaet hugger et antal strategisk valgte mursten ud af facademuren og blæser dernæst isoleringsmaterialet ind i hulmuren.

Efterisolering hævdes at være tjent hjem på 3-5 år. Derefter fortsætter besparelsen år efter år, uden at værdien forringes som ved andre boligforbedringer. Der er imidlertid flere problemer i dette, så efter en række grelle tilfælde, hvor hulmursisoleringen gik galt og langt fra opfyldte disse løfter, har man etableret en autorisa-

tions-ordning for 'Indblæsnings-firmaer' samt udstedelse af højtidelige isoleringsattester. Alligevel kan man fortsat påpege en række forhold, man som husejer bør overveje, før man bestemmer sig til at hulmursisolere huset – eller gen-indblæser ny isolering, fordi den gamle ikke virker.

1. Isoleringsmaterialerne synker nemlig ofte sammen og lægger sig så som en tæt og ofte våd klump nederst i murværket. Her isolerer det ikke ret meget, tværtimod formentlig dårligere end før efterisoleringen.

2. Ældre murede huse kan være opført af svage mursten, der efter hulmursisoleringen begynder at forvitre og frostsprænge. Dette skyldes, at man sænker temperaturen i ydermuren om vinteren, idet der 'siver' mindre varme gennem murværket, der derved bliver koldere. Det samme kan ske for pudsede facader, hvor pudsen forvitrer og frostsprænger. Så den forventede varmebesparelse bruges i stedet på løbende efterreparationer på facaden.
   Man kan frygte, at årsagerne til frostsprængningerne netop er isoleringsmaterialernes evne til at holde på fugten plus den førnævnte sammensynkning i bunden af væggen.

3 Ved en hulmursisolering er det som bekendt den stillestående luft mellem eller i isoleringsmaterialerne, der isolerer. Men uden et luftfyldt isoleringsmateriale, f.eks. kugler eller granulat, til at holde luften i hulmuren stille, opstår der en 'skorstenseffekt' mellem den kolde ydervæg og den varme indervæg – eller nogle gange omvendt - der får luften til at cirkulere, og dermed ikke stå stille, hvorved den ikke isolerer.

4 Indblæsning af hulmursisolering medfører imidlertid ret store indgreb i facademurværket, bl.a. udfræsning af mursten, borthugning af puds, og isætningen sker sjældent, så man ikke kan se det bagefter.

5 Mange ældre bygninger egner sig ikke til hulmursisolering, bl.a. hvis der er smalle murpiller mellem vinduerne, og der kan også være andre ting, der hindrer en effektiv indblæsning, faste murede murbindere i murværket, opfyld af mørtel under murerarbejdet, massiv murværk, visse steder. Det kræver ekspertise i forhold til ældre bygningers byggemåde at vurdere dette.

Ved hulmursisolering er det vigtigt at sikre sig, at der er en fugtspærre indlagt over sokkelen, og at der ikke er tegn på opstigende fugt i ydervæggene. Enhver form for efterisolering vil reducere væggenes overflader og evne til hurtig udtørring.

Man bør herudover for det første ikke benytte et 'autoriseret indblæsningsfirma' som rådgiver for, om man skal efterisolere ældre huse eller ej. Man bør i stedet spørge forskellige mere uvildige energirådgivere, bl.a. 'Energitjenesten' *(www.energitjenesten.dk)*.

For det andet skal man som led i sine overvejelser og forundersøgelser få foretaget en *termografisk fotografering* af husets ydervægge. Her vil det afsløres, om og hvor der ryger varme ud af facaderne. Vælger man at efterisolere, kan man som kontrol få foretaget en ny termografisk fotografering for at se, om isoleringen har haft nogen effekt. Dette medfører en forholdsvis lille omkostning i det samlede projekt, men det giver en god sikkerhed for et lødigt resultat.

Den meget udbredte brug af termografisk fotografering de senere år har dog afsløret, at det kræver ret stor ekspertise at optage og vurdere disse billeder, plus at de ofte er meget misvisende.

For det tredje bør huset og specielt facaderne, herunder også bagmuren, ind mod husets rum vurderes af fagfolk med forstand på at vurdere ældre bygningers materialer.

'Med en hulmursisolering er det slut med fugt og træk fra kolde vægge', men så enkelt er det desværre ikke. Fonden BYG-ERFA har udgivet tre ERFA-blade om problemer med indblæsning af hulmursisolering i bl.a. ældre huse:

- 'Indblæsningsfejl og –skader ved hulmursisolering'
- 'Fugt og frostskader efter hulmursisolering'
- 'Revner i skalmure og formure fra temperatur- og fugtbevægelser'

Disse kan købes hos Fonden BYG-ERFA og hos Molio.

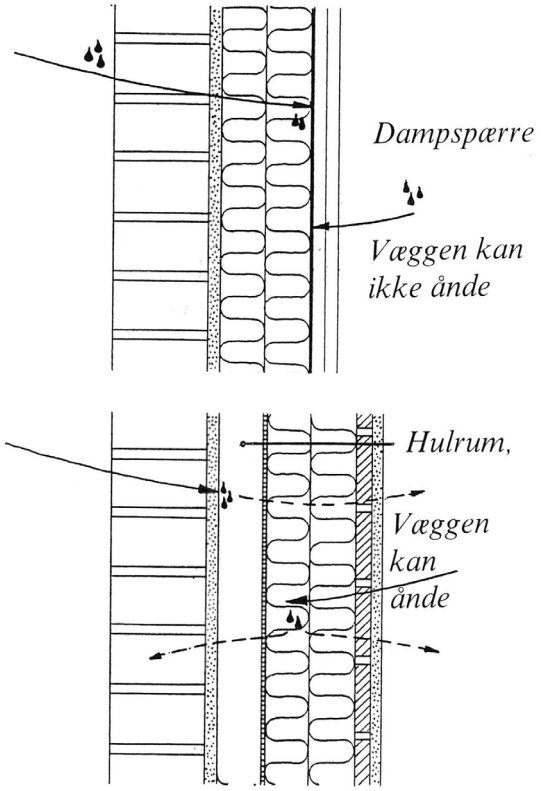


Hulmursisolering – foretages ved forsigtigt at udfræse enkelte mursten på strategiske steder og herefter blæse hulmursisoleringen ind i hulmuren. Efter indblæsningen lukkes hullerne usynligt.

Dette indikerer i sig selv, at det ikke er helt så ukompliceret at efterisolere ældre huse, som mange vil gøre det til. En efterisolering af gulvet, af vinduerne og af etageadskillelsen mod loftrum vil i mange tilfælde være teknisk og varmeisoleringsmæssigt bedre løsninger, hvis man vil spare varme og forbedre boligkomforten.

Indvendig efterisolering af ydervægge

Før ca. 1900, dog med enkelte undtagelser tilbage til 1870, blev murede huse opført i massivt murværk, d.v.s. uden den hulmurs-konstruktion, vi benytter i dag. De muligheder, vi har for at efterisolere disse bygninger er enten ved at isolere udvendigt eller indvendigt på ydervæggene.



Slots- og Kulturstyrelsen anbefaler, at indvendig efterisolering af bindingsværksbygninger udføres uden opsætning af en tæt dampspærre af plastik eller lignende. I stedet skal man etablere et fastholdt og ventileret hulrum på den kolde side af isoleringen. Denne vil automatisk 'trække' fugten til sig fra bl.a. isoleringsmaterialerne. Inderst udføres brædder, rørvæv og kalkpuds, der ydermere kan udføres helt lufttæt mod diverse skrå og skæve kanter. (Information om Bygningsbevaring 2014: Efterisolering af bindingsværk)

På bindingsværksbygninger og murede bygninger, opført før 1960, bør man *ikke* isolere ydervæggene udvendigt. Det skyldes primært, at disse huses facader ofte er udført med konstruktioner og dekorationer i murværk, puds eller træ, der derved dækkes af isoleringen, hvorved det arkitektoniske udtryk ændres, og de bærende bevaringsværdier dermed forringes. Hertil kommer andre æstetiske problemer for vinduer, døre, tagfødder, sokler osv. Dernæst er en udvendig efterisolering meget risikabel, rent fugtteknisk, især for bindingsværkshuse, hvor træet ikke kan blive tilstrækkeligt udluftet, så det risikerer at rådne.

Ved en indvendig efterisolering af ældre huse fra gulv til loft er der dog også den store hage, at man ændrer mærkbart på de indvendige rums proportioner – plus at en eventuel loftstuk 'drukner', og vindues-lysningerne bliver meget dybe.

Et andet meget stort problem ved en indvendig efterisolering er, at vanddamp, produceret i rummet eller tilstødende rum fortættes til vanddråber på den kolde ydervæg bag isoleringen, hvorved der dannes mug og skimmel på dette sted, plus, at de organiske materialer, der fugtes op, vil rådne.

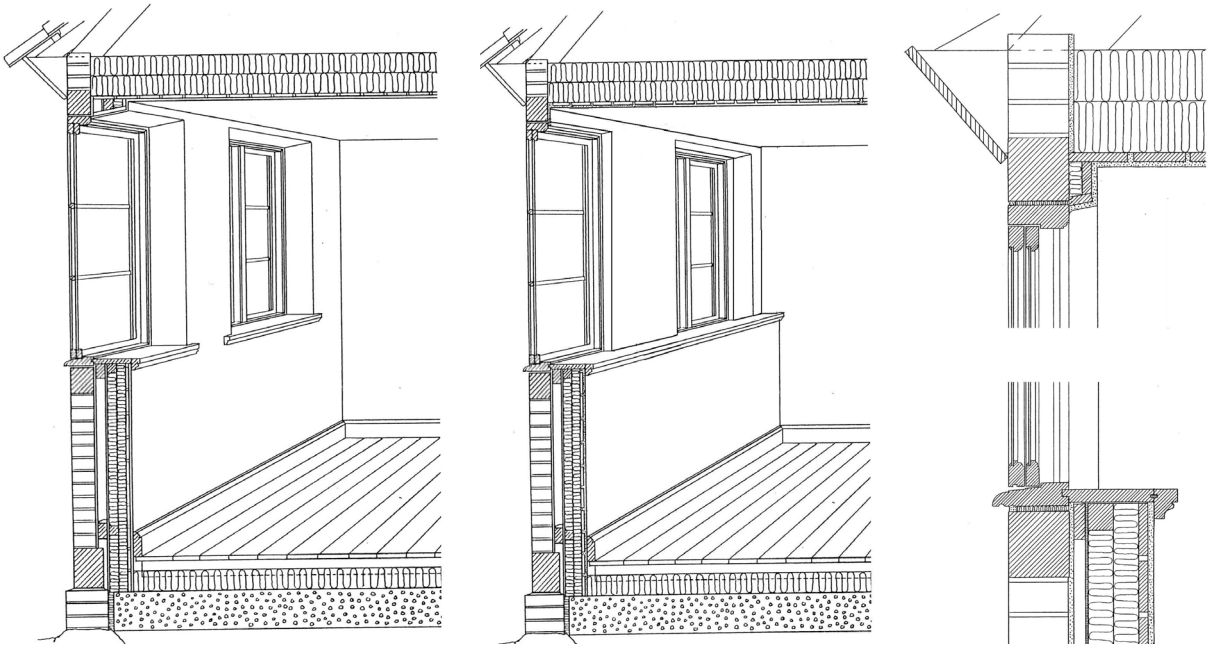
Man skal derfor være overordentlig forsigtig og omhyggelig, hvis man isolerer et muret hus indvendigt. Det kan dog lade sig gøre på følgende måde:

Vinduesvæggen isoleres kun under vinduerne

I ydervæggen, der skal varmeisoleres, vil der i de fleste tilfælde befinde sig eet til flere vinduer. På selve vinduerne kan man opnå den maksimale varmeisoleringseffekt ved at forsyne de gamle enkeltglasvinduer med indvendige forsatsvinduer med energiruder eller energiglas. De opnår derved en U-værdi på 0,94 – 1,65 W/m²K. Tilsvarende termovinduer eller energi-termovinduer vil have en U-værdi på 1,8 – 2,0 W/m²K, så forsatsvinduer skal absolut anbefales af energimæssige grunde, plus at man også bevarer husets originale vinduer på denne måde.



På denne husrække af ældre historiske huse i København er der vist med gult på tre af facaderne, hvor lidt de kuldebroer fylder, der ikke dækkes af energiforbedringen af vinduerne og den foreslåede brystningsisolering. De smalle murpiller vil det under alle omstændigheder have ret lidt effekt at efterisolere med mere end 5 cm, da varmen/kulden trækker ud/ind ved kanterne.



Den indvendige brystningsisolering under vinduerne betyder ret meget for bibeholdelsen af rummenes proportioner, bevarelsen af loftstuk og ikke mindst vinduesnichernes dybde. Til venstre ses isoleringen ført helt til loft med dybe vinduesnicher og en synlig formindskelse af rummet. Til højre ses den foreslåede brystningsisolering, hvor overvæggene ikke isoleres eller med max. 5 cm. Efter Slots- og Kulturstyrelsen: Information om Bygningsbevaring 2014: 'Efterisolering af bindingsværk'.

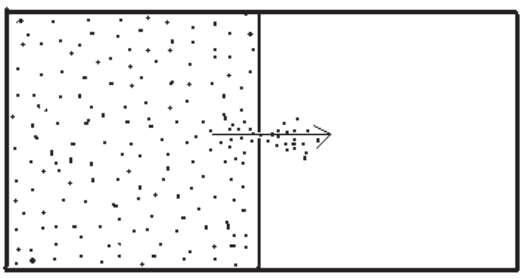
Den uisolerede, massive væg mellem vinduerne isolerer lidt bedre end vinduerne, nemlig ca. 1 ,5 W/m²K (2-stensmur), og med en indvendig isolering på 5 cm tykkelse (λ = 0,045 W/m²K) her, kan varmetabet på midten af murstykket bringes ned på ca. 0,35 W/m²K – og noget højere langs kanterne. Med et højisolerende isoleringsmateriale (λ= 0,020 W/m²K) kan vægstykkets midter-U-værdi bringes ned på 0,29 W/m²K. En mulighed er også at pudse med 5 cm 'perlite-puds'. Se side 92.

Det skal derfor anbefales, at ydervægge, hvor der sidder vinduer, kun isoleres fra gulvet og op til underkant vinduer. Dette udføres eksempelvis med 2 cm fastholdt, ventileret luftspalte, vindtæt pap, 10 cm ikke-hygroskopisk isoleringsmateriale afsluttet med et brystningspanel af høvlede og pløjede brædder, afsluttet med en lille 'hylde' under vinduerne. Denne løsning vil bevare det arkitektoniske udtryk i vindueslysningerne, loftstukken vil ikke blive berørt, og efterisoleringen vil ikke opleves, som om den tager plads i rummet.

Hvis rummet har varmeapparater under vinduerne, sker den bedste og billigste efterisolering bag disse. Her er muren ofte kun på ½ sten, og dermed ikke så godt isolerende som resten af muren, og temperaturen meget høj, omkring 50 grader da varmeapparaterne sidder her. Man kan ydermere anbringe et reflekterende varmeskjold eller en reflekterende isolering bag radiatoren, så varmen kastes mere effektivt ud i rummet.

Der skal ikke anbringes dampspærrer, plastmembraner eller en tæt folie i denne konstruktion. Dels fordi en membran her er meget vanskelig eller umulig at udføre helt tæt, fordi den efterfølgende har stor risiko for at blive gennemhullet af borede eller skruede huller, og endelig fordi den fugt, der kommer udefra, ikke kan komme effektivt væk igen.

Det ventilerede hulrum vil konstant 'udtørre' både isolering og det konstruktions- og andet træ, der holder isoleringen på plads. Det er også meget vigtigt, at væggen ikke plastikmales, hverken indvendigt eller udvendigt, for at de fugtdynamiske og kappilaråbne egenskaber skal virke.



Den fysiske lov, der regulerer transport af fugt (vanddamp eller vand i luftform) gennem luftfyldte materialer eller rum, er udfyldning efter fugtmæssig ligevægt. Det vil sige, at fugten bevæger sig i luftform gennem huller, sprækker eller åbninger mellem to eller flere rum, indtil der er opnået en fugtmæssig ligevægt mellem rummene. Derfor vil et ventileret hulrum uden på et luftfyldt isoleringsmateriale trække fugten ud af dette helt automatisk. Dette er princippet for den dampspærreløse vægkonstruktion – at fugten altid vil 'lande' i det ventilerede ('fugttomme') hulrum.

Det er endvidere meget vigtigt, at det isoleringsmateriale, der benyttes til indvendig efterisolering:

1. er i stand til at optage og afgive eller transportere fugt i materialets porer, eksempelvis porebeton- eller kalciumsilikatplader, eller i selve materialet, f.eks. papiruld, hamp- eller celluloseisolering.
2. er uorganiske eller imprægnerede mod råd og svamp, så de ikke fremmer råd, svamp, mug eller skimmel i organiske materialer eller på de indvendige overflader.
3. er brandsikre eller brandimprægnerede, eksempelvis porebeton- eller kalciumsilikatplader (brandsikre) eller papiruld eller celluloseisolering (brandimprægneret).

Meget brandbare materialer som f.eks. opskummet polystyren (Flamingo) kan dog indkapsles i brandsikre materialer, f.eks. brædder, rørvæv og puds, gipsplader etc.

Isoleringsmaterialer, der enten holder på fugten eller er meget fugttætte i sig selv, egner sig ikke til indvendig isolering uden plastikdampspærrer i ældre bygninger. Eksempelvis mineraluld, formglass eller opskummet polystyren.

Vindueløse ydervægge

For fuldmurede huse med massivt murværk afhænger den metode, hvormed man kan efterisolere vindueløse ydervægge, af, om der er loftstuk i rummet eller ikke.

Interiører med loftstuk

Hvis det rum, man skal efterisolere indvendigt, har loftdekorationer i form af loftgesimser langs væggene, bør man ikke udføre en total isolering af ydervæggen med en isolerende 'forsatsvæg' fra gulv til loft, idet denne vil 'drukne' loftstukken i rummets ene side, der udgøres af en ydervæg, eventuelt to sider. Dette vil enten kræve, at loftgesimsen skal flyttes ind i rummet, eller at den bliver dækket af isoleringen. Det sidste er ikke acceptabelt ud fra et bevaringsmæssigt synspunkt.

Man bør derfor løse varmeisoleringen af en vindueløs ydervæg med et ca. 90 cm højt (eventuelt højere) brystningspanel med ca. 10 cm isolering bag, hvorved isoleringen ikke føres hele vejen op til loftet.

Denne kan udføres som en 5-10 cm kapillaraktiv, mineralsk indeklimaplade, opsat på en 3 cm lerpuds på den indvendige side af ydervæggen og indvendigt afsluttet med lerpuds eller kalkpuds. På ydervæggen skal alle organiske materialer, herunder tapet eller lignende, tapetklister m.v. fjernes meget omhyggeligt. Der etableres ikke dampspærrer i form af tætte plastikmembraner. Hvis der sættes et brystningspanel eller en bræddebeklædning foran isoleringsmaterialet, skal der være et ventileret luftrum mellem isoleringen, inkl. den indvendig puds, og brædderne på minimum 2,5 cm.

Den indvendige brystningsisolering af ydervæggen kan også udføres af organiske isoleringsmaterialer som Hemplime/Hempcrete, papiruldsisolering – eventuelt sprøjtet på ydervæggens inderside, eller Træfiber/Cellulosebatts. Disse isoleringsmaterialer optager vanddamp fra rumfugten, men afgiver den igen, når den relative fugtighed i rummet falder. På ydervæggen skal alle organiske materialer, herunder tapet eller lignende, tapetklister m.v. fjernes meget omhyggeligt. Der etableres ikke dampspærrer i form af tætte plastikmembraner. Hvis der sættes et brystningspanel eller en bræddebeklædning foran isoleringsmaterialet, skal der være et ventileret luftrum mellem isoleringen, inkl. den indvendig puds, og brædderne på minimum 2,5 cm.

Dog kan overvæggen eventuelt isoleres med en *højisolerende isolering,* og derfor kun 0,5 – 1 cm tyk, f.eks. Aerogel (λ = 0,015 W/mK) eller pir/pur (λ = 0,020 W/mK). Herpå sættes et armeringsnet, og væggen kan pudses med en hydraulisk kalkmørtel eller en luftkalkmørtel, der limfarves eller silikatmales. Samlet kan efterisoleringen holdes indenfor en tykkelse på 2-3 cm, inkl. puds – hvilket ikke slører de fleste loftgesimser, bortset fra en lille 'kant' lige under stukken.



Hemplime består af kalkmørtel iblandet stængelflis fra hampeplanten. Der findes gode erfaringer med Hemplime som indvendig isolering fra England og Frankrig, bl.a. fordi materialet isolerer godt, har en god fugtdynamik og ikke kræver opsætning af plastikdampspærrer. Man kan med fordel pudse den efterisolerede væg indvendigt med kalkmørtel og limfarve væggen med kaseinfarve. *Se også side 73.*





I arkitekten Poul Henningsens eget hus fra 1937, der er fredet, er der blevet udført en indvendig efterisolering med det højisolerende materiale, aerogel, fordi man ikke ønskede en kraftigere ydervægstykkelse end huset oprindeligt havde haft. De 6 mm tykke 'måtter' består af amorft (ikke-krystallinsk) silikat gel (gelé), trukket ud i tynde tråde, med en særlig nanostruktur, der minimerer termisk transport af kulde/varme i materialet. Aerogel-måtterne sættes op på væggen med lim, hvorefter man pudser med mørtel direkte på dem, dog styrket af et armeringsnet af glasfiber. Overfladen males med en poreåben silikatmaling.

Interiører uden loftstuk

Hvis der *ikke* forefindes loftstuk i rummet, kan det være en mulighed at etablere en isoleret forsatsvæg fra gulv til loft. De to ovennævnte løsninger kan også her anbefales:

- *5-10 cm 'kapillaraktive', mineralske indeklimaplader,* f.eks. Ytong Multipor, Calcitherm og Micro-Therm, opsat på en udkastet lerpuds eller lignende på ydervæggen, der limfarves eller silikatmales, så pladernes kapillare åbenhed udnyttes optimalt.
  eller
- *5-10 cm 'sorptionsaktive' organiske isoleringsmaterialer,* f.eks. hør, hamp, cellulose, papir eller hemplime/hempcrete isolering, der kan optage og afgive fugt meget villigt, opsat direkte på ydervæggen og indvendigt beklædt med brædder, rørvæv og puds, der limfarves eller silikatmales.

Isoleringsmaterialerne klæbes direkte på ydervæggen efter producentens forskrift, idet væggen forinden er renset og vasket meget omhyggeligt for alle ældre tapetrester, tapetklister og andet organisk materiale.

Begge konstruktioner udføres uden plastikdampspærrer, og væggen må efterfølgende ikke males med plastikmaling eller andre 'diffusionsåbne' overfladebehandlinger. Malingen skal derimod være kappilaråben/poreåben, for at isoleringsmaterialerne skal virke mest hensigtsmæssigt.

Brædder, rørvæv og puds

Masser af ældre huse har pudsede vægge og lofter med brædder, rørvæv og puds, der har holdt godt i flere hundrede år, uden at træværket bliver angrebet af råd - sågar i badeværelser og vådrum.

Ny forskning har vist, at kalkpuds uden cement er en udmærket 'fugtbuffer' og dermed en god regulator af fugtbalancen i et rum. Kalkpudsen har ydermere den egenskab, at pudslaget gennem sin porestruktur kan 'ensrette' fugttransporten i overfladen, så den primært trækker ud til overfladen, den såkaldte 'diodevirkning'.

Vægpuds af ren kalkmørtel, der er limfarvet eller kalket, optager erfaringsmæssigt, på grund af sin åbne porestruktur, rumfugten meget effektivt. Derved vil fugt, der kondenserer til vand på kolde flader, ikke bliver liggende

De stærkt porøse kapillaraktive porebeton-plader er sat op på ydervæggen, her bindingsværk, på et udkast på ca. 2-3 cm af vådt ler. Indvendigt pudses pladerne også med en lermørtel, støttet af et glasfibernet. Herpå males indvendigt med en poreåben limfarve eller silikatmaling. Vanddamp og fugt i rummet vil automatisk blive 'trukket' ind i overfladen, så fugten ikke kondenserer her, med mug og skimmel til følge. Når rumfugten falder igen, f.eks. ved udluftning, trækker fugten ud af leret og isoleringsmaterialet igen.

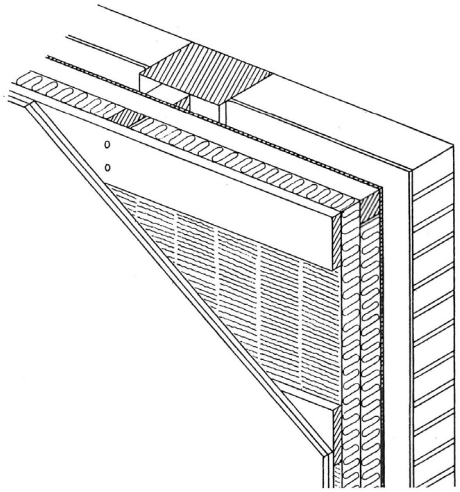


på vægoverfladen, men suges ind i pudslaget, så man undgår, at der dannes mug og skimmel på væggen.

Dette kræver imidlertid, at væggen og kalkpudsen ikke er plastikmalet, for at disse fugtdynamiske egenskaber ved den lufthærdende kalkpuds skal virke. I dag kan man imidlertid fremstille helt poreåbne limfarver, bl.a. af kasein og læsket kalk, der ikke smitter af og tilmed er vaskbare. Se side 73.

Det skal generelt anbefales at fjerne alt plastikmaling fra pudsede flader i bevaringsværdige bygninger, også på pudsede lofter, hvilket bl.a. kan ske med en 'opkvældning' med brun sæbe eller en aftrækning med fustageklister. Se anvisninger til dette på *www.bygningsbevaring.dk*.

De pudsede vægge eller lofter males herefter med en poreåben limfarve eller mineralfarve, eksempelvis kalkkaseinfarve, mosfarve (lofter) eller hvidtekalk/kalkfarver.



Gipsplader i stedet for brædder, rørvæv og puds?

Mange håndværkere og andre vil foretrække at sætte gipsplader op indvendigt, eventuelt med filtvæv, der plastikmales, da dette er nemmere, hurtigere og formentlig også billigere end brædder, rørvæv og puds. Denne løsning er ikke tilladt i fredede bygninger, men i bevaringsværdige bygninger og andre ældre bygninger er der for så vidt frit slag. Man opnår dog ikke de gode indeklimaegenskaber i forhold til fugt, som den limfarvede eller silikatmalede kalkpuds giver. Da fugt gerne kondenserer (bliver til vanddråber) på kolde, plastikmalede flader, er risikoen for mug og skimmel også større. Det er vigtigt, at man etablerer et ventileret hulrum på 2-3 cm bag ydervæggen som vist, og dernæst sætter et lag diffusionsåbent, men vindtæt pap, hvorpå man opsætter 2 x 5 cm isolering, i alt max. 10 cm, afsluttet med et til to lag gips på en spredt bræddeforskalling. Der opsættes ikke en tæt dampspærre i konstruktionen. Isoleringsmaterialet skal frit kunne transportere fugten fra rummet ud i det ventilerede hulrum, hvilket hørisolering, hampeisolering, papirisolering og træfiberisolering er i stand til. Mineraluld har erfaringsmæssigt ikke disse egenskaber, plus at denne vil tiltrække mus og musereder.





Brystningsisoleringen set i to stadier. Her, hvor bindingsværkstavlene består af soltørrede lersten sættes der blot afstandstråde for at fastholde det ventilerede hulrum, idet lerstenene også er gode til at regulere fugten.

Efterisolering af bindingsværk

Ved et bindingsværkshus ligger de bærende bevaringsværdier i høj grad i facadernes synlige bindingsværkstømmer og tavl, så her er en indvendig efterisolering eneste mulighed, idet en udvendig efterisolering afgjort vil medføre, at tømmeret vil fugtes op til kritisk tilstand, og rådne.

Der er ovenfor redegjort for, hvorfor man ikke skal anbringe en såkaldt dampspærre indvendigt på isoleringen, og at man i stedet skal etablere et ventileret hulrum, lige bag bindingsværksvæggen.

Det er her vigtigt, at det isoleringsmateriale, man benytter, kan transportere fugten effektivt ud til det ventilerede hulrum. Det vil sige et isoleringsmateriale bestående af papiruld, hør, hamp eller cellulose. Tykkelsen må maksimalt være 10-15 cm.

I bindingsværksbygninger, hvor vinduerne ofte sidder helt tæt, skal man ydermere kun isolere under vindueshøjden, den såkaldte 'brystning', da man ikke opnår nogen nævneværdig effekt ved at isolere de smalle piller mellem vinduerne med mere end højst 5 cm isolering.



Her er der gjort meget ud af den lave forsatsvæg med fyldingspaneler som de øvrige i rummet – og der er anbragt en bænk med forsatsvæggen som rugstød.

Da det faktisk er anseelige mængder vanddamp, en gennemsnitshusførelse af 4 personer producerer i løbet af et døgn, nemlig ca. 8 kg. vanddamp, svarende til omkring 8 liter vand, er det også vigtigt at lufte rummene ud hver dag for at mindske "damppresset" indefra på væggene. Det gælder ikke mindst baderum, vaskerum og køkkener.

Til indvendig efterisolering af bindingsværkbygninger kan man også anvende mineralske såkaldte 'kapillaraktive indeklimaplader' – igen på ca. 10 – 15 cm tykkelse. Pladerne opsættes på et 2-3 cm tykt udkast af *lermørtel.* Denne kan medvirke til at nedsætte fugtindholdet i bindingsværkstømmeret, så dette ikke rådner. Se også side 33.

Udvendig efterisolering

Når det gælder udvendig isolering af ældre, murede huses facader, kan det rent teknisk være en udmærket løsning. Men arkitektonisk og æstetisk er forringelserne så store, at det langt opvejer de tekniske fordele. Er det et hus med synlige mursten, bliver disse dækket af den udvendige isolering – foruden gesimser, bånd og udhæng. Og er det et pudset hus, kan facaderne komme til at ligne de gamle lidt, men også her ændres husets detaljer, proportioner og arkitektoniske udtryk på en helt uacceptabel måde. Dertil kommer, at vinduer og døre enten kommer til at ligge for dybt eller må flyttes med ud i det nye plan.

Generelt om udvendig efterisolering

Udvendig efterisolering kan accepteres på bevaringsværdige ejendomme, hvis

- husets facade er pudset og uden andre facadedekorationer end gesims, bånd og kvaderfugning/refendfugning. Den nye pudsoverflade skal udføres som en kopi af den eksisterende. Samtlige vinduer og døre skal flyttes ud og placeres i samme dybde som før, og gesims, vandrette bånd og eventuel kvaderfugning/refendfugning retableres nøjagtigt som før. Overgangen til nabohusene bør bearbejdes arkitektonisk.
- der er tale om en pudset gårdside, undtagelsesvis i synlige mursten. Samtlige vinduer skal flyttes ud og placeres i samme dybde som før, og gesims, vandrette bånd og eventuel kvaderfugning/refendfugning retableres nøjagtigt som før.

Etageejendomme med rige facadedekorationer bør ikke efterisoleres udvendigt, da de udvendige dekorationer, der er en væsentlig del af bygningens bærende bevaringsværdier, ikke kan udføres i deres oprindelige materialer og med samme kraftige udkragning.
Fritliggende bygninger i 1-2 etager bør ikke efterisoleres udvendigt, da efterisoleringen ændrer for meget på husets oprindelige udvendige proportioner.
Som princip skal alle efterisolerings-tiltag på fredede og bevaringsværdige bygninger være reversible.

Eksempel: Udvendig efterisolering af etageejendomme i Berlin

Mange producenter af isoleringsmaterialer, bl.a. Rockwool, Isover, Hempcrete og Foamglass, har produkter til udvendig isolering af bygninger i deres sortiment. Det er derfor relevant at se på, hvor disse har været anvendt og med hvilke følger, tekniske og bevaringsmæssige for bygningerne.

Ved murede huse uden hulmur er de tekniske fordele ved en udvendig isolering mange, idet det fugtdynamisk, indeklimamæssigt og varmeøkonomisk er langt den bedste løsning, bl.a. ved at have den tunge mur indvendigt på isoleringen og ikke udvendigt. De tilgængelige udvendige efter-



Facader, der er påført udvendig facadeisolering i Freidrichshahn i Berlin. Den nye facadepuds er ret grov i sin struktur, grovere end den oprindelige. Vinduerne ligger endnu dybere, og vinduesindfatningerne er formindsket. På huset til højre har man efter den udvendige isolering udført nye facadedekorationer, der dog ikke er identiske med de oprindelige. Bl.a. har det et langt lavere og mindre relief.

isolerings-systemer opererer alle med pudsede overflader udvendigt, så ved eksisterende helt glatte, pudsede facader kan man i heldigste fald genskabe den tidligere overflade uden arkitektoniske eller bevaringsmæssige problemer.
Men hvor facaden er i blank mur, eller hvor der findes facadedekorationer i puds, gips eller KC-mørtel, er en udvendig efterisolering af etagehuse og andre bevaringsmæssigt og æstetisk uacceptabelt. Her må man i givet fald foretrække en indvendig efterisolering.

I Berlin har man udført udvendig efterisolering på mange ældre etagehuse, så her kan effekten på husets arkitektur før og efter studeres.

Efterisolering af træhuse
Forkert efterisolering af trævægge giver stor risiko for råd og svamp. Det er derfor vigtigt at vælge materialer og løsninger, der ikke medfører for stor opfugtning af træet.

Anvendelsen af (plastik)dampspærrer er generelt temmelig problematisk i ældre bygninger og specielt i fredede og bevaringsværdige huse. For det første er det rent teknisk og håndværksmæssigt meget svært, for ikke at sige umuligt, at anbringe tætte plastdampspærrer i eksisterende bygninger. Plastikken skal klæbes op til eksisterende konstruktioner som træ, tømmer, murværk m.m., der har meget ru og ujævne overflader, f.eks. gulvbjælker, loftsbjælker, vindueslysninger, rørgennemføringer etc. Her er det derfor umuligt at gøre plastmembranen helt tæt.

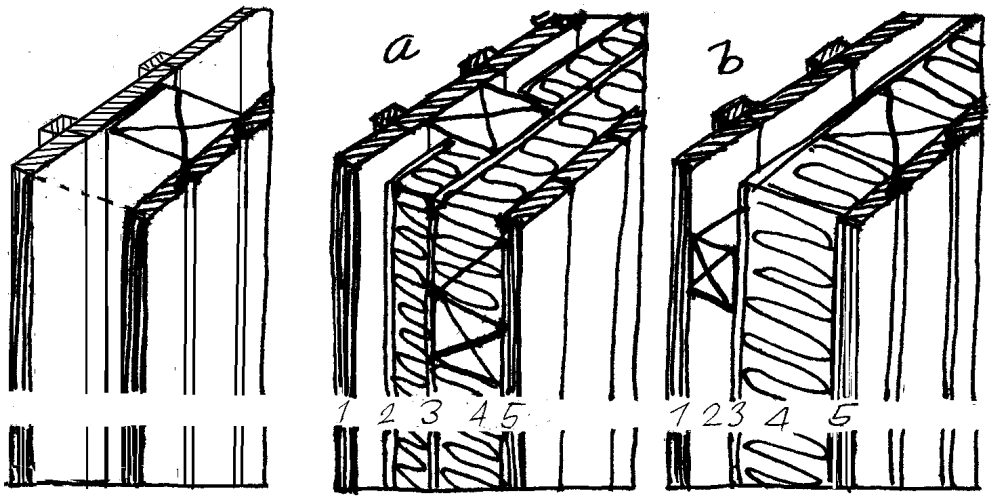
For det andet vil fugt- og damptrykket netop koncentrere sig om de eventuelle/uundgåelige huller/sprækker i dampspærren, disse steder, hvor fugtproblemerne vil forværres til det kritiske.



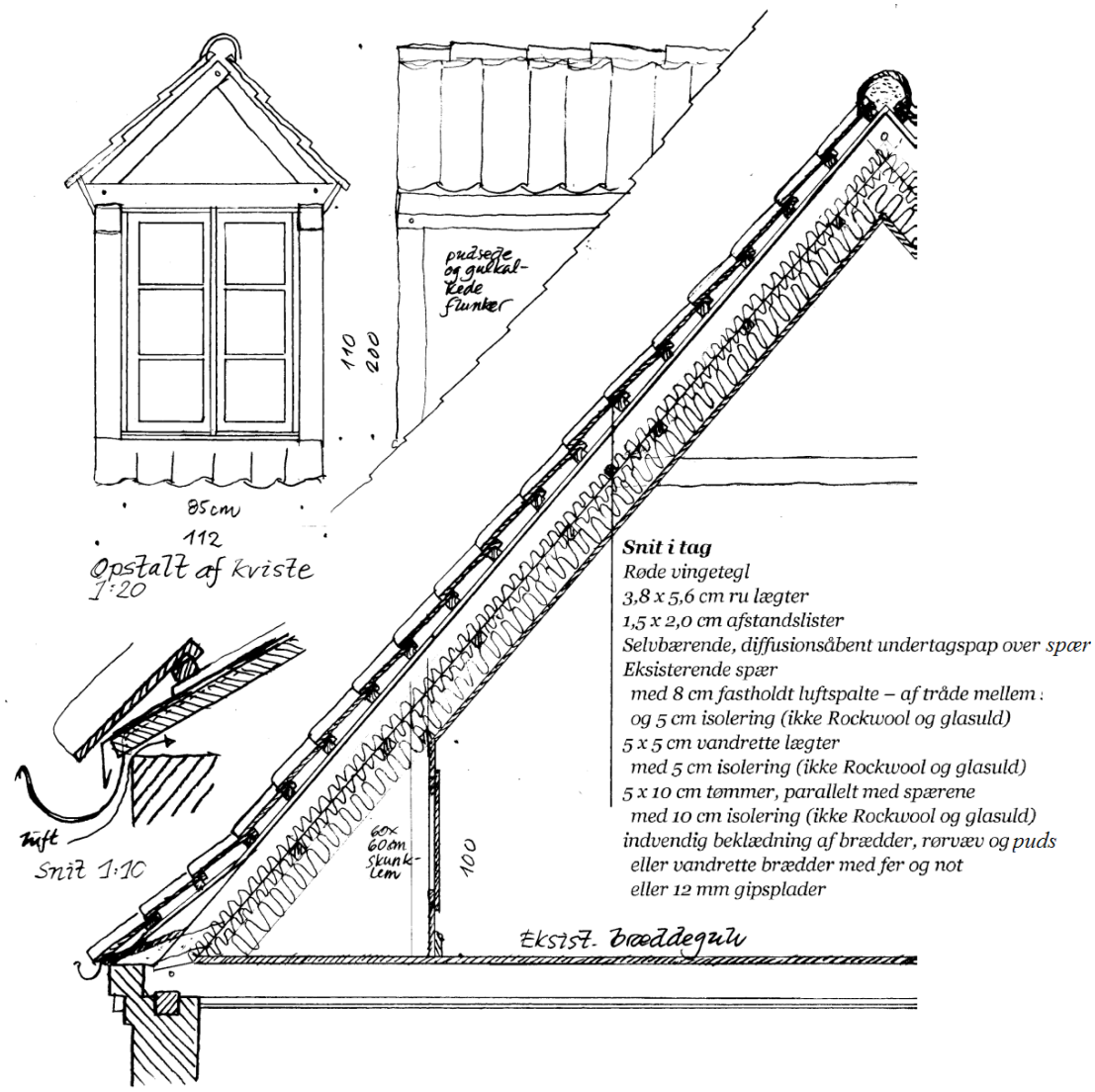
Efterisolering af en træbygning efter tegningens metode 'b', hvor der efterisoleres udefra mellem bindingsværket, hvorefter der opsættes vindtæt pap, afstandslister til et 2 cm ventileret hulrum og herpå den gamle eller en ny bræddebeklædning.

For det tredje vil damptrykket i tre måneder om året, i juni, juli og august, gå den modsatte vej, udefra og ind (sommerkondens), hvor fugten vil kondensere på den udvendige side af dampspærren, i selve isoleringsmaterialet, uden mulighed for at komme væk.

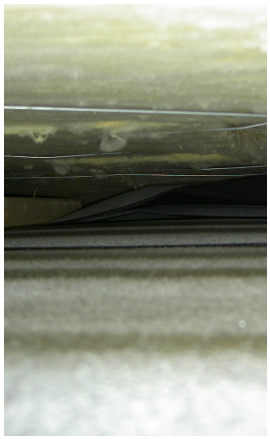
Som ved efterisolering af bindingsværkshuse anbefales det decideret ikke at anvende plast-dampspærrer, men derimod ventilerede hulrum udvendigt på isoleringsmaterialet.



Tegningen viser efterisolering af et træhus, hvor der i situation (a) isoleres indvendigt fra, men samtidigt etableres et ventileret hulrum (2) bag den nuværende udvendige brædde-beklædning i stedet for en indvendig dampspærre. I situation (b) skiftes den udvendige bræddebeklædning, og der isoleres mellem stolperne. Igen etableres der et ventileret hulrum (2) på den udvendige side af isoleringen i stedet for en indvendig dampspærre, der i dette tilfælde aldrig vil kunne udføres helt tæt.







Efterisolering af taget. Her er det igen vigtigt at etablere et fastholdt, ventileret hulrum på den kolde side af isoleringen, lige under undertaget som her. Denne vil automatisk trække fugten ud af isoleringsmaterialet, så man ikke behøver en dampspærre. Isoleringsmaterialet skal herudover være minimalt vandabsorberende.

Eksempel på efterisolering af et tegltag, hvor der dels etableres et 'selvbærende' undertag over spærene, dels et ventileret hulrum mellem isoleringen og undertaget. Hulrummet fastholdes med udspændte metaltråde per 30 cm, og det sikres, at taget har en god ventilationsspalte ved tagfoden, udvendigt på isoleringen.

Efterisolering af tage

Efterisolering af tage og lofter kan deles op efter de forskellige tagkonstruktionstyper, herunder skunk- og skråvægge. Der skal især ved tagfoden sikres en tilstrækkelig ventilation samt korrekt afslutning af et eventuelt undertag. Problematikker omkring dampspærre/dampbremse og ventileret hulrum skal løses.

Der er ofte brandkrav i forbindelse med efterisolering af lofter. Indretning af tagboliger på lofter kan medføre specielle fugt- og isoleringsmæssige problemer – ud over de arkitektoniske og bevaringsmæssige for huset.

Kviste og tagvinduer

Tagvinduer er et ømt punkt i bevaringsværdige bygninger. Mange af disse har – eller vil gerne have – udnyttet tagetagen til beboelse, arbejdsværelser eller børneværelser mm., og dette kræver som bekendt lys.

Kviste kan det som nævnt være meget svært at isolere eller efterisolere optimalt, fordi kviste med velisolerede lodrette sider (flunke) ikke kan undgå at blive alt for klodsede og direkte grimme i proportionerne. En kvist skal passe til taget og til huset og dernæst så spinkel og elegant som muligt. Heldigvis kan selve kvistvinduet energiforbedres på samme måde som husets 'almindelige' lodrette vinduer med forsatsvinduer med energiglas eller energiruder og opnå en rimelig god isoleringseffekt (U-værdi: 1,4 – 1,6 W/m²K, energibalance: ÷55 - ÷59 kWh/m² år) – bedre end tilsvarende termo- eller energirude-vinduer (U-værdi: 1,6 – 2,3 W/m²K, energibalance: ÷73 - ÷101 kWh/m² år).

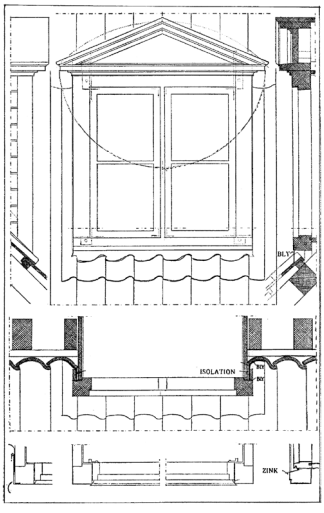
Der er tusindvis af eksempler på, at der kan udføres pæne kviste med godt lys og en rimelig god varmeisolering på bevaringsværdige bygninger. Vedrørende selve kvistens dimensionering og udformning: Se publikationen: *Bevaringsværdige bygninger – sikring af bevaringsværdier (2017),* www.tbst.dk

Ovenlysvinduer

De almindelige ovenlysvinduer af træ med store energiruder er også en problematisk løsning for bevaringsværdige bygninger. Dels er disse store, sorte og blanke rudeflader fremmede for bevaringsværdige bygningers klassiske tegltage eller skifertage, dels er de generelt for store til at falde godt ind i husets arkitektur. De opleves meget dominerende, både anbragt enkeltvis eller flere sammen. Dette forstærkes af de kraftige, mørke inddækninger, der er nødvendige for disse ovenlysvinduer, specielt i tegltage.

Klassiske støbejerns-tagvinduer

En klassisk løsning, der både har historisk belæg, er mindre dominerende i taget og derfor passer bedre arkitektonisk til ældre huse, er tagvinduer af støbejern. Disse har været kendt og brugt siden 1850'erne med en udformning, så det passer som 'støbt' ned i tegltaget, hvad der er muligt med det meget model- og formbare støbejern, plus at de



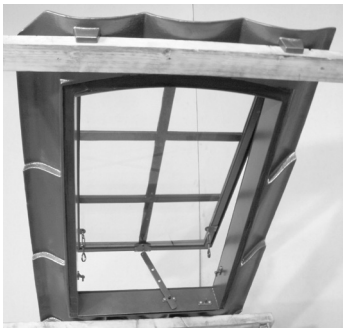
TAGKVIST MED ZINKBEKLÆDNING 1 : 20





Selv store kviste til små huse kan være harmoniske – blot de er velproportionerede og ikke har for brede flunker/sider. Den nye kvist til Christiansfeld har klassisk tempelgavl – helt efter bogen.







GH-Forms isolerede støbejernsvindue er det tagvindue, der minder mest om de klassiske støbejernsvinduer med sprosser i ruden og synligt støbejern udvendigt. Forsats-isoleringsruden er her vippet ned i 'pudseposition'.

er er lette og elegante i materialedimensionerne og bl.a. har sprosser, der opdeler rudefelterne samt en buet overside, der giver dem ekstra elegance.

Problemet med de gamle støbejerns-tagvinduer, man finder på ældre bygninger, er, at de ikke isolerer særlig godt. Støbejernet leder varmen, og enkeltglasruderne har heller ingen isoleringseffekt. Værst er næsten, at den opvarmede luft fra rummet kondenserer på tagvinduets kolde flader, så de dugger og derudover ofte drypper fra dem. Det er derfor en meget stor forbedring, æstetisk, arkitektonisk, energimæssigt og komfortmæssigt, at de klassiske støbejerns-tagvinduer nu fremstilles isolerede med en indvendig, isolerende forsatsrude.

Udvendigt har det varmeisolerede støbejerns-tagvindue samme udtryk som de oprindelige tagvinduer af støbejern. De falder smukt ind i tegltaget via de specialudformede 'flanger', der passer med tagstenene, de er forholdsvis små – henholdsvis 6 og 9 sten – og så har de sprosseopdelte ruder med almindeligt enkeltglas, der f.eks. kan være gamle rudetyper med et smukt 'spil' i. Vinduerne har buede oversider og så har de ikke mindst tynde, synlige sider, takket være støbejernets store styrke.







Det nye GVR-Tagvindue fra Velux er i sit design og størrelse målrettet en udnyttelse af tagrummene på ældre bygninger, hvor man ikke ønsker så dominerende ovenlys. Det har buet overside og er beklædt med enten kobber eller zink, der patinerer smukt. Til højre det gamle GVO-tagvindue set indefra.



90% af de vinduer, der kasseres og skiftes ud i dag, som disse, er sunde og gode og fejler ikke spor. Vi ved nu, at de nye vinduer holder kortere tid end restlevetiden for disse vinduer, de isolerer dårligere end energiforbedrede, gamle vinduer, og de forringer de gamle, historiske bygningers og bygningsmiljøers arkitektur.

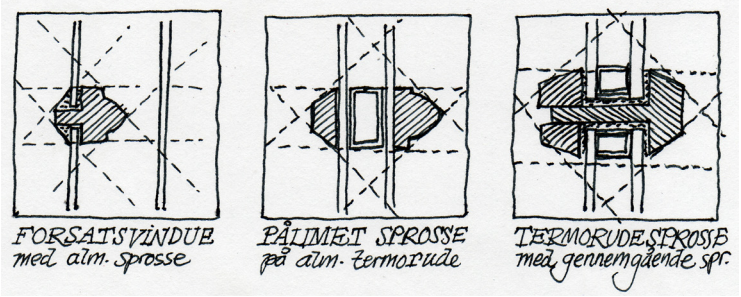
Støbejernsvinduerne fås også til skifertage og paptage med plane oversider.

Indvendigt har støbejerns-tagvinduet en forsatsramme med energiglas, der følger med den gående ramme udad, når man åbner det. De to rammer er hængslet i bunden, så man kan åbne dem for at pudse ruderne i mellemrummet. Derudover er vinduets sider af støbejern isoleret. Alt i alt har det isolerede tagvindue af støbejern med sin 3-lags rudeløsning en U-værdi på 1,7 W/m²K, hvilket er ganske pænt.

Tagvinduet leveres både til 6 sten og til 9 sten – det sidste er godkendt som redningsåbning. Derudover produceres det i tilsvarende størrelser til skifertage. Det er Holbæk Jernstøberi, der har udviklet og producerer det energiforbedrede støbejerns-tagvindue.

Andre tagvinduer af metal

Under navnet GVO-tagvinduet har vinduesfabrikken Velux gennem adskillige år produceret et lidt mindre tagvindue til bevaringsværdige bygninger. GVO-vinduet passer til 9 tagsten (540 x 760 mm.), det har buet overside, men det har en



En ægte kitfalssprosse i gamle vinduer af træ fylder kun 2,5 cm på alle leder. En pålimet sprosse i nye termovinduer fylder 2,5 cm – set lige forfra – men det dobbelte, 5 cm, set på skrå, hvad jo ikke mindst sollyset gør. Den 'ægte' termorudesprosse fylder 3,5 cm lige forfra og 6 cm på skrå. Det er ikke dagslyset, man prioriterer med disse sprossetyper.

Typisk varmetab gennem Dannebrogsvinduer med en sprosse

Størrelse: 1,23 m x 1,48 m

Vinduestype	(ruder)	[mærkning]	Energibalance for hele vinduet
Opr. vindue med en dobbelt-coatet energirude/forsats	(1+2*)	[C]	÷ 18 kWh/m² år
Oprindeligt vindue med et lag alm. glas og to energiglas	(1+1+1*)	[C]	÷ 18 kWh/m² år
Oprindeligt vindue og en energirude i forsatsrammen	(1+2)	[C]	÷ 55 kWh/m² år
Oprindeligt vindue og et lag energiglas i forsatsrammen	(1+1)	[D]	÷ 58 kWh/m² år
Oprindeligt vindue med tykt energiglas i forsatsrammen	(1+1)	[D]	÷ 59 kWh/m² år
Nyt A-mærket træ-alu-vindue med trelags energirude	(3)	[A]	÷ 36 kWh/m² år **
Nyt træ-alu-vindue med energirude	(2)	[C]	÷ 72 kWh/m² år
Nyt trævindue med energirude	(2)	[C]	÷ 79 kWh/m² år
Nyt lyddæmpende træ-aluvindue med energirude	(2)	[C]	÷ 92 kWh/m² år
Oprindeligt vindue med almindeligt glas i forsatsrammen	(1+1)	[F]	÷ 118 kWh/m² år
Oprindeligt vindue med et lag almindeligt glas	(1)	[F]	÷ 300 kWh/m² år

SKEMA over de beregnede energibalance-tal for forskellige vindueskonstruktioner. Udført af Thomas Kampmann ud fra tal fra DTU, TI og Energiforsatsgruppen.

* *Henholdsvis med hard- og soft-coatede ruder på de to forsatsruder/energiruder*

** *Producenten opgiver energidata for vinduerne, men oplyser at trelags energiruder ikke kan kombineres med vinduer med energisprosser (pålimede sprosser). A-mærkede vinduer kan derfor ikke anvendes i ældre huse med opsprossede vinduer.*

Bemærk at Vinduesbranchens energimærkning for vinduer slet ikke følger energibalance-tallet for det konkrete vindue og er dermed ubrugeligt for opdelte vinduer til bygninger, ældre end 1960. Bemærk også at de fire øverste 'bevaringsløsninger' både er de energimæssigt bedste – beregnet for hele vinduet, og ikke et tænkt 'referencevindue'. Man kan altså både bevare husets arkitektur og opnå den bedste energibesparelse - samtidigt.

hel termorude uden sprosser i den udvendige ramme, hvad der giver vinduet nogle sorte og ret dominerende spejlinger. GVO-tagvinduet isolerer derudover langt dårligere end det nye, energiforbedrede støbejens-tagvindue. Det har en U-værdi på 3,1 W/m²K mod støbejernsvinduets 1,7 W/m²K.

I 2015 har Velux udviklet endnu et specialvindue til fredede og bevaringsværdige bygninger, GVR-vinduet, der har noget bedre energiegenskaber, takket være en bedre isoleret konstruktion og bedre isolerende ruder. U-værdien er 0 og energitilskuddet 17 kWh/m² år. GVR-tagvinduet fås både som 9-stensvindue (3x3) og 6-stensvindue (2x3). De to størrelser fås også til skifertag og paptag med plane anlæg. Alt i alt er der sket store æstetiske og arkitektoniske fremskridt indenfor pæne og historisk tilpassede tagvinduer til bevaringsværdige bygninger, når nu tagetagen skal udnyttes.

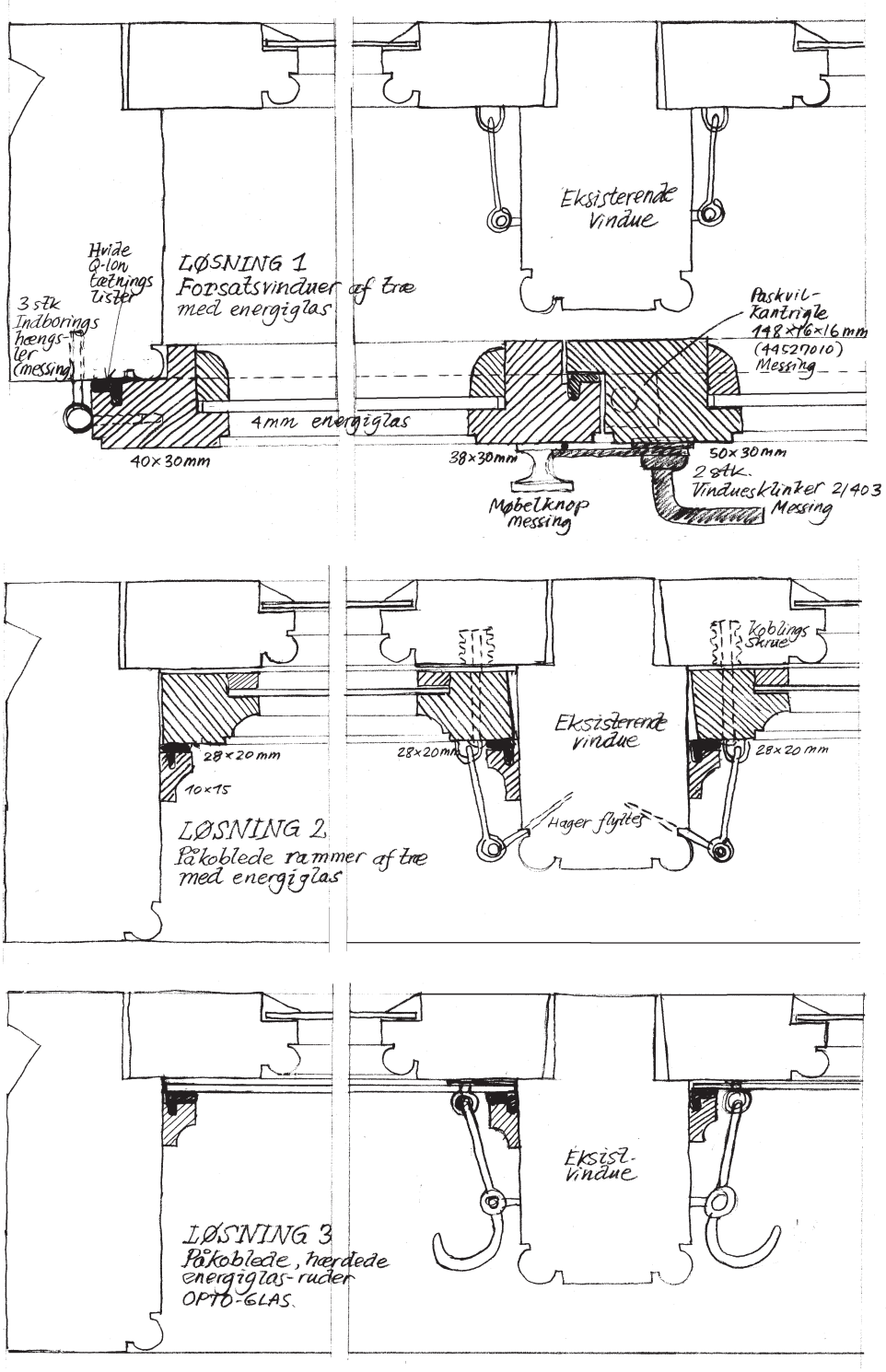
4.7 Energiforbedring af vinduer og døre

Energiforbedring af gamle vinduer – sammenlignet med nye

Nyere videnskabelige undersøgelser har dokumenteret, at eksisterende gamle/originale enkeltglas-vinduer af træ med kitfals kan energiforbedres med indvendige forsatsvinduer eller påkoblede rammer med hardcoated energiglas, så de sparer 30-50% mere på varmen end tilsvarende nye vinduer af træ, plastik, aluminium eller træ-aluminium med termoruder eller de nyeste lavenergi-termoruder (energiruder). Dette skyldes, at termoruder og energiruder ikke egner sig til små eller smalle rudeformater i eksempelvis rammedelte og sprossedelte vinduer.

Selv om energiruden har en meget lav center-U-værdi, vil energitabet, udregnet for *det samlede vindue* (inkl. eksempelvis randtab), være højere end et tilsvarende gammelt kitfalsvindue med indvendige forsatsvinduer med energiglas. Hvis de indvendige forsatsvinduer forsynes med hele energiruder, bliver forskellen endnu større i de gamle vinduers favør.

Tilsvarende undersøgelse har endvidere dokumenteret, at den løbende vedligeholdelse over 30 år også er væsentlig billigere for de gamle energiforbedrede vinduer af træ, hvis disse vedligeholdes forskriftsmæssigt med linoliemaling, i forhold til tilsvarende nye termovinduer af træ, plastik, aluminium eller træ-aluminium.



Tre forskellige måder at energiforbedre eksisterende gamle kitfalsvinduer af træ med udvendige trukne eller mundblæste rudeglas. De tilføjede elementer er skraverede:

1: Med indvendige forsatsrammer med energiglas. Disse bør være 'overfalsede', uden en 'pind' i midten, så de tager mindst muligt dagslys og dernæst kan åbnes i fuld bredde.

2: Med indvendige påkoblede, spinkle rammer af træ, der kan åbnes ved pudsning. I disse sidder der energiglas. Hele vinduesrammen åbner udad.

3: De såkaldte OPTO-glas, med en indvendig påkoblet hærdet glasrude, der kan åbnes ved pudsning. Det indvendige glas er energiglas. Hele vinduesrammen åbner udad.

En fjerde løsning kunne være at sætte dobbeltcoatede energiruder i de indvendige forsatsrammer. Men denne løsning fylder mere og egner sig derfor kun til meget store vinduer. Til gengæld er den energimæssigt i top med en energibalance på minus 18kWh/m² pr. år og en U-værdi på 0,94 W/m²K. Se skemaet side 42, øverste linje.

Alle tre konstruktioner har en U-værdi for hele vinduet på 1,65 W/m²K, hvorved de overholder Bygningsreglementets (BR10) energikrav.





Som det fremgår af skemaet over vinduers energital og U-værdier på side 42, kan man energiforbedre et eksisterende, gammelt vindue med indvendige forsatsvinduer med energiruder, så dette har et energitilskud på ÷18 kWh/m² pr. år. Det er Ifølge skemaet over 50% bedre isolerende end tilsvarende nye vinduer med udvendige energiruder.







Man kan næsten ikke se forskel – jo så snart der er sprosser i vinduerne, afslører de nye termovinduer sig med stor tydelighed – både de 'ægte' sprosser, der ses her og de falske, pålimede sprosser, der er meget tydelige, set på skrå. Hertil kommer den æstetiske nydelse ved det fine spil i de smukke gamle rudegals

Da vi har tusindvis af gamle, originale trævinduer i ældre bygninger i Danmark, der har holdt i over 200 år, og som vedligeholdt korrekt kan holde i mindst 200 år mere, har de gamle energiforbedrede vinduer en restlevetid, der er 10-20 gange længere end tilsvarende nye vinduer af træ, plastik, aluminium eller træ-aluminium, med udvendige termoruder eller energiruder. Når man undersøger de gamle, originale vinduer af træ (før 1960), der i disse år skiftes ud med nye termovinduer overalt i Europa, kan man konstatere, at over 90 % af disse er i udmærket stand og sagtens kan istandsættes og energiforbedres væsentligt billigere (totaløkonomisk) end en udskiftning med tilsvarende nye termovinduer.

Når gamle originale vinduer af træ i ældre bygninger kan opnå bedre energi-egenskaber, har mindre vedligeholdelse og har en levetid, der er 10-20 gange længere end tilsvarende nye vinduer med termoruder eller energiruder, er der hverken energimæssige eller økonomiske, og slet ikke klimamæssige, argumenter for at skifte gamle vinduer ud med nye termovinduer. I 90 % af de tilfælde, hvor ejerne ønsker at skifte de gamle trævinduer ud med nye





Bygning og vinduer skal passe sammen, når man fremstiller nye vinduer til ældre bygninger. De to helt nye vinduer i en staldlænge fra 1870, der er indrettet til beboelse, har tynde sprosser og kitfals, mundblæst glas og beslag fra tiden. Indvendigt er de energiforbedret med forsatsvinduer.

termoruder, er de gamle vinduer i langt bedre kvalitet og har længere restlevetid end tilsvarende nye termovinduer af træ, plastik, aluminium eller træ-alu.

Energiforbedring af gamle vinduer

Gamle, oprindelige vinduer af træ til ældre huse kan energiforbedres på 4 måder, hvoraf de tre, der er vist herunder, er meget enkle at udføre, diskrete at se på og energimæssigt og holdbarhedsmæssigt veldokumenteret. Vi har forsatsvinduer i Danmark fra 1731 – så der er heller ikke her noget nyt under solen.

Rent arkitektonisk og bevaringsmæssigt er nye termovinduer af træ, plastik, aluminium eller træ-alu meget uheldige for ældre huses oprindelige arkitektoniske udtryk. De gamle energiforbedrede vinduer bevarer husets arkitektoniske udtryk komplet udefra, men ændrer noget på vinduernes udseende indefra, herunder også vindueslysningerne. Dette er dog langt at foretrække frem for en udskiftning med termovinduer, der ændrer proportioner, sprosser, profileringer, beslag og reducerer dagslysmængden. Der kan dog være fredede bygninger, hvor man ikke bør acceptere indvendige forsatsvinduer af arkitektoniske grunde.

Nye vinduer til gamle huse

Hvis en ældre bygning på et tidspunkt allerede har fået udskiftet sine gamle, originale vinduer af træ med nye termovinduer, bør man af både energimæssige grunde og af hensyn til ejerens privatøkonomi snarest udskifte disse med nye trævinduer, der er helt magen til de oprindelige, men nu forsynet med indvendige forsatsvinduer eller påkoblede rammer med energiglas eller energiruder.

Vinduerne bør have de samme proportioner og dimensioner som de oprindelige og i deres detaljering svare til husets arkitektur og stil. Dette gælder også udvendige og indvendige beslag samt udvendige rudeglas.

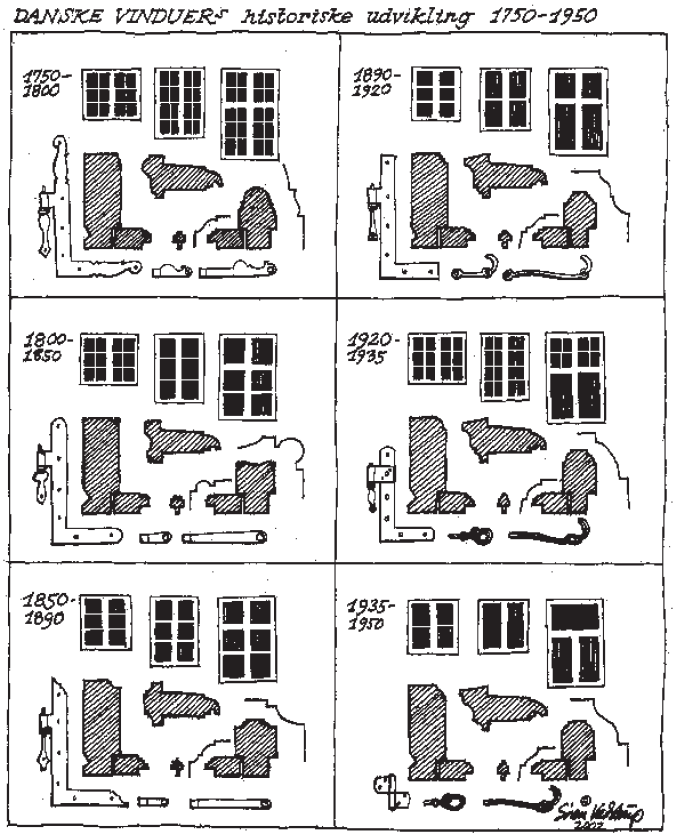
Hvis de oprindelige vinduer er helt væk, kan man benytte følgende fremgangsmåde til at nærme sig en rekonstruktion af disses oprindelige udseende:







Solbriller med kraftige spejlinger synes nogle mennesker er seje, men de fleste kan vist se, at det ikke klæder gamle bygninger i en gade. Vinduet til højre har de smukke gamle rudeglas, der ikke har så blanke spejlinger.



Vinduer i Danmark skifter markant udformning og stilart på bestemte tidspunkter for at passe til husenes og facadernes skiftende stilarter. Derfor bør også nye vinduer til ældre bygninger, hvor de gamle vinduer allerede er skiftet ud, rette sig efter dette mønster. Det gør vinduesfabrikkerne stort set ikke i dag, hvor alle nye vinduer har samme profiler, detaljer og udformning, lige meget om de skal sidde i et hus fra 1750, 1850 eller 1950. Denne serie, kaldt 'Raadvad-Vinduerne', der kan fås hos enkelte vinduesproducenter, indeholder de 6 forskellige danske stilarter for vinduer: Barok, klassicisme, senklassicisme, historicisme, bedre byggeskik og funktionalisme. Beslagene bør som vist også indordne sig under stilarterne.

1. *Husets alder.*
   Husets opførelsesår er altafgørende for selve udformningen og detaljeringen af de rekonstruerede vinduer.

2 *Gamle billeder.*
Hvis man kan finde daterede billeder af huset fra før vinduesudskiftningen, kan det være en meget stor hjælp. Fotografier er mest pålidelige, men malerier, tegninger etc. kan bringe os længere tilbage i tid. Ved hjælp af disse billeder kan man rekonstruere vinduernes eller dørenes omtrentlige størrelser, rude-opdelinger osv.

3 *Spor i bygningen.*
Både vindueshuller og eventuelle "overlevende" eksemplarer eller rester f.eks. i et tagrum, i udhuse eller som kældervinduer. Disse kan oplyse om de oprindelige profiler på rammer, karme, poste samt andre detaljer.

4 *Egnstraditioner.*
Finder man ikke disse spor, kan man gå på jagt på egnen og finde bygninger på samme alder og konstruktion, der har deres oprindelige vinduer i behold. Man går ikke meget galt i byen ved at "kopiere" detaljerne herfra. Derudover kan der være oplysninger om lokal byggeskik i forhold til bl.a. vinduer, andre husdetaljer i diverse bøger om egnens eller landsdelens byggeskik.

5 *Tidsnøgle.*
Hvis alle disse bestræbelser ikke har båret frugt eller som supplement hertil, kan man benytte en tidsnøgle over vinduernes og vinduesdetaljernes tidsmæssige udvikling i det pågældende land. Denne kan give et overordnet udviklingsforløb, hvor der imidlertid kan være store forskydninger og variationer ude omkring i landsdelene.

Nye vinduer i fredede og bevaringsværdige bygninger må ikke indeholde falske, pålimede sprosser, sprosseattrap-





De falske, pålimede sprosser på termoruderne holder ikke længe, så falder de af – her (t.v.) på en af Københavns kommuneskoler. Andre steder prøver man så at sætte de irriterende sprosser ind mellem de to ruder (t.h.). Det ser lige så forkert ud. Det er også en hån mod kvaliteten i dansk bygningskultur at benytte så historisk, teknisk og arkitektonisk ringe vinduer på bevaringsværdige bygninger – og andre ældre bygninger.

per i mellemrummet mellem termorudernes ruder, løse sprosse-gitterværker uden på ruderne eller lignende. Sprosser skal være ægte og gennemgående og må ikke fylde mere i dimensionen end de oprindelige sprosser.

Bygningsreglementets krav til nye vinduer

Hvis man skifter vinduerne i en eksisterende bygning, skal de nye vinduer opfylde energikravene i Bygningsreglementet (BR15), idet der er tale om 'Enkeltforanstaltninger ved ombygning, vedligeholdelse og udskiftning', jf. BR15 Kap 7.4.2. Disse krav er, at energitilskuddet gennem vinduet i opvarmningssæsonen ikke må være mindre end ÷17 kWh/m² pr. år.

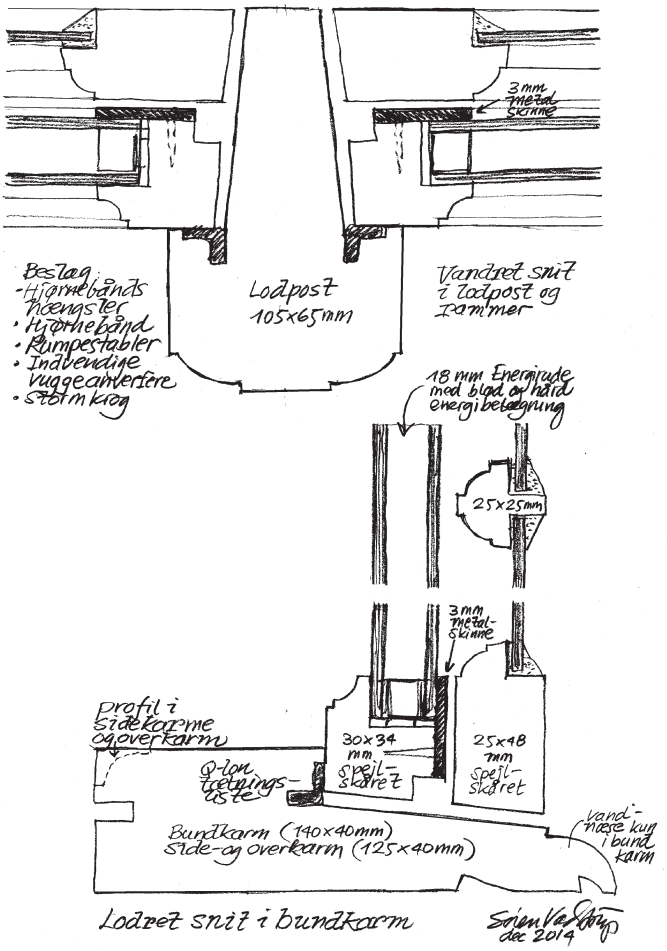
Kravet gælder for et referencevindue på 1,23 m x 1,48 m forsynet med producentens standardrude. For et vindue udformet f.eks. som *dannebrogsvindue* eller forsynet med friskluftsventil benyttes ligeledes kravet for referencevinduet, forudsat vinduet forsynes producentens standardrude.

Denne bestemmelse i Bygningsreglementet – og den tilsvarende energi-mærkningsordning for vinduer - vidner om og er en bekræftelse på, at termoruder og energitermoruder ikke egner sig til små rudeformater, der eksempelvis forekommer i 'dannebrogsvinduer', d.v.s. ramme og sprosseopdelte vinduer. Derfor må man 'beregne' vinduet, som om det bestod af en *hel rude*, uden rammer eller sprosser, hvorved energitallet, det såkaldte Eref, vil kunne kommer ned på de ÷17 kWh/m² pr. år.

Men i virkeligheden er energitallet/energitilskuddet ÷73 /÷93 kWh/m² pr. år – altså 50-70 kWh/m² pr. år *højere*, hvorfor det reelt *ikke* burde være lovligt – da kravet jo er ÷17 kWh/m² pr. år.

Støbejernsvinduer fremstilles ved at udføre en 2-delt model af vinduet af træ eller lignende. Modellen trykkes ned i en formkasse, fyldt med støbesand, der er en blanding af meget fint sand og ler. Modellen efterlader et aftryk i henholdsvis overformens og underformens støbesand. Så fjernes modellen og de to formkasser samles, hvorefter man forsigtigt hælder flydende jern ned i hulrummet. Efter afkøling fjernes sandet og det støbte vindue renses og kontrolleres.

Smedejernsvinduer fremstilles ved at skubbe/trække et glødende råjerns-emne gennem en række roterende valser, hvorved jernet formes til en lang stang, med et profi bestemt af valserne. Profilerne, der til stålvinduer et meget tynde, skæres herefter til og svejses sammen med svejseelektroder og hængsler, til de gående rammer svejses på. Man kan se forskel på støbejerns og smedejerns-vinduerne ved at støbejernsvinduerne ofte indeholder runde og buede former, fordi de er meget enkle at udføre, mens smedejernsvinduerne altid er retvinklede. Derudover er støbejernsvinduerne også lidt kraftigere i dimensionerne og mere afrundede i profilerne end smedejernsvinduerne.



Nyt kitfalsvindue af kernetræ til bevaringsværdige bygninger – hvor de oprindelige vinduer allerede er skiftet ud. Vinduet opfylder Bygningsreglementets (BR15) energikrav for nye vinduer på ÷17 kWh/m² år, samtidigt med at det er af træ, har ægte sprosser med trukket glas i kitfals og de karakterfulde, udvendige hjørnebåndsbeslag. Ifgl. Bygningsreglementet (BR15) skal man, hvis man udskifter de gamle vinduer i eksisterende bygninger, opfylde energikravene for nye vinduer i det almindelige nybyggeri. Disse krav er ÷17 kWh/m² år – dog ikke beregnet for det konkrete vindue, men et 'tænkt' referencevindue med en 'tænkt' konstruktion, bestående af én hel stor rude.
Baggrunden herfor er, at et opsprosset vindue med energiruder ikke kan opfylde dette krav. Så derfor er man i både Bygningsreglement og den tilhørende Mærkningsordning nødt til at lade som om, vinduet slet ikke har rammer og sprosser. Men man kan i stedet som her, anbringe energiruderne indvendig, som forsatsrammer eller i koblede rammer på de udvendige rammer, der har sprosser med kitfals osv.
Det ovenstående vindue kan frit kopieres til alle ældre bygninger med opdelte vinduer i rammer og sprosser. Profileringerne skal dog følge husets alder, jf. tegningen side 46.

Vinduer af støbejern og smedejern

For vinduer af støbejern (ca. 1840 – 1950) eller smedejern (i bl.a. funkishuse 1925 – 1950) er energiforbedringer noget mere kompliceret end ved traditionelle trævinduer, bl.a. fordi jerndelene leder varmen/kulden samt problemer med rustangreb. Et tredje problem er de ofte meget spinkle dimensioner i rammer og karme, der gør det svært at energiforbedre med indvendige forsatsvinduer af træ.

Der findes dog meget spinkle forsatsvinduessystemer af aluminium (udfyldt med isoleringsmateriale for at mindske kuldebroeffekten) samt vandrette skydevinduer i en spinkel trækarm, der kan benyttes. Under alle omstændigheder kræver energiforbedring af støbejerns- og smedejernsvinduer en designmæssig bearbejdning til det konkrete vindue. Det samme gælder tagvinduer eller ovenlyskonstruktioner af støbejern eller smedejern.

Støbejernsvinduer fremstilles ved at udføre en 2-delt model af vinduet af træ eller lignende. Modellen trykkes ned i en formkasse, fyldt med støbesand, der er en blanding af meget fint sand og ler. Modellen efterlader et aftryk i henholdsvis overformens og underformens støbesand. Så fjernes modellen og de to formkasser samles, hvorefter man forsigtigt hælder flydende jern ned i hulrummet. Efter afkøling fjernes sandet og det støbte vindue renses og kontrolleres.

Smedejernsvinduer fremstilles ved at skubbe/trække et glødende råjerns-emne gennem en række roterende valser, hvorved jernet formes til en lang stang, med et profil, bestemt af valserne. Profilerne, der til stålvinduer et meget tynde, skæres herefter til og svejses sammen med svejseelektroder og hængsler til de gående rammer svejses på.

Man kan se forskel på støbejerns og smedejerns-vinduerne ved at støbejernsvinduerne ofte indeholder runde og buede former, fordi de er meget enkle at udføre, mens smedejernsvinduerne altid er retvinklede. Derudover er støbejernsvinduerne også lidt kraftigere i dimensionerne og mere afrundede i profilerne end smedejernsvinduerne.

Udvendige døre

Tilsvarende kan gamle, originale døre også istandsættes og energiforbedres med tætningslister eller en ny indvendig, tæt og isolerende forsatsdør, så de holder længere, isolerer bedre, har mindre vedligeholdelse og bevarer husets arkitektur bedre end udskiftning med en ny isoleret dør af moderne materialer. Dette bør helt undgås.

Vi skal passe på de mange gamle, oprindelige yderdøre i Danmark. De repræsenterer en kulturarv, der både er af lokal og national betydning. De fleste gamle døre holder godt og længe, fordi de er godt bygget, og så kan de repareres, hvis vedligeholdelsen har svigtet.



Støbejernsvinduer, øverst, og smedejernsvinduer, nederst, har begge den ulempe, at jernet leder varme og kulde ret godt. Men med et indvendigt forsatsvindue, i spinkle dimensioner med energiglas kan de opnå gode energiegenskaber, samtidigt med at det meget elegante og graciøse udseende bevares.
Med de tykkere dobbeltcoatede energiruder i forsatsvinduerne bliver disse noget kraftigere og mindre diskrete, men de isolerer til gengæld betydeligt bedre.



Men i forhold til dagens krav er de meget ofte både utætte og uisolerede. Der findes dog tre, eller snarere to en halv løsning på dette, der ikke er ødelæggende for bevaringsværdierne.

Den 'halve' løsning repræsenterer en yderdørstradition med udvendige skoddedøre, som findes på mange gamle huse i Svaneke. Skoddedørene kan stå helt klappet sammen om sommeren, hvor der ikke er brug for dem, undtagen ved bortrejse. Om vinteren kan skoddedørene lukkes helt til, og selv om de ikke er hermetisk tætte, vil de virke som et lille vindfang med stillestående luft, der vil isolere bedre end ingenting. Den indvendige 'rigtige' dør skal samtidigt tætnes med tætningslister.

Når det beskrives som en 'halv' løsning, er det fordi den er problematisk for husets arkitektur de fleste steder, undtagen lige i Svaneke. Løsningen kræver også, at den egentlige yderdør lukker indad.

Løsning nr. 1 er at tætne den gamle dør rigtig godt med tætningslister. Det hjælper virkelig meget på varmetabet og komforten. Dernæst er dette indgreb meget diskret og prisbilligt. Udadgående terrassedøre/altandøre, der ofte sidder i stuen, kan også suppleres med en indvendig glasdør som den viste med tætningslister.



Danmarks næstældste dør, den ældste sidder lidt længere henne ad samme gade i Ærøskøbing, er fra 1699. De oprindelige egetræsplanker er malet med okseblod, men det er nu næppe derfor, den har holdt så godt. Den er først og fremmest gennemtænkt og solidt bygget, så træet ikke rådner.



Udvendige skoddedøre i Svaneke. Her er det en gammel tradition, der er en del af bygningskulturen. På andre bygninger i andre landsdele vil det virke fremmed for de fleste huse.

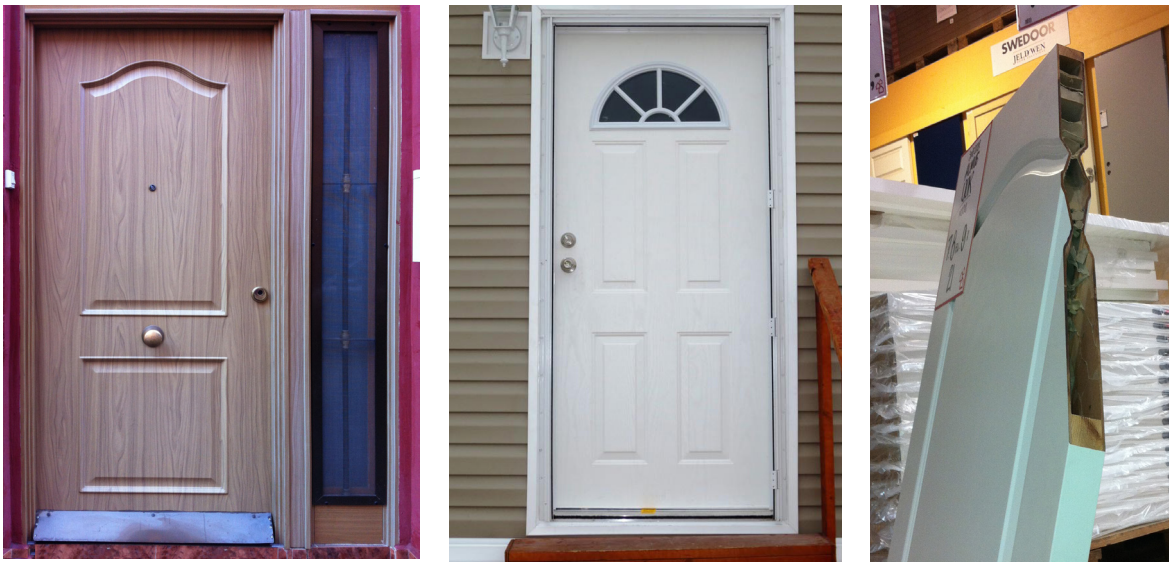


To typer indvendige dobbeltdøre. Den til venstre er isoleret og helt tæt. Den til højre er af hærdet glas, tæt og diskret, men knapt så godt isolerende. Tætheden er dog nok det vigtigste for komforten

Løsning nr. 2 består i montering af en indvendig dobbeltdør. Denne påvirker ikke husets ydre, men måske til en vis grad det indre. Løsningen kræver, at den *udvendige* dør er udadgående, hvad de fleste også er – ellers kan man overveje at vende den.

Hvis vi igen kikker på gamle gennemprøvede løsninger på utætte yderdøre, har disse historisk gået ud på, at man betragter *forstuen* inden for døren, og det gælder både i byen og på landet, som en 'varmesluse', der ikke varmes op, men står kølig. Man kan eventuelt sætte en tung 'portiere' foran døren indvendigt til at tage den værste kulde om vinteren.

Det kan ikke anbefales at efterisolere de gamle døre direkte ved at pålægge isoleringsplader, da dørene risikerer at slå sig (blive skæve) efter årstidernes indvirkning.



Fald ikke for at skifte den gamle dør ud med en ny, syntetisk dør af plastik – eller træ for den sags skyld – lige meget hvor god, tæt og billig (se foto til højre, der viser en gennemskåret plastikdør), den nye dør er. Engelske, amerikanske og sågar svenske døre er meget anderledes end danske og passer også stilmæssigt slet ikke til vores bygningskultur – især de såkaldte 'fan doors' med en 'vifteformet' rude, der sidder i alle klassicistiske (georgian) huse i England, men de kom aldrig til Danmark, før åbenbart nu.



5 Eksempler på gennemførte energiforbedringer med respekt for bevaringsværdierne

5.1 Murermestervilla fra 1927 i Køge (Bedre Byggeskik)

Fredningsoplysninger
Bygningen er SAVE vurderet i forbindelse med projektet og er udpeget som bevaringsværdig med en bevaringsværdi på 3.

Kort Bygningsbeskrivelse
Bygningen er opført i blank mur i én etage med høj kælder. Facaderne står i blank mur med røde blødstrøgne sten og med en karakteristisk skrabefuge. Bygningen har en fin detaljering af murværket med murede stik, muret hovedgesims samt et rulleskifte mellem kælder og stueetage. Facaden mod gaden prydes af et fint ovalt navnefelt.

Bygningen har halvvalmet, teglhængt saddeltag med røde vingetegl, muret rygning og asymmetrisk placeret skorsten i kip. I tagfladen er to ældre kviste, der er let ombyggede med ny zinkinddækning.

Vinduer er de originale opsprossede dannebrogsvinduer i to og tre fag.

Bærende bevaringsværdier
Bygningen er ikke udpeget som bevaringsværdig, da der ikke er foretaget bygningsregistrering eller udarbejdet kommuneatlas i Køge Kommune. Der er foretaget en SAVE vurdering af bygningen i forbindelse med denne rapport, hvor bygningen er vurderet som bevaringsværdig med en bevaringsværdi på 3.

I denne vurdering fremhæves særligt den miljømæssige værdi, originalitet samt de arkitektoniske kvaliteter.

Bygningen er præget af strømningerne fra bevægelsen "Bedre Byggeskik" og fremstår usædvanlig original og velbevaret. Med de fine og tidstypiske vinduer, den oprindelige tagbelægning og det uantastede murværk udgør bygningen et fint eksempel på denne periodes enfamiliehuse. Bygningen ligger i et kvarter med en



Denne 'Bedre Byggeskik-Villa' i Køge kan, viser konkrete tiltag og supplerende beregninger, energiforbedres, uden at forringe bevaringsværdierne, til Renoveringsklasse 1, efter BR15.

række beslægtede bygninger og har således også værdi for omgivelserne.

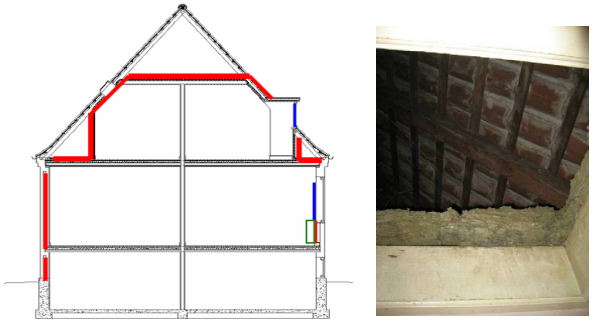
Kort Bygningshistorie
Bygningen er opført i 1927 som enfamiliehus og fremstår i det væsentligste, som da den blev opført.

Bygningen skæmmes en smule af de to ombyggede kviste. Ændringerne af kvistene er sket efter og er uden sammenhæng med energiprojektet.

Energiforbedringerne
De energibesparende tiltag er valgt ud fra en række løsningsmuligheder og tilhørende costbenefit-analyser og vurderinger samt hensyntagen til bl.a. byggetekniske og anvendelsesmæssige forhold.

Der har i projektet været fokus på de energibesparende tiltag, som giver størst effekt i forhold til investeringen - og som ikke ændrer væsentligt på husets udseende eller forringer de bærende bevaringsværdier ved dette.

De energibesparende tiltag, der gennemførtes, var:
- Hulmursisolering (indblæsning i ca. 80 mm hulrum).
- Isolering af brystninger/radiatornicher (75 mm).
- Nye forsatsvinduer med energiglas.
- Isolering af skunk (250 mm).
- Isolering af skråvæg (75 mm).
- Isolering af loft (300 mm).
- Delvis nye radiatorer og termostatventiler.



Isoleringen af loftrummet med almindelig mineraluld og et velbevaret understrøget tag

Resultater
Varmetabet i huset fald fra 53.400 kWh/år til 22.600 kWh/år efter udførelsen af de ovennævnte energiforbedringer. Dette svarer til mere end 58 % reduktion af energiforbruget. Energiforbedringerne resulterede også i en økonomisk gevinst for ejeren efter at have finansieret energiforbedringerne på 13.800 kr. det første år. Hvis energipriserne fortsat vedbliver med at stige 1,5% om året de næste 30 år, vil den samlede besparelse i varmeudgifter for husejeren blive 624.750 kr. over 30 år.



De oprindelige vinduer og de gamle rudeglas er bevarede, og bygningen er forsynet med indvendige forsatsvinduer med energiglas

Vurdering af de gennemførte energiforbedringer i forhold til bevaringsværdierne
De gennemførte ændringer forringer ikke bygningens bevaringsværdier, der er knyttet til de velbevarede og velproportionerede tag, facader og vinduer. Alle løsninger er udført nænsomt og gennemtænkt, og såvel de originale bygningsdele som rummenes overflader og proportionering er bevarede.

Litteratur
Henrik Tommerup: Energirenovering af murermesterhus.
Rapport BYG·DTU R-102 2004 ISSN 1601-2917. ISBN 87-7877-168-4

5.2 Yderligere energiforbedringer på samme murermestervilla i Køge

I 2009, i forbindelse med forberedelserne til denne håndbog om energiforbedringer på bevaringsværdige bygninger, har BYG·DTU ved Henrik Tommerup foretaget en række beregninger på, hvad man yderligere kunne gøre for at mindske energiforbruget i den samme murermestervilla i Køge.

Baggrunden herfor er bl.a. at energikravene til enfamiliehuse blev yderligere strammet i Bygningsreglementet 2010. Specielt indførte man begrebet Lavenergiklasse 1 og 2 for nybyggeri, hvor alle nye bygninger som minimum fra 2010 skal opfylde energikravene til Lavenergiklasse 2.

Bevaringsværdige bygninger er undtaget for disse krav, idet de per definition heller ikke er nye, men det kunne alligevel være interessant at se, hvor langt 'ned' i energiforbrug et hus som dette kan komme, uden at forringe bevaringsværdierne.

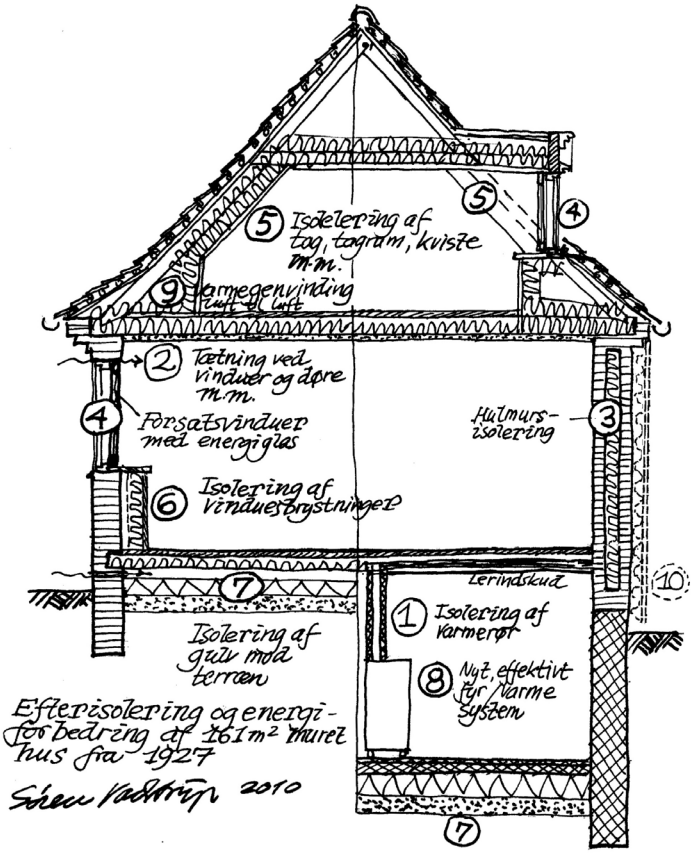
Ud over de foretagne energiforbedringer, der er nævnt ovenfor, har DTU beregnet energieffekten af 6 yderligere

energibesparelses-muligheder på dette konkrete hus. Disse er ikke udført i virkeligheden, endnu, men de kan med fordel udføres, hvorved den beregnede effekt forventeligt kan opnås.

De 6 yderligere energibesparelser er
1. Isolering af tag og kviste
2. Isolering af vinduesbrystninger
3. Isolering af kældergulv mod terræn
4. Nyt effektivt fyr
5. Varmegenvindingsanlæg
6. Udvendig isolering af facaderne

Udvendig isolering vil ikke kunne accepteres på denne bygning af hensyn til bevaringsværdierne, idet facadeisoleringen ændrer det arkitektoniske udtryk radikalt, men effekten er beregnet for at vise, hvor meget der vindes energimæssigt i forhold til det forholdsvis store æstetiske tab for huset.

De 6 yderligere energibesparelser er her sammenholdt med de 5 allerede foretagne i 2005:



Nr.	Energiforbedringer	Besparelse
1	Isolering af varmerør	14 kWh/m²
2	Tætning af døre og vinduer m.m.	10 kWh/m²
3	Hulmursisolering	50 kWh/m²
4	Forsatsvinduer	51 kWh/m²
5	Isolering af tag og kviste	49 kWh/m²
6	Isolering af vinduesbrystninger	25 kWh/m²
7	Isolering af kældergulv mod terræn	31 kWh/m²
8	Nyt effektivt fyr	92 kWh/m²
9	Varmegenvinding	12 kWh/m²
	I alt	**334 kWh/m²**
10	Udvendig isolering af facaderne	6 kWh/m²

Husets samlede energibehov **før** energiforbedringerne	386,3 kWh/m²
Energiforbedring/Besparelse 1-5	125 kWh/m²
Energiforbedring/Besparelse 6-9	178 kWh/m²
Energiforbedring/Besparelse 1-9	334 kWh/m²
Husets samlede energibehov efter energiforbedringerne	**52,7 kWh/m²**

Lavenergiklasse 2 for enfamiliehuse = 50 kWh/m² + 1600/Etagearealet = 53,73 kWh/m² idet husets etageareal er 161 m².

Konklusion
I Bygningsreglementet for 2015, BR15, er der som noget nyt indført to såkaldte 'Renoveringsklasser', henholdsvis 1 og 2 for energiforbedring af eksisterende bygninger. Ordningen er frivillig, og den medfører også frihed for husejeren til for eksempel at vælge bedre isolerende vinduer og øge loftisoleringen for derigennem at mindske facadeisoleringstykkelse. Ved en total udskiftning af en bygningsdel eller installation skal kravene i kap. 7.4.2, stk. 1, dog altid overholdes.

Da 'Renoveringsklasse 1' for boliger, kollegier og hoteller er 52,5 kWh/m² pr. år + 1650/Etagearealet og 'Renoveringsklasse 2' er på 110 kWh/m² pr. år + 3200/Etagearealet, ses det, at det ovennævnte eksempel opfylder 'Renoveringsklasse 1', uden at energiforbedringerne har forringet husets bevaringsværdier.

De enkelte tal og besparelsesmuligheder vil variere meget fra hus til hus. I ovennævnte hus var man begunstiget af, at der var mulighed for (skjult) hulmursisolering, der giver en besparelse på 50 kWh/m². I andre bygninger har man ikke denne mulighed og må så gøre andre ting, der måske har mindre effekt. Bl.a. 'nøjes' med at isolere under vinduesbrystningshøjde.

Det er med god grund, at bevaringsværdige bygninger er undtaget for de skærpede energibestemmelser i Bygningsreglementet, men forsøget med 'Køgehuset' viser, at nogle bevaringsværdige bygninger rent faktisk kan leve op til de gældende energikrav (Lavenergiklasse 2), uden at dette går ud over de bærende bevaringsværdier – og uden at man f.eks. er nødt til at isolere facaderne udvendigt.

5.3 "Jægergården", Enfamiliehus fra 1737 i Fredensborg

Fredningsforhold
Bygningen er fredet i 1970 og er vurderet med høj bevaringsværdi ved SAVE vurderingen i 1990.

Kort bygningsbeskrivelse
Ejendommen er grundmuret og opført i én etage. Bygningen består af to fløje og har en markant muret frontkvist og en havestue i træ. Det enkle hus har teglhængt saddeltag med let udhæng og malede vindskeder. Frontkvisten har udhængende tag i schweizerstil med svejfede spærender og profilerede vindskeder.
I bygningen er ældre torammede opsprossede vinduer, malet med forskellig farve på ramme og karm.



Bærende fredningsværdier
Bygningen er fredet i 1970, og bygningens bærende fredningsværdier er knyttet til den proceshistoriske udvikling, der afspejles i plan og facader. Indvendig er bygningen præget af de bevarede 1700-tals interiører med paneler og lærredsbeklædte vægge. Ved SAVE vurdering foretaget i 1999 fremhæves tillige den miljømæssige værdi og bygningens betydning som en del af det samlede bebyggelsesmiljø.

Kort Bygningshistorie
Bygningen er opført i 1737, men er ombygget væsentligt omkring år 1900, hvor bygningen bl.a. fik den nuværende tagform.

Baggrund for de gennemførte energiforbedringer
Huset er på 250 m² og havde før de gennemførte forbedringer et stort energiforbrug. De gennemførte ændringer i hhv. isolering og opvarmningsmetode er gennemført for at reducere forbruget og for at ændre opvarmningsmåden til neutrale varmekilder. Dette er også økonomisk fordelagtigt.

Princip for de gennemførte energiforbedringer
Bygningen er i løbet af 2004-2007 blevet istandsat og energiforbedret, og der er gennemført følgende ændringer:

- Der er isoleret, hvor det er muligt, uden at ændre ved facaders eller primære rums proportioner.
- Eksisterende isolering med skæmmende masonitplader er fjernet, således at fredningsværdierne er genskabt.
- Oliefyret er udskiftet til et træpillefyr suppleret med en brændeovn.
- Vinduer er istandsat og energiforbedret med et lag energiglas.

Loftsisolering:
Der er oplagt 200 mm isolering på loft og i skunk og 100 mm på skråvægge og i etageadskillelsen.



Istandsættelsen af vinduerne:
Vinduerne er de oprindelige fra bygningens opførelse i 1737 og er blevet nænsomt istandsat og malet med linoliemaling. De er forsynet med 2 mm gamle glas i de ydre rammer og med nye forsatsrammer med 4 mm energiglas. Forsatsdelen er placeret ca. i en afstand af 10 cm fra yderramme. Forsatsrammerne lukkes ved hjælp af en fransk stanglås med en messingvrider. Der er forsatsruder i hele huset. I en særlig stue med lærredsbeklædte vægge afmonteres forsatsruderne dog om sommeren.

Isolering af terrændæk:
Der er støbt og isoleret under gulvene i omkring 30 procent af huset.

Fjernet isolering på ydervægge:
Huset er muret med en "munkelignende" helstensmur. Der var tidligere opsat indvendig vægisolering med 13 mm bløde masonitplader, som i dag ikke er tilladt af hensyn til brandfare og derfor er fjernet.

Varmeforsyning:
Opvarmning foregår med et træpillefyr fra Pellx i Sverige påmonteret en Baxi-kedel. De gamle radiatorer er skiftet med nye, og der er indagt gulvvarme i husets 'nervecenter' – entreen. Huset opvarmes helt eller delvist hele vinteren igennem. Der suppleres med brændeovn.

Varmeforbrug:
Selvom al vægisoleringen er fjernet i hele huset, er der en generel god varmefordeling og godt indeklima. Det skyldes, at der er opsat flere varmeapparater og lagt partiel gulvvarme i huset. Trods det, at en langt større del af bygningen er opvarmet, er forbruget af træpiller stort set uændret.

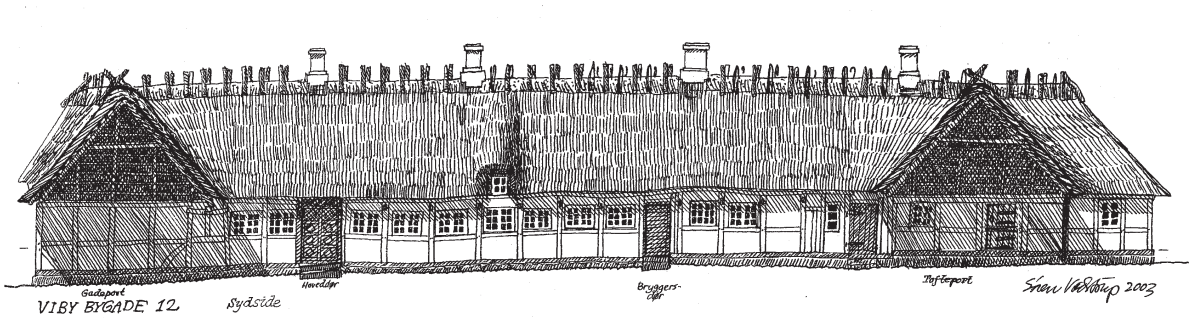
Der bruges ca. 5 rummeter brænde årligt i brændeovne.

Årligt forbrug af træpiller i fyret er på ca. 6,8 tons svarende til 12.000,00 kr. inkl. moms.

Inden oliefyr blev skiftet ud med træpiller, brugte den tidligere ejere for ca. 25-30.000 årligt på olie (svarer til 4200 – 5000 l olie).

Vurdering af de gennemførte energiforbedringer i forhold til fredningsværdierne:
De gennemførte forbedringer har sammen med den gennemgribende istandsættelse hævet bygningens fredningsværdier. Både pga. nedtagningen af de skæmmende masonitplader og ældre radiatorer og den gennemgribende istandsættelse af vinduerne.

Alle ændringer er godkendt af Kulturarvsstyrelsen (nu Slots- og Kulturstyrelsen), der således har vurderet, at bygningens fredningsværdier ikke er ændret væsentligt ved indgrebene.



5.4 "Sognefogedgården", bindingsværksgård fra 1740 i landsbyen Viby ved Kerteminde

Fredningsoplysninger
Bygningen er fredet i 1990, som: Sognefogedgården.
Det firelængede, sammenbyggede gårdanlæg (stuehuset 1730-40, forlænget 1840-44 med otte fag og i 1882 med to fag, østlængen (1840), sydlængen (1825) og vestlængen (beg. af 1800-tallet)), den brolagte gårdsplads samt stengærdet i kløvet kamp omkring haven mod nord.

Kort bygningsbeskrivelse
Viby Bygade 12 er en typisk fynsk, firelænget bindingsværksgård. Den er opført i flere etaper. Ældst er stuehuset, hvis ældste del er fra ca. 1735. Der er sket udvidelser og ombygninger i 1820, 1840 og 1882. Oprindeligt har de fire længer ligget usammenbyggede, men dette er sket efterfølgende omkring 1790.

Gården blev fredet i 1990, men led kort herefter af kraftigt forfald på grund af mange huller i taget og nedbrudte ydervægge, bl.a. fordi disse alle sammen er af ubrændt ler, enten med klinede tavl eller med ubrændte lersten. Derfor gennemgik gården en meget stor udvendig restaurering i 1999-2001, en restaurering, der er fortsat i det indre, men endnu ikke tilendebragt.

Bærende bevaringsværdier
Gårdens bevaringsværdier ligger i høj grad i det stort set uspolerede eksteriør. Gårdspladsen med den originale brolægning, længernes kalkede bindingsværk og stråtaget med tagskægskviste og skorstene er både meget smukt og velbevaret.

Indvendigt er indretningen præget af en modernisering i 1840, men den oprindelige rumopdeling, dørplaceringerne osv. er den gamle arketypiske planløsning fra 1700-tallet med de fine stuer, den fine indgang, den jævne dagligstue, køkken, bryggers, mælkekammer og aftægtsrum.

Bortset fra at de fleste lofter og gulve har måttet skiftes ud, er alle døre og indfatninger i huset originale. Huset har ikke centralvarme, men opvarmes med brændeovne, brændekomfur og kakkelovne.

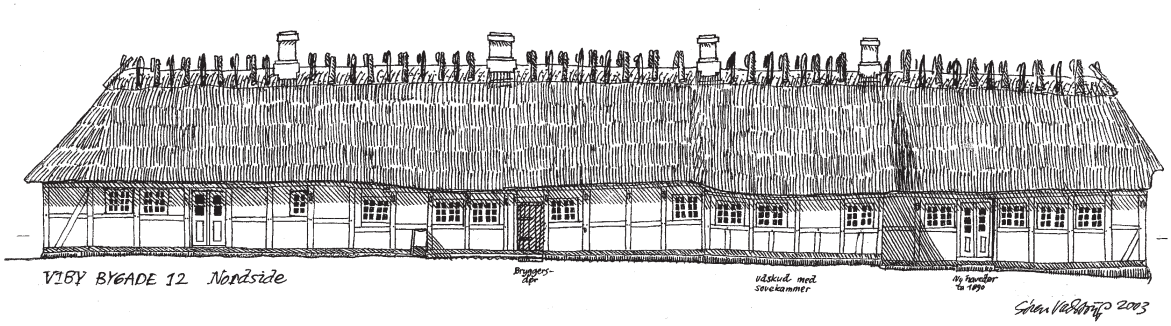
Baggrund for gennemførte forbedringer
Gården bruges i dag kun som fritidshus, men da dette dels også foregår om vinteren, og da gården dels på et tidspunkt skal overgå til helårsbeboelse, har det været ønskeligt at efterisolere gulve, vægge, vinduer og lofter for at forbedre komforten og minimere opvarmningsudgifterne.

Gulvene er isoleret som beskrevet i indledningen under trægulve og teglgulve, side 26-27. Loftet/taget er endnu ikke isoleret, men det tykke stråtag har en udmærket isoleringsevne i sig selv. (lambda-værdi 0,04 W/mK (som stillestående luft), i våd tilstand lidt højere 0,05 – 0,06 W/mK).

Vinduerne, der er meget skæve, og derfor ikke kan påmonteres gående forsatsvinduer, er energiforbedret



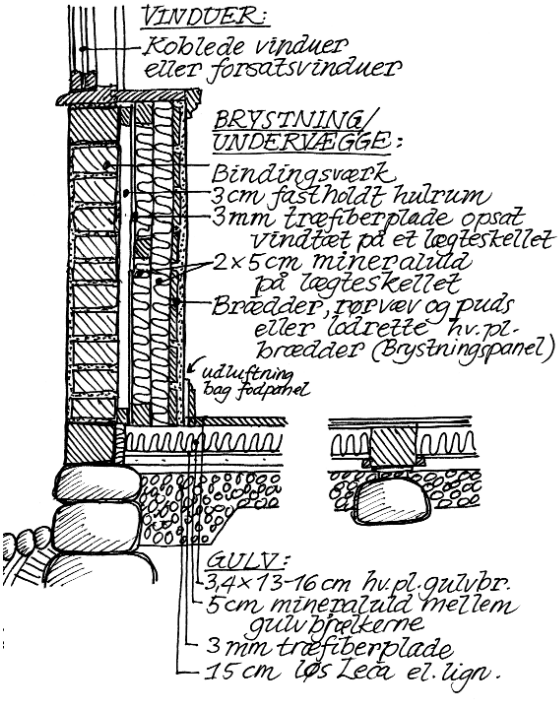




med indvendige hele ruder af hærdet energiglas (trukket glas), fastgjort med aftagelige vridere og tætnet med pvc-tætningslister. Forsatsruderne aftages helt om sommeren, hvorfor vinduerne står helt originale og 'utilsløredе' i 6 måneder om året.

Ydervæggene i et bindingsværkshus er ret tynde, her kun 12-13-cm tykke, hvilket er en væsentlig del af bevaringsværdierne for huset, da det er meget karakteristisk for denne bygningstype. Efterisolering af disse tynde vægge er derfor oplagt, da kulden ellers strømmer igennem disse om vinteren.

Princip for energiforbedringen
Ved bindingsværkshuse sidder vinduerne, specielt i sydsiden, ydermere ret tæt, ofte med eet vindue per bindingsværksfag, der er ca. 1 meter bredt. Derfor giver det ikke mening, rent teknisk, at isolere de ca. 30 cm smalle piller mellem vinduerne. Man nøjes i stedet med at isolere under vinduerne, hvilket bevaringsmæssigt betyder, at den oprindelige tynde bindingsværksvæg beholder sin spinkle dimension rent visuelt.



På den nederste del af ydervæggen kan man med 10 cm efterisolering og en 2-3 cm ventileret luftspalte således opnå en U-værdi på cirka 0,3 W/m²K. Ved vinduerne fås en U-værdi på 1,6 W/m²K, og de mellemliggende uberørte murpiller har en U-værdi på omkring 2,0 W/m²K.

Systemet går ud på kun at efterisolere under vinduesbrystningen som vist på denne principtegning.
Der etableres først et 2-3 cm hulrum med lodrette lægter på den indvendige side af bindingsværksvæggen. Da bindingsværkstavl er ret utætte, vil dette hulrum være naturligt ventileret udefra.
Luftspalten lukkes på indersiden med vindtæt pap, der er diffusionsåbent.
Indvendigt på dette sættes der 10-15 cm isolering – afhængig af forholdene på stedet (bl.a. afstand til dørhuller etc.).
Indvendigt på dette sættes der et brystningspanel af lodrette, brede brædder, der afsluttes med en bred, vandret hylde for *oven*.

Vurdering af de gennemførte energiforbedringer i forhold til bevaringsværdierne
Ved den anvendte efterisoleringsmåde får man isoleret ydervæggen til en rimelig U-værdi samtidigt med, at man bibeholder synet af og fornemmelsen af de meget tynde ydervægge og de tætsiddende vinduer uden forstyrrende, meget 'tykke', efterisolerede vinduespiller.

Brystningspanelet af træ virker naturligt for huset, og det 10-15 cm store fremspring generer ikke, men kan tværtimod benyttes til en praktisk hylde.







5.5 Etageejendom fra 1735, Krystalgade 11 i København

Fredningsoplysninger
Bygningen er fredet i 1982
Omfang: Forhuset og det hermed sammenbyggede sidehus (1730-35, forhøjet flere gange mellem 1766 og 1788). F. 1982.*
Antal bygninger: 2

Kort bygningsbeskrivelse
Bygningen er i fire etager med høj kælder og fem fag bredt og med et sidehus i tre fag. Bygningen har brede sidepartier med trefags dannebrogsvinduer og tofags dannebrogsvinduer i midterpartiet. Den asymmetrisk placerede port er placeret i et af de brede sidefag, hvilket giver en fin balance i den regulære facade.

Den enkle facade prydes af et gennemgående profileret gesimsbånd over stuetagen samt en ligeledes fint profileret hovedgesims. Taget er helvalmet og belagt med sortglaserede tegl.

Vinduerne er for den største dels vedkommende klassicistiske vinduer fra ombygningen i 1766.

Bærende bevaringsværdier
De bærende fredningsværdier er i høj grad knyttet til facaden samt til den velbevarede planløsning. I interiørerne er der bevaret paneler, der sammen med døre, vinduer og øvrige tidstypiske snedkerarbejder er en væsentlig del af fredningsværdierne.

Kort bygningshistorie
Ejendommen er opført i 1730 – 35, og bygningen er forhøjet i flere omgange i perioden 1760 – 1788. Bygningen er i dag i det væsentligste præget af den seneste ombygning.

Baggrund for gennemførte forbedringer
Ejendommens vinduer var stærkt nedslidte og bestod dels af vinduer med kun et enkelt lag glas, dels af vinduer med forskellige typer forsatsvinduer. De største skader på vinduerne skyldes, at flere af vinduerne var helt skæve pga. voldsomme sætningsskader i facaderne, hvorved der var foretaget nogle hårdhændede og skadelige tilpasninger. Men generelt var vinduerne i god stand.

Bygningen er fredet, og de oprindelige vinduer anses for at være en væsentlig del af ejendommens fredningsværdier. Ejeren ønskede at udskifte vinduerne, ikke mindst for at kunne pålægge en del af disse udgifter til lejerne. Der har imidlertid været en retssag i Danmark, der har ligestillet en udskiftning med nye vinduer med en istandsættelse og energiforbedring af de oprindelige vinduer i lejelovsmæssig henseende. Derfor kunne Kulturarvsstyrelsen (i dag Slots- og Kulturstyrelsen) stille krav om, at de eksisterende vinduer blev bibeholdt i bygningen.





Princip for energiforbedring.
Alle vinduerne er forsynet med nye forsatsrammer med et lags hardcoated energiglas (1 + 1). Derved falder varmetabet fra på 300 kWh/CO² år, for de uisolerede, gamle vinduer, til 58 kWh/m² år – en forskel på 242 kWh/m² år. Dette tal gælder for hele vinduet.

Der, hvor vinduerne var forsynet med 'gammeldags' forsatsvinduer med almindeligt glas, faldt varmetabet fra 116 kWh/m² år til 58 kWh/m² år – en forskel på 58 kWh/m² år.

Hardcoated energiglas er et stykke normalt rudeglas på 3 mm med en ganske tynd 'energibelægning', der tillader den langbølgede solvarmestråling at passere ruden næsten uhindret, mens den kortbølgede varmestråling fra rummets opvarmning, bremses. Hardcoated glas har en svag gråtoning, men er ellers farveneutral.

Fjernvarme kostede i 2010, hvor vinduerne blev energiforbedret, 0,54 kr./kWh (0,07 €/kWh), hvilket giver en besparelse på 131 kr./m² år (17,6 €/kWh). For at finde hver enkelt lejligheds årlige besparelsesmulighed skal man gange dette tal med lejlighedens samlede vinduesareal (ydre mål af hele vinduet inklusiv alt træ). Ved de vinduer, der havde forsatsvinduer i forvejen, og hvor man derfor blot kunne udskifte glasset i disse og tætne rammerne grundigt med tætningslister, faldt varmetabet som nævnt til 58 kWh/m² år med en besparelse på 58 kWh/m² år. Dette svarer til en besparelse i 2010 på 31 kr./m² år (4,2 €/kWh). Igen findes en lejligheds årlige besparelsesmulighed ved at gange dette tal med lejlighedens samlede vinduesareal.



Da lejlighederne har forholdsvis store vindues- og glasarealer, kommer energiforbedringen til at få stor betydning for lejlighedernes samlede varmeforbrug.

Den valgte løsning giver et varmetab og lyddæmpning, som er lavere, end man kan opnå med noget nyt energitermorudevindue. De nye forsatsvinduer med messingvridere på lodposten. De hvide tætningslister kikker diskret frem langs kanterne. Det er forsatsvinduerne, der skal være de tætteste, frem for de udvendige rammer, for at undgå kondens mellem rammerne.

Eftersom det største varmetab normalt sker gennem vinduerne (omkring 1/3 af bygningers samlede varmetab), vil en kraftig mindskelse af tabet gennem vinduerne give store samlede besparelser. Udover energibesparelsen opnås også større komfort, idet kuldenedfaldet begrænses kraftigt. Man kan sige, at lejligheden bliver 'større', idet man ved dårligt isolerende vinduer instinktivt vil rykke væk fra vinduerne, da de giver et ubehageligt kuldenedfald. Med velisolerende vinduer mindskes dette ubehag mærkbart.

Energiforbedring af trappens vinduer.
Trapperum er som regel uopvarmede og dårligt isolerede. Der sker et stort varmetab fra lejlighederne ud til trapperummet, da der kun er tynde ½ stens skillevægge og almindelige døre herimellem. Ved denne istandsættelse er der også monteret forsatsrammer med hardcoated energiglas for trappens relativt store glasareal, som sammen med en ny dør til portgennemgangen forhøjer temperaturen på trappen betragteligt – og dermed mindsker varmetabet fra lejlighederne.

Støjisolering af vinduerne.
Ligesom med varme er vinduerne også klimaskærmens svageste led, når det gælder støjisolering. Støj måles i decibel, dB. Des højere tal, des bedre støjdæmpning. Øret opfatter en reduktion på 8-10 dB som en halvering.

De mest betydende parametre for at opnå høj støjreduktion for vinduer er, at de er tætte, at der er stor afstand mellem ruderne, og at de er "asymmetrisk" opbyggede med forskellige glastykkelser og dermed tyngde af glassene.

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

Nye vinduer med termo/energiruder er ofte meget dårlige til at dæmpe lyd og støj, da de har en ens glastykkelse og en meget lille glasafstand (typisk 12-15 mm).
Forsatsvinduer med to lag glas, med relativ stor afstand



Mange mennesker synes, at indadgående forsatsvinduer er besværlige, fordi man skal rydde vinduespladen, når de skal åbnes for udluftning eller pudsning. Men fordelene ved denne løsning er faktisk langt større end ulemperne. For det første sparer de mere på varmen end tilsvarende nye termovinduer med energirude. For det andet lukker de mere dagslys ind og diffust lys gennem profileringerne end disse, og for det tredje dæmper også de trafikstøj bedre end nye termovinduer takket være afstanden mellem rudeglassene.

imellem, lydisolerer derimod ret godt, med en dæmpning på omkring 37 dB. Undersøgelser har vist, at man kan opnå yderligere en forbedring på 5 dB ved at montere tætningslister for de ydre rammer også, som det netop er sket på vinduerne i Krystalgade 11. Kommer der kondens på indersiden af de ydre glas, kan man klippe lidt af tætningslisterne for de ydre rammer af. Lydisoleringen forringes kun ubetydeligt derved.

Alternativt ville helt nye termo/energirudevinduer have en lyddæmpning på 30-34 dB, og specialbyggede lyddæmpende vinduer ville have en dæmpning på 38-40 dB. Der er altså opnået langt bedre lyddæmpning ved at beholde og støjdæmpe de oprindelige vinduer i forhold til at skifte disse ud med nye.

Vurdering af de gennemførte energiforbedringer i forhold til bevaringsværdierne

De gennemførte ændringer med indvendige forsatsrammer tilføjer et nyt element til de oprindelige vinduer. Det vurderes, at de bærende fredningsværdier i facaden er uantastede, mens det påvirker oplevelsen af de indvendige rum – men uden at forringe interiørernes fredningsværdier væsentligt. Princippet med forsatsvinduer er en traditionel metode til at forbedre komforten ved enkeltlags vinduer, men her forbedret med energiglas. Løsningen har en arkitektonisk og håndværksmæssig kvalitet, der modsvarer bygningens arkitektoniske og kulturhistoriske kvaliteter, og i dette tilfælde har Kulturarvsstyrelsen vurderet, at bygningens fredningsværdier ikke forringes.

I nogle sammenhænge eller et interiør, hvor forsatsvin-

duer som type er fremmede (f.eks. et rennæssanceinteriør), vil løsningen ikke kunne anbefales.

Totaløkonomisk vurdering af vinduesistandsættelsen:
Udover her og nu udgiften for istandsættelse kontra udskiftning af vinduer er det vigtigt at se på den totaløkonomiske udgift, hvor alle udgifter til varmetab, vedligeholdelse, evt. skrotning af gamle vinduer samt udskiftning af punkterede energiruder ses samlet.

Da Krystalgade 11 som nævnt er fredet, er det ikke tilladt at sætte et tilfældigt vindue i, men evt. nye vinduer skal udformes som koblede eller forsatsvinduer af høj kvalitet – f.eks. de såkaldte Rådvad-vinduer. En udskiftning af vinduerne medfører, udover prisen for nye trævinduer i høj kvalitet, også store ekstraudgifter i form af følgearbejder på murene, dels ved at dele af murhullet og facaden skades, når de gamle vinduer blev taget ud, dels da det må formodes, at flere vinduesstik hviler direkte på vinduets overkarm som følge af sætningerne. Dette medførte, at her og nu udgiften til istandsættelse og energiforbedring af vinduerne i forhuset var billigere end en vinduesudskiftning, som skete i baghuset.

Her ses et skema med de totaløkonomiske beregninger for en vinduesistandsættelse.

Totaløkonomiske omkostninger for forskellige typber istandsatte og nye vinduer, forventede levetider på op til 100 år, realrente 3 %

	Renoveret 1+2 Forsats	Renoveret 1+1 Forsats	Renoveret 1+1 Koblet	Nyt Rådvad 1+1 Koblet	Nyt Træ-energirude	Nyt Træ/alu-energirude	Nyt PVC-energirude
Anskaffelse	7500	6500	8250	8470	6250	7100	6440
Regningsmæssig levetid	30	30	30	30	30	30	30
Anslået levetid	100	100	100	100	30	40	35
Restværdig efter 30 år	2163	1875	2379	2443	0	731	379
Årlig løbende vedligeholdelse	125	125	125	125	88	73	46
Årligt varmetab	78	100	108	108	133	166	173
	3979	4410	4567	4567	4332	4685	4292
Udskiftning af termoruder	3500	0	0	0	3125	3550	3220
	1442	0	0	0	2006	2279	2067
Skrotning af oprindelige vinduer	0	0	0	453	453	453	453
Skrotning af nye/ gamle vinduer	453	453	453	453	494	517	1198
	24	24	24	466	657	611	879
Total nuværdi	10782	9059	10462	11071	13245	13944	13299
Total kr. pr. år	359	302	349	369	442	465	443
% af nyt trævindue med energirude	81	68	79	83	100	105	100

Den årlige totale omkostning for et vindue afspejler umiddelbart levetiden. Det ses, at de miljømæssige bedste valg, hvor det årlige varmetab er mindst, nemlig for 1+2 energirude Forsats fulgt af 1+1 Forsats, også er de mest økonomiske på lang sigt - og tilmed har rimelige anskaffelsesudgifter her og nu. Det renovere vindue 1+1 Forsats koster således kun omkring 2/3 af udgiften til et nyt træ-energirudevindue. Selv det forholdsvis dyre Raadvad-vindue har en lavere totaløkonomisk udgift på 83 % af udgiften til et nyt træ-energirudevindue. De traditionelle vinduers lidt dyrere vedligeholdelse opvejes af det lavere energitab – og så er der ingen udgift til 'vedligeholdelse' af punkterede energiruder (bortset fra det renoverede med energirude i forsatsrammerne (1+2 energirude Forsats)). For de nye energirudevinduer ses, at træ/alu-vinduet totalt set er en smule dyrere end et tilsvarende træ-energirudevindue, primært pga. den højere anskaffelsespris. PVC-vinduerne svarer i pris til træ-energirudevinduerne.

6 Indeklimaforhold i ældre bygninger



Indeklimaet i bygninger påvirkes af mange ting – måske skal et vintermaleri som dette på spisestuevæggene i maleren Johannes Larsens hjem i Kerteminde minde om stuens og hjemmets hygge og varme på en kold vinterdag.

Hvis et opholds/beboelsesrum i en bygning har et godt indeklima, er dette almindeligvis knyttet til følgende ti elementer.

1. En behagelig lufttemperatur. Almindeligvis mellem 18-20 °C
2. En behagelig luftfugtighed. Almindeligvis 40-60% relativ luftfugtighed (RF).
3. En 'frisk' luft uden ubehagelig lugt.
4. En sund luft uden usunde partikler, f.eks. fra røg, tobaksrøg, støv, husstøvmider, mug eller skimmelsporer eller afdunstning af kemiske stoffer fra rummenes inventar eller materialer.
5. Et godt dagslys, bl.a. så kunstlys ikke er nødvendigt, midt på dagen.
6. Et behageligt lydniveau, uden generende støj fra husets omgivelser, f.eks. naboer eller en nærliggende vej – eller fra et brummende ventilationsanlæg.
7. En behagelig resonans fra rummenes overflader overfor lyd, bl.a. almindelig tale.
8. Om vinteren: En konstant og passende varm varmekilde, der fordeler varmen til hele rummet.
9. Om vinteren: En relativt ens varm og stillestående luft, uden 'træk', fodkulde, kuldslag eller kuldenedslag fra meget kolde vægge eller vinduer.
10. Om vinteren: Overflader uden kondensfugt, f.eks. fra kuldebroer ved vinduer, på den indvendige side af rudeglas osv.

Denne publikation behandler ikke indeklimaproblemer som følge af *radon*, en naturligt forekommende radioaktiv luftart fra jorden. Der henvises til http://boligejer.dk/radonguiden

Det er klart, at opfyldelsen af alle disse krav ikke altid nødvendigvis skal være til stede, for at et rum eller en bygning kan fungere indeklimamæssigt. En kirke kan eksempelvis have en meget klam luft, have en ubehagelig resonans, have træk fra vinduerne, have ubehagelig lugt og røg fra stearinlys m.m. – og alligevel levere rum til en 'stjernestund'. Men almindeligvis vil de modsatte forhold for alle ti punkter medføre et ubehageligt, måske ligefrem ulideligt eller i grelle tilfælde usundt indeklima. Meget høj varme, høj luftfugtighed, røg og støv, osv. - for ikke at sige i giftige dampe eller partikler ønsker ingen mennesker at opholde sig i.



Vask, rengøring og samtidig udluftning er en vigtig del af indeklimaets kvalitet

I denne publikation vil vi fortrinsvis behandle de 6 indeklimaforhold, der direkte relaterer sig til husets efterisolering og husets indvendige materialer. Det er erfaringsmæssigt meget ofte netop de seks punkter, hvor tingene går galt, og som derfor kommer til at koste husejeren mange problemer og penge:

- Rumtemperatur, herunder undgåelse af kuldenedfald fra bl.a. vinduer
- Fugtforhold, bl.a. undgåelse af kondensering af fugt på kolde flader
- Problemer med mug og skimmelsvampe, som ofte som følge af netop dette.
- Sunde materialer i huset
- Dagslysforhold i opholdsrummene
- Lydisolering – af specielt vinduer

Det hævdes ofte, at diverse indeklimaproblemer skyldes forkert brug af rummene og beboernes manglende efterlevelse af gamle husråd, eksempelvis for meget tobaksrygning, manglende udluftning og manglende rengøring osv.

Men netop de seks nævnte problemer vil stort set altid være forværret af ydre forhold, der relaterer sig til de materialer, konstruktioner og bygningselementer, som befinder sig i huset. Bl.a. plastikmaling eller nye kombinerede træ-aluminiums-vinduer, hvor der dannes kondens og samler sig mug og skimmel på de kolde metalflader, plus at der skabes kuldenedfald med fodkulde til følge - samt et dårligt indeklima.

Disse indeklimaproblemer havde huset sandsynligvis ikke, før de nye efterisoleringsindgreb blev foretaget, hvilket igen viser, at energiforbedring altid skal samtænkes med husets bevaringsværdier, indeklimaet og byggetekniske forhold i huset. Og de kan i de fleste tilfælde heller ikke rengøres eller ventileres væk.

6.1 Indeklimaet i gamle huse

Gamle huse har ofte et behageligt indeklima med få eller slet ingen giftige stoffer i luften. Dette skyldes bl.a., at husene indeholder porøse materialer og overflader indvendigt, f.eks. *træ*, der er ubehandlet eller linoliemalet/limfarvet, *ubrændte lersten* pudset med kalkmørtel og hvidtekalk/limfarve, *mursten* pudset med kalkmørtel og overfladebehandlet med hvidtekalk/limfarve eller tapet, malet med limfarve. Disse materialer har stor effekt på husets indeklima, idet de virker som 'fugtbuffere', der optager en eventuel overproduktion af fugt i deres poresystem og afgiver denne igen, når fugtligevægten i rummet tillader dette. Det er derfor vigtigt, at de porøse overflader ikke dækkes af en eventuel efterisolering i et omfang, der ændrer på rummenes fugtdynamik.

Lerindskud
Fra 1700-tallet og helt op til 1940'erne blev murede etagehuse og enfamiliehuse samt rækkehuse forsynet med et lerindskud, bestående af et ca. 5 cm tykt lerlag, lagt på et lag brædder, der var sat ind i en rille eller not i siden af etageadskillelsernes træbjælker.

- Dette lerindskud er uhyre vigtigt at bevare, til trods for at det, hvis man fjerner de gamle gulve, ser meget støvet og beskidt ud. Man kan eventuelt overveje at skifte det ud med et nyt, friskt lerlag, der imidlertid vil være mange måneder om at tørre ud. Men indskudsleret har fem vigtige funktioner i ældre bygninger.
- Dels virker det som en god fugtbuffer, der er med til at regulere indeklimaet i form af fugtbalancen i rummene.
- Dels dæmper dette tunge materiale lyden fra især den dybe ende af skalaen, bl.a. fodtrin, stemmer (de fleste) og musik.
- Dels virker lerindskuddet også i en vis udstrækning som stopper for vandskader, bl.a. hvis man vælter en spand vand eller lignende på gulvet. Leret vil opsuge vandet, så det ikke løber ned til rummet nedenunder, og leret vil derefter langsomt afgive fugten igen, så bjælkerne ikke rådner.
- Lerindskuddet fungerer også som brandisolering i konstruktionen, idet leret ikke er brandbart. 5 cm lerindskud svarer i brandklasse til 3 lag gipsplader.
- Lerindskuddet virker som varmebuffer, der absorberer varmen og afgiver denne langsomt igen – langsommere end eksempelvis træ og mursten.

Endelig er lermaterialerne ekstremt bæredygtige, fuldstændigt genanvendelige og billige. De har derudover meget lang holdbarhed og levetid.



Traditionelle japanske huse har masser af ler i konstruktioner og overflader, idet leret er fremragende til at regulere fugten, så indeklimaet bliver behageligt. Væggene i dette rum har lerpuds i overfladerne, og i gulvene er der lerindskud.

Ved efterisolering af f.eks. lofter og etageadskillelser kan et nyt lerindskud mellem bjælkerne virke som en meget effektiv lufttætning og fugtspærre – langt mere effektiv, langtidsholdbar og bæredygtig - og samtidigt langt lettere og billigere at udføre - end diverse plastikdampspærrer/membraner, påsat med fugelim m.v., med en yderst begrænset holdbarhed.

Lerindskud, i visse blandinger svinder ikke, og lægger sig derfor helt tæt op til f.eks. bjælkernes sider og kanter, inklusive disses ruheder og skævheder. Leret kan her også være med til at udtørre, og dermed bevare, selve træbjælkerne, herunder hvis leret føres helt ud omkring bjælkerne i facademuren. Kondens fra denne vil blive trukket ud af leret. Man kan herefter etablere en passende efterisolering af bjælkelaget eller etageadskillelsen, oven på leret, f.eks. af cellulose, hør, perlite, kork eller papiruld.

Indeklimamæssigt er ældre huses store skorstene meget effektive udluftningsventiler, ikke mindst i forbindelse med opvarmning med kakkelovne. Selv i de perioder, hvor der ikke fyres i skorstenen, ventilerer skorstensrøret rummene, hvis man sætter en rist i eller sætter kakkelovnslågen på klem. Dertil kommer, at ældre huse aldrig er helt tætte, så et ubehageligt tungt og indeklemt indeklima, der findes i mange nye og meget tætte huse, opleves sjældent.

Dagslys

Et godt indeklima afhænger også af et rigeligt dagslys i rummene. Her er mange ældre huse skabt til at blive 'badet' i lys. Voldenes fald i København gav startskuddet til opførelsen af de såkaldte 'Brokvarterer' i årene efter 1850. Både samtiden og eftertiden har kaldt dette byggeri for 'spekulationsbyggeri' og 'lejekaserner', hvad det i lighed med meget andet, knapt så nedsættende benævnt udlejningsbyggeri, også er. Det er derfor interessant, at en nærmere undersøgelse faktisk viser, at Brokvarterernes lejligheder har nogle af de højeste lysarealer (Vinduesarealet divideret op i gulvarealet) i Danmark (Kilde: Fisker og Milech (1951): Danske arkitekturstrømninger 1850-1950 side 199):

Et 'vindues-spækket' bindingsværks-byhus fra 1680 (Gammel Mønt 41)	0,22 kvm
Et grundmuret ildebrandshus fra 1795	0,19 kvm
En 'spekulationsejendom' på Brokvartererne, Saxogade 42 (1880)	0,24 kvm
Et funkishus fra 1930'erne (Vestersøhus)	0,18 kvm

I en række af disse etagehuse er visse af rummene forsynet med fremskudte karnapper, fyldt med vinduer og glas, der repræsenterer sande 'lysprismer' for rummene bagved, samtidig med at karnapperne muliggør kik ned på gaden og ens egen opgangsdør.





Det såkaldte 'Frederiksbergvindue' også kaldt 'østerbrovinduet', men som i USA, hvor det stammer fra, hedder 'Chicagovinduet' har ekstremt gode dagslysegenskaber, samtidigt med at det kan ventileres varieret gennem siderammerne. Den store midterrude sidder således i selve karmen, hvorved den giver maksimalt dagslys. Ved de fleste vinduesudskiftninger formindskes rudens areal af brede rammer og en tværpost.

I 1890 fandt man på at udvikle dette 'koncept' til, med inspiration fra Chicago i USA, at indføre store 3-fags-vinduer i selve facaderne, så der kunne komme endnu mere lys til rummene. Den første ejendom med 3-fags-vinduer var Gl. Kongevej 86 på Frederiksberg. Dette dannede omgående mode og udviklede sig i den kendte retning, hvor midterruden både var bredere og anderledes udformet end sidevinduerne. Det såkaldte 'Frederiksbergvindue' var skabt.

Når de oprindelige enkeltglasvinduer skiftes med termovinduer, formindskes dagslysarealet med omkring 5%, bl.a. fordi de ydre fuger gøres større, og de nye sprosser tager dobbelt så meget lys som de gamle. Også forsatsvinduer tager almindeligvis mindst 5% af dagslyset, men de kan dog udformes med meget spinkle dimensioner eller trækkes helt ud over sidekarmene, så dagslystabet bliver mindre eller helt elimineres.



Disse forsatsvinduer sidder helt uden på vindueshullet og tager derfor ikke dagslys.

Forsatsvinduer har ydermere den fordel indeklimamæssigt, at de dæmper trafikstøj fra gaden ret effektivt, hvis de er tætte og er forsynet med tykt rudeglas. De dæmper rent faktisk trafikstøj bedre end de specialkonstruerede lyd-termovinduer. At udskifte de gamle originale vinduer i trafik- eller jernbane-støjplagede ejendomme med nye moderne lyd-vinduer er derfor helt forkert. Man kan opnå en markant bedre støjdæmpning og en langt billigere løsning ved at bevare og istandsætte de gamle vinduer og sætte tætte forsatsvinduer med 4-6 mm energiglas op indvendigt.

6.2 Moderne indeklimaproblemer

Et dårligt indeklima kan medføre en række gener for de mennesker, der opholder sig i de pågældende rum, f.eks. hovedpine, unaturlig træthed, svimmelhed, problemer med tør og irriteret hud eller slimhinde-gener i øjne, næse, hals og øvre luftveje. I værre tilfælde kan dette udvikle sig til astma, allergi og overfølsomhedsreaktioner.

På grund af de stadigt tættere huse, de mange nye materialer, vi fylder husene med, hvis sundhedsmæssige langtidsvirkninger ydermere er delvis ukendte, en øget og mere og mere belastende støj fra trafik og omgivelser, plus at luften såvel inde som ude i stigende grad er fyldt med allergifremkaldende og sundhedsskadelig partikelforureninger, er disse problemer blevet forværret gennem de seneste 20-25 år.

Også den daglige brug af specielt boligen har ændret sig. Vi bader mere og mere, lufter mindre og mindre ud, ikke mindst om vinteren, hvor vi jo ikke vil fyre for gråspurvene. Mindre omhyggelig rengøring og tøjtørring i beboelsesrummene er også moderne uvaner, der påvirker indeklimaet negativt. Tobaksrygning indendørs er dog på retur.

Denne publikation vil især koncentrere sig om, hvordan man vedligeholder, ombygger og energiforbedrer ældre huse, så man undgår nogle af disse indeklima-gener.

6.3 Rumtemperaturen

Et af de områder, hvor der er sket store forbedringer i mange ældre bygningers komfort, er deres varmeforsyning og mulighederne for en konstant, behagelig rumtemperatur. Åbne ildsteder, kakkelovne fyret med brænde, kul eller koks samt petroleumsovne m.v. kan slet ikke hamle op med nutidens centralvarme i forhold til komfort, pris,



Grønne planter i vinduerne og naturlig udluftning gennem vinduerne går heldigvis aldrig af mode – og kan heller ikke erstattes af diverse moderne apparater og styringssystemer.

lavt energiforbrug, lav forurening og betjeningsvenlighed.

Alene det at flytte den 'nye' varmekilde, radiatorerne, fra midten af huset, hvor kakkelovnene oprindeligt stod op ad skorstenen, til en placering under vinduerne, fik 'vendt kuldestrømmen' i rummene, så kulden fra vinduerne tvinges opad sammen med den varme luft fra radiatoren, hen over loftet, ned langs indervæggene og hen langs gulvet. Her er luftstrømmen stadig rimelig varm. I et kakkelovnsfyret rum går luftstrømmen den anden vej, hen over loftet, ned forbi vinduerne, hvor den afkøles, og hen over gulvet, hvor den kolde luft mærkes som en yderst ubehagelig fodkulde.

Med bedre isolerede vinduer – forsynet med forsatsrammer – er dette problem dog mindre, så man kan eventuelt igen benytte kakkelovnspladsen til f.eks. et moderne kombineret varme- og ventilationsanlæg, hvor skorstenen bruges til at trække frisk luft, der er forvarmet af den varme afkastluft fra boligen, se side 69.

Men traditionelt anbringes radiatorerne altid under vinduerne for at mindske kuldenedfaldet og for at forvarme luften fra et eventuelt friskluftindtag i forbindelse med vinduet. Alle radiatorer bør forsynes med termostatventiler, så de selv slukker, når der f.eks. strømmer en masse solvarme ind i rummet midt på dagen. Det er vigtigt, at der ikke hænges tunge gardiner op foran radiatoren, da effekten af denne derved formindskes. Det vil almindeligvis give den bedste varmeøkonomi i ældre, murede ejendomme at holde den samme fremløbstemperatur både dag og nat. De tunge murede, ofte massive vægge, er længe om at blive varme igen om morgenen, hvilket kan mindske komforten.

I et godt efterisoleret ældre hus vil man med fordel kunne sænke varmeanlæggets fremløbstemperatur en smule i forhold til før isoleringen, hvilket sparer yderligere på opvarmningsudgifterne.

Konklusion
Regulering af rumtemperaturen i den kolde tid er et af de områder, hvor man som husejer eller lejer/beboer kan formindske energiforbruget og spare penge, ikke mindst efter at en ældre bygning er blevet energiforbedret. Derudover er det vigtigt, at radiatorerne er placeret under vinduerne, så varmestrømmen i rummet kører den rigtige vej, da man ellers vil opleve falsk træk og fodkulde fra vinduerne.

6.4 Fugtforhold

Luft indeholder altid fugt. Varm luft kan indeholde mere fugt end kold luft. Hvis luften afkøles til under dugpunktet, vil luftens fugtighed kondensere og blive til vanddråber (kondens). Luftens fugtighed måles på et hygrometer i g/m3 luft. Ved en given temperatur kan luften indeholde en vis mængde vanddamp (fugt). Begrebet Relativ Luftfugtighed (RF) angiver forholdet mellem det aktuelle vanddampindhold i luften og det maksimale dampindhold, som luften kan indeholde ved den pågældende temperatur. Denne benævnes i procent (%).



Ved at anbringe radiatoren under vinduet mindsker man den ubehagelige fodkulde, der er resultatet af, at man i de gamle beboelsesrum, før centralvarmen, havde varmekilden stående i midten af huset, ved skorstenen. Så trækkes kulden fra vinduerne hen langs gulvet, og varmes op af varmeovnen og trækker hen langs loftet. Så centralvarmen er ikke mindst af denne grund en stor gevinst for varmeøkonomien og komforten i ældre bygninger.

Af hensyn til et godt indeklima er det vigtigt at holde den relative fugtighed i beboelsesrummene nede på 40-60 % RF. En god måde at holde øje med, om luftfugtigheden i et rum er for høj, er ved at se, om der dannes dug indvendigt på vinduernes ruder. Er der ikke dette, er luftfugtigheden sandsynligvis passende. Den menneskelige krop er også god til at registrere et for højt fugtindhold i luften.

Produktionen af rumfugt stammer først og fremmest fra beboernes aktiviteter i rummene, madlavning, bad, vask, tøjtørring – samt almindelig afgivelse af fugt fra kroppen (ca 3 liter vand i døgnet per person), herunder også mens man sover. Hvis rummene viser tegn på fugtproblemer, hvilket vores krop er god til at mærke, handler det om at finde en balance mellem bevidst reduktion af fugtproduktionen og udluftningen af rummene. Her kan mekanisk ventilation eventuelt tages i anvendelse.

Naturlig ventilation

Findes der naturlig ventilation i huset, f.eks. i form af skorstene med ildsteder/ovne, bør disse ikke lukkes eller fjernes, hvis denne opvarmningsform nedlægges. Der bør i stedet sættes en ventilationsrist forneden i skorstenen, så denne stadig ventilerer rummene naturligt. Man udnytter derved den høje skorstens naturlige 'skorstenseffekt' i form af en konstant opadgående luftstrøm. Der behøves slet ingen strømforbrugende ventilator til at drive denne. I det tidlige forår og gennem hele sommeren, hvor der momentvis kan være varmere uden for huset end inde, kan det dog forekomme, at luftstrømmen går den anden vej, hvilket er meget ubehageligt.



På ældre bygninger er de markante skorstene vigtige for det arkitektoniske udtryk. Men skorstene er også gode til at skabe naturlig ventilation i husene. Så nedlæg dem derfor ikke.

Fugtbuffere

Mange såkaldte porøse materialer, det vil sige materialer, der har en meget åben overflade og en indre struktur, præget af små og store porer, er gode fugtbuffere. De 'suger' nærmest rumfugten til sig. Især hvis denne er høj, og når fugtighedsprocenten falder igen, og rummet får en mere tør luft, afgiver de porøse materialer igen fugten til rummet. Ubrændt ler, som ældre huse ofte har i etageadskillelsernes lerindskud eller mange steder som indvendige vægge, er som ovenfor nævnt en god fugtbuffer på grund af lerets særlige struktur.

Ubehandlede trægulve er også gode fugtbuffere. De hårde træsorter, eg, bøg og ask er lige så gode som de bløde, fyr og gran. Mursten, igen ubehandlet eller evt. pudset med kalkmørtel og kalket eller limfarvet, har også gode fugtregulerende egenskaber, og af nyere materialer kan man nævne gipsplader. Dog er 'gammeldags' pudsede og limfarvede lofter eller vægge med brædder, rørvæv og puds langt bedre fugtbuffere end gipsplader. I alle tilfælde er det dog en forudsætning for materialernes gode fugtegenskaber, at de ikke er malet med en tæt plastikmaling, eller for træets vedkommende, lakeret med en tæt gulvlak. Hvidtekalk og limfarver vil ikke hæmme materialernes fugtoptagelse og –afgivelse, og linoliemaling kun i nogen grad.



Når lofterne før i tiden blev pudset med kalkmørtel på rørvæv og derefter limfarvet med 'mosfarve', virker loftfladen som en god 'fugtbuffer', idet materialerne er poreåbne og derfor fugtabsorberende. Hvis de pudsede lofter plastikmales, mister man denne klimaregulerende effekt.

Kondens

Som de fleste vil vide, har ikke-porøse materialer som glasruder, granitsten, Ølandssten, hårde klinker, keramiske vægfliser, jern, metal og plastikstoffer ikke disse fugtregulerende egenskaber for indeklimaet. Her vil der derimod kunne opstå en uheldig fugtdannelse i form af små vanddråber, hvis disse materialer og overflader er koldere end rumtemperaturen. De kolde flader afkøler rumluften, og da denne derved rent fysisk kan indeholde mindre vanddamp, kondenserer denne på den kolde overflade. Den bliver drivende våd.

Normalt vil den kondenserede vanddamp forsvinde i løbet af et stykke tid, efterhånden som gulvet eller væggene bliver varmet op til rumtemperaturen, men hvis dette ikke sker, hvis der befinder sig en kuldebro, der leder varmen væk, så vil fugten og de små dråber



På uisolerede gamle vinduer, uden forsatsrammer, kondenser rumfugten på de kolde ruder, så vandet driver ned ad vinduerne. Det er ikke noget kønt syn eller særlig sundt.

blive siddende – eller blive ved med at komme, hvis man aftørrer disse. Dette kan ske direkte på en ydervæg, hvis denne ikke er isoleret eller dårligt isoleret, især hvis der står store genstande, bl.a. lænestole, bogreoler eller en sofa lige op ad væggen. Sofaen skaber stillestående, kold luft tæt op ad væggen, hvilket forhindrer, at den kondenserede fugt fordamper eller ventileres bort, samt at vægstykket varmes op af rumluften.

Et andet udbredt kondens-problem er træ-alu-vinduernes aluminiumsflader, der næsten rækker ind i rummet. Da aluminium er en af de bedste varmeledere, vi har, vil kulden fra udeluften afkøle disse flader konstant. Hvor vægkondensen bag den monstrøse sofa i praksis kan ventileres bort, er dette ikke tilfældet med træ-alu-vinduernes aluminiumsflader. De vil være permanent kolde – og dermed våde om vinteren, hvis der er normalt varmt i rummet.

Rent faktisk er den slags ulovligt ifølge Bygningsreglementet, idet 'bygningsdele mod det fri, herunder vinduer og døre, kun må indeholde kuldebroer i uvæsentligt omfang.

Konklusion
I forbindelse med et energiforbedringsprojekt på et ældre hus skal man vælge at skabe et system, der ventilerer beboelsesrummene naturligt – gennem husets skorstene og/eller friskluftventiler i ydervæggene. Mekanisk ventilation i almindelige beboelsesrum bør undgås af energimæssige grunde, medmindre denne tilsluttes en form for varmeveksling af udblæsningsluften. Mekanisk ventilation kan være nødvendig i badeværelser og køkkener.

6.5 Mug og skimmel

Ud over at meget fugtige rum er ubehagelige at opholde sig i, længere tid ad gangen – undtagen når man er i bad, kan en høj luftfugtighed medføre fugtskader på husets ydervægs- og tagkonstruktioner, idet fugten også kan finde på at kondensere til vand midt inde i en isoleret konstruktion.

Her er en indvendig isolering af et ældre hus et ømtåleligt sted, især på kældervægge. Hvis konstruktionen her, jf. senere, udføres forkert, vil både isoleringsmaterialer og andre organiske materialer blive opfugtet fra kondensen på den kolde ydervægsflade, og der vil opstå skimmelsvamp og i værre tilfælde råd og svamp.

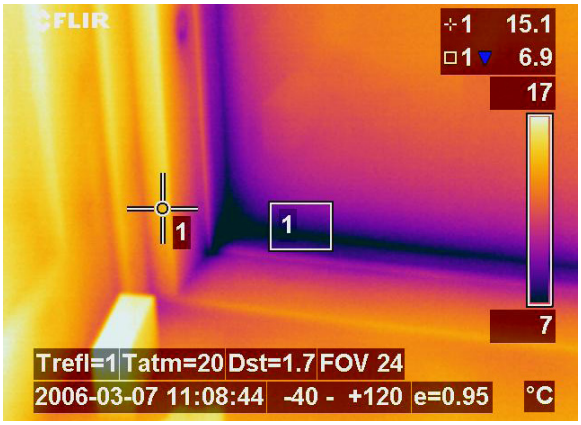
Men det største problem i forbindelse med en høj rumfugt er uden tvivl mug og skimmel direkte i rummene. På de førnævnte fugtige flader med kondens på vægge eller vinduer vil husstøvmider trives. Hvis der samler sig støv her, og det skal der ikke ret meget til, for støv har vi også alle vegne fra tøj, tæpper, dyner, snavs, sod samt diverse mikroorganismer og ikke mindst kæledyr, så går husstøvmiderne i gang. Også mug og skimmel kommer hurtigt, idet deres sporer findes overalt. De ses som sorte pletter.

Som led i skimmelsvampenes cyklus producerer de nye sporer og hyfer, der indeholder stoffer, der kan være endog meget sundhedsfarlige for mennesker. Skimmelsvampe kan give allergi og astma og være skyld i træthed, hovedpine og åndedrætsbesvær. Det enkelte menneskes reaktion er dog forskellig fra person til person. Nogle er meget følsomme overfor disse stoffer og andre er slet ikke.



Skimmelangreb på en kold vægflade i et køkken.





Mug og skimmel dannes ikke kun i køkkener og baderum. På visse helt nye træ-alu-vinduer er termorudekanterne så kolde, fordi aluminiummet og rudekanterne leder kulden gennem vinduet, at der under normale forhold dannes kondens her. Det varmefølsomme kamera viser at temperaturen er 6-8 grader langs disse kanter. Selv en kraftig ventilation kan ikke fjerne dette problem. Foto: Christian Oxenvad.

Et særligt problem udgør kolde, uopvarmede kældre under huset. Hvis man, ihukommende diverse råd og anvisninger om at lufte ud, hvis et rum føles fugtigt, lufter en kold kælder ud om sommeren ved at åbne et kældervindue ud til det fri, vil man opleve, at kælderen, og alt hvad der er i den, i løbet af få timer 'driver' af fugt. Efter nogle dage vil der være mug og skimmel på alt. Der sker nemlig det, at den varme udeluft indeholder en stor mængde vanddamp, der fortætter til vand, når den bliver afkølet i kælderen, især på væggene og på jerngenstande og sågar træ.

Derfor skal uopvarmede kældre så vidt muligt holdes 'hermetisk' lukkede fra udeluften, fra maj til oktober måned. Kælderdøren skal holdes lukket, og vinduer må ikke åbnes. Fra oktober til maj kan kælderen derimod med fordel luftes ud.

Alternativt skal man sætte varme på i kælderen og f.eks. holde en temperatur på 10-15 grader C.

Det er ikke ualmindeligt, at ældre bygninger har en smule mug og skimmelsvamp, specielt i kælderen, bl.a. på grund af ovennævnte forhold. I 97% af tilfældene påvirker dette ikke beboerne. Men hvis det gør det, skal man naturligvis reagere omgående og få fjernet skimmelsvampen.

Dernæst bør man fjerne eventuel plastikmaling på væggen og kalke denne med hvidtekalk eller male den med limfarve (kaseinfarve). På disse overflader dannes der meget sjældent mug og skimmel. Man kan 'teste' en væg for plastikmaling ved at tage en lille skal af, og prøv om den kan brænde. Kan den det, er det plastikmaling. Kan den ikke brænde, er det kalk eller limfarve.

Konklusion

I forbindelse med energiforbedringsprojekter på ældre huse skal man sikre sig, at der ikke opstår kolde flader, hvor rumfugten kondenserer, hvorefter fladerne fugtes op, og mug og skimmel kan trives. Træ-alu-vinduer er nævnt som et oplagt eksempel, der bør undgås.

Hvis kolde flader ikke kan undgås, fordi hverken en udvendig eller en indvendig efterisolering er mulig af hensyn til husets bevaringsværdier, skal disse overfladebehandles med f.eks. limfarve eller kalk, der ikke holder på fugten, men hurtigt afgiver denne. Det er netop overfor fugt, mug og skimmel, de såkaldt 'sunde' (klassiske) byggematerialer skal stå deres prøve.

Uafhængigt af disse tiltag skal man som beboer være opmærksom på de øvrige meget vigtige områder, hvorpå man kan holde sin bolig tør og mest mulig ren og støvfri for at undgå mug og skimmelangreb i huset:

- Sørge for at husets tag, tagrender og inddækninger er helt tætte
- Lufte ud hver dag i 5 minutter – eller gerne flere gange om dagen
- Evt. holde øje med den konkrete relative luftfugtighed i rummet gennem målinger
- Gøre rent, støvsuge, banke tæpper, ryste og lufte dyner osv.
- Vask af særligt udsatte steder med Klorin eller Rodalon
- Begræns produktion af vanddamp i hjemmet

Hvis den relative fugtighed i rummene holdes under 40 % RF om vinteren og mindre end 60 % RF om sommeren, er der ingen risiko for skimmelsvampeangreb i boligen. Hvis den relative fugtighed er 40-60 % om vinteren og 60-70 % om sommeren, er risikoen svag. Hvis den relative fugtighed derimod er større end 70 % om vinteren og større end 80 % om sommeren, er risikoen stor! Ved daglig udluftning, naturlig ventilation gennem eksempelvis en skorsten, ingen tøjtørring og god rengøring - er der





I køkkenet produceres der jo ret meget fugt, hvorfor de fleste har investeret i emhætter med elektrisk udsugning, der også kan fjerne madlugten. Men i gamle køkkener kan man meget ofte bruge den gamle ildstedsplads til enten at anbringe et el-komfur (t.v.), og få naturligt aftræk, der ikke koster energi, eller indsætte et brændekomfur af støbejern (t.h.), der gennem sin daglige brug ventilerer og 'tørrer' luften effektivt i køkkenet og de nærliggende rum.

med andre ord ingen særlig risiko for vækst af skimmelsvampe. Mug og skimmel kan både ses og lugtes.Er skaden sket, og problemerne vokset faretruende, skal man tilkalde eksperthjælp fra firmaer, der har dette som deres arbejdsområde.

6.6 Sunde materialer

Begrebet 'sunde materialer' benyttes ofte til at beskrive materialer, der er 'sunde for huset' forstået på den måde, at de er med til at skabe et godt indeklima. Materialerne er i sig selv i bedste fald neutrale, men de er næppe 'sunde' i almindelig forstand. I bygningsrestaureringssammenhænge bruger vi termen de "traditionelle byggematerialer" eller "klassiske byggematerialer", idet træ, mursten, ubrændte lersten, kalkmørtel, hvidtekalk, limfarve, linoliemaling er materialer, som vi har kendt meget længe, nogle i over 1000 år, indenfor byggeriet i Danmark. Disse materialer har derved dels bevist deres brugbarhed og gode holdbarhed generelt, dels deres anvendelighed til sundhedsmæssigt gode boliger i mange generationer, dels deres muligheder for fortsat produktion på næsten samme måde som tidligere.

Hvis disse materialer havde problemer med 'farlige stoffer' for mennesker, var de blevet faset ud for længst, som vi eksempelvis har set det med de meget giftige malingspigmenter indeholdende bly, arsenik og kviksølv.

For helt nye materialer er dette sket med plastikmaling, der afgiver formaldehyddampe samt gummifugemasser, der indeholder det stærkt kræftfremkaldende stof PBC.
Ovenfor er nævnt de traditionelle materialers gode fugtdynamiske egenskaber, hvilket har betydning for et godt indeklima. Derudover er afgasningen af farlige stoffer yderst begrænset. De klassiske byggematerialer har også den fordel, at de er mulige at vedligeholde. Man kan også, alt efter temperament, sige, at de er nemme at vedligeholde, og som nævnt kan de også, rigtigt vedligeholdt, holde meget længe, ja i hundredvis af år.

Alt dette er ikke noget, der er udregnet på et computerprogram eller målt gennem forcerede tests på få uger eller måneder. Det ved vi gennem et registreret og studeret brug på bl.a. fredede og bevaringsværdige bygninger gennem de sidste 50 år og et observerbart brug på den samme type bygninger over mindst 200 år.

Blyhvidt
De giftige blyholdige pigmenter til malinger bruges som nævnt ikke mere, men takket være deres formidable holdbarhed har vi mange, mange kvadratmetre, hvor der sidder gamle malingslag med blyhvidt. Det frarådes for det første overhovedet at fjerne disse malingslag, hvis ikke dette er absolut nødvendigt af tekniske grunde, d.v.s. hvis malingslaget direkte har løsnet sig fra bunden. *Er* malingslaget meget løst, frarådes det for det andet at benytte en varmluftspistol til fjernelse af malingen indendørs samt også almindelig afslibning med sandpapir, maskinelt eller i hånden. I stedet kan den gamle maling fjernes ved en afskrabning med en hårdmetalskraber *uden varme,* men hvor det gamle malingslag forinden er blødgjort med linolie. Derved undgår man helt at det blyholdige, giftige slibestøv, flyver rundt i rummet. Linolien gavner samtidigt træet. For det tredje skal man kun fjerne den absolut løse maling. Fastsiddende lag bibeholdes uden afskrabning.





Den såkaldte 'mosfarve', fremstillet af 'islandsk mos', som man malede gamle pudsede lofter med før i tiden, er i virkeligheden en limfarve produceret på et afkog af en tangplante, der findes i Irland, kaldt 'carrageen moss' og med kridt som farvestof/pigment. Den fuldstændigt poreåbne overflade gavner indeklimaet i rummene.
I dag kan man stadigvæk både købe færdigfremstillet mosfarve - og både koge og blande den selv. Her ses kogning af carrageen-tang til lim i en gryde, hvorefter det okkergule pigment (i højre hånd) røres i, og limfarven er klar. Til lofter bruges dog kridtpulver som pigment.

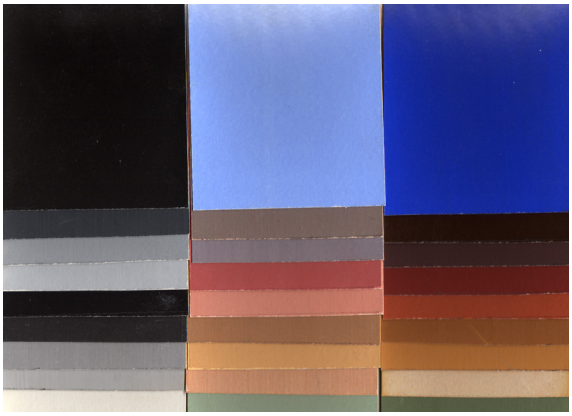
Nye byggematerialer
Mange nye byggematerialer indeholder beviseligt skadelige stoffer, som afgasser i en periode, efter at de er anvendt i boligen. Det gælder ikke mindst malinger og overfladebehandlinger. Også moderne lak- og malingsfjernere kan indeholde sundhedsskadelige stoffer, eksempelvis klorforbindelser eller organiske opløsningsmidler, som afgasser under arbejdet. Disse produkter har derfor ofte et højt MAL-kodenummer, hvilket betyder, at det afgiver usunde dampe til arbejdsmiljøet.

Det er ikke ualmindeligt at tilsætte fungicider til plastikmaling, der skal anvendes udendørs, for at mindske mug og skimmel på overfladerne. Det siger sig selv, at malinger med fungicider iblandet ikke bør anvendes indendørs. Fungicidindholdet vil fremgå af malingens datablad og etiket.

Der bør ikke anvendes syrehærdende lak til f.eks. gulve og møbler. Syrehærdende lak kan indeholde formaldehyd, som kan give allergi-gener og være kræftfremkaldende i koncentrerede doser.

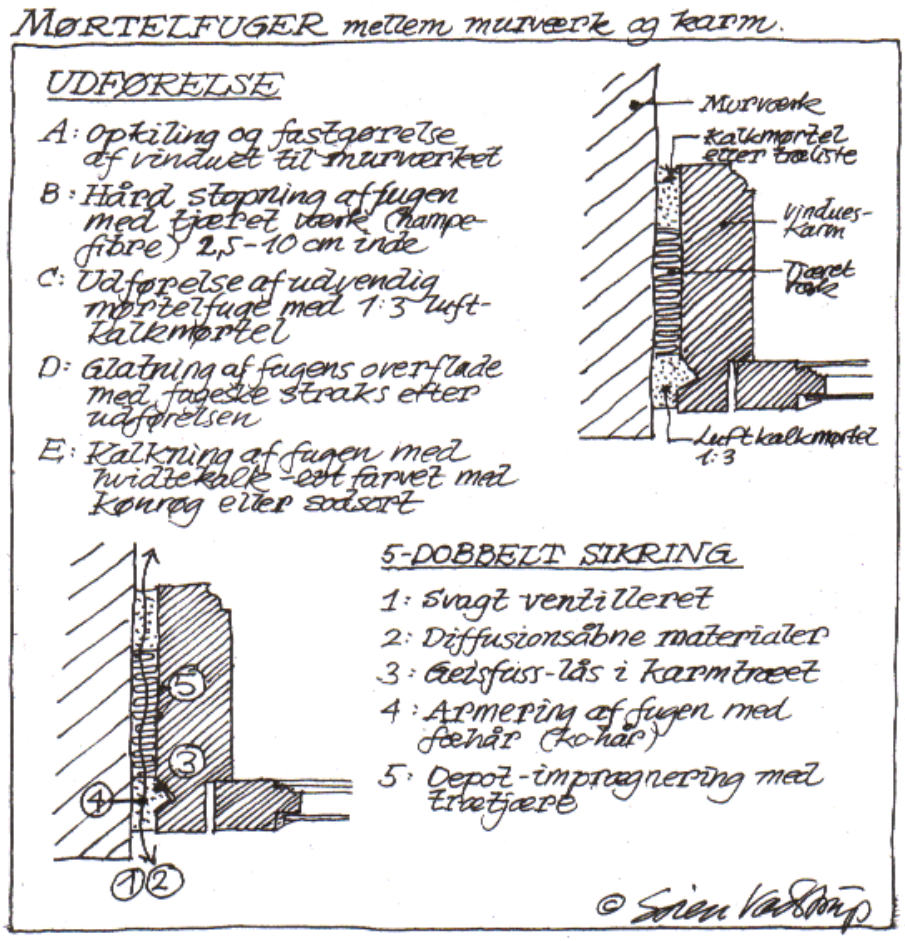
Selv om det samlede areal af fuger sjældent udgør mere end 1% af den samlede overflade i en bolig, kan moderne plast- eller gummi-fugematerialer alligevel være den dominerende årsag til en forringet luftkvalitet. Fugemasserne indeholder mange forskellige stoffer og kan have en lang afgasningstid. Gummifugemasser bør helt undgås ved energiforbedrings-projekter på ældre huse.

Plast og blødgørere
Plastprodukter indeholder blødgørere (phthalater), som kan forurene indeluften. Nyere undersøgelser viser, at blødgørere øger risikoen for udvikling af allergiske luftvejslidelser (astma og bronkitis), især hos småbørn. Blødgørere tilsættes PVC for at gøre det blødt og findes





Limfarver fremstilles ved at blande en vandig lim, f.eks. en kaseinlim bestående af varmt vand, tørkasein og hjortetaksalt, og røre mineralske pigmenter i, f.eks. i de klassiske jordfarver, som vist her. Farverne er smukke, og limfarverne er helt poreåbne i overfladen, så fugten ikke lægger sig på overfladen, som ved plastikmaling. Læs om, hvordan man kan blande sin limfarve selv, med en smuk, lysbrydende tekstur så den både er uafsmittelig og kan vaskes – på www.bygningsbevaring.dk.



'Gammeldags' mørtelfuger ved fugning af vinduer, døre m.v. er en uhyre gennemtænkt løsning på tætningsproblemerne her – som det fremgår af tegningen. Gummifugemasser er alt for tætte, afgiver for visses vedkommende meget giftige 'dampe', og de er heller ikke nær så pæne som mørtelfugerne, der eksempelvis kan kalkes hvide.

i mange byggematerialer og boligprodukter. Vinylgulve- og vægge er f.eks. fremstillet af blødgjort PVC. Men PVC benyttes også til el-kabler, køleskabslister, badeforhæng, legetøj, regntøj og vandsenge.

Blødgørerne bindes til støv og overflader. Dette gælder også ældre gulve af vinyl, da blødgørere afgives i samme mængde gennem mange år. Generelt bør PVC derfor fravælges, og andre materialer benyttes. Eksempelvis kan der anvendes keramiske fliser og klinker i badeværelset og træ og linoleum til gulv i køkkenet.

Gummifugemasser

Hvis man har fuget sine vinduer, døre eller tætnet andre områder i huset med gummifugemasse, er der risiko for, at man har tilført huset, og dermed indeklimaet i dette, én af de ti mest farlige miljøgifte i verden. Ifølge en række prøver fra københavnske bygninger er der høje koncentrationer af giftstoffet Polychloreret Biphenyl (PCB) i de gummifugemasser, der var meget populære til fugning af vinduer og døre i 1950'erne, 1960'erne og 1970'erne.

På baggrund af udtagne prøver i københavnske bygninger har SBi anslået, at der er PCB i otte ud af ti danske bygninger fra denne periode – samt ældre bygninger, der har fået skiftet deres gamle mørtelfuger ud med gummifuger, f.eks. ved en vinduesudskiftning.

PCB er som nævnt et meget farligt stof. Det kan bl.a. medføre kræft, være hormonforstyrrende, svække immunforsvaret, give udviklingsforstyrrelser hos børn og nedsætte forplantningsevnen hos voksne.

PCB sidder hovedsagligt udvendigt på huset, men det kan ikke udelukkes, at det også kan sidde indvendigt. PCB kan også sidde i forseglingslimen i termoruder fra 1967-1973. Limen sidder på kanten mellem de to ruder for at sikre rudens tæthed.

Man kan ikke selv afgøre, om der er PCB i en gummifugemasse, og hvor høj koncentrationen er. Kun ved at sende en prøve til et laboratorium kan dette konstateres. Men for gummifugemasser fra den nævnte periode er der meget stor sandsynlighed for, at de indeholder PBC.

Det skal derfor anbefales, at man på alle murede huse, ældre end 1960, fjerner nyere gummifugemasser og erstatter disse med mørtelfuger, som oprindeligt. Dels af sundhedsmæssige grunde – dels af hensyn til vinduernes holdbarhed. Gummifugemasserne er også for tætte og

medfører derfor råd i karmtræet i vinduerne fra den fugt, der kommer gennem murværket.

Man bør ikke selv fjerne de gamle fugemasser eller termoruder, men hyre håndværkere, der har specialiseret sig i dette og som også har de nødvendige værnemidler, bl.a. handsker og åndedrætsværn, afdækning til området under vinduet, aftale om aflevering af fugerne som farligt affald, til dette.

Miljøstyrelsen anbefaler på sin hjemmeside, at man ved huse med gummifuger med risiko for PCB-indhold, skal:

- Undgå kontakt med huden - fuger kan afdækkes med en liste eller tape for at begrænse kontaktmulighederne
- Intensivere rengøring i rummet, særligt støvsugning og aftørring anbefales
- Forøge ventilationen af rummet eller sørg for udluftning ved åbne vinduer (kan iflg. tyske myndigheder give en reduktion af PCB i rummet på op til 20%)
- Undgå at fugerne omkring fx vinduer bliver varmet op. Fugerne afgiver mere PCB ved højere temperaturer. En sænkning af temperaturen i rummet vil derfor givetvis være en god foranstaltning.

Se: *http://mst.dk/borger/kemikalier-i-hverdagen/*

I Sverige er PCB blevet fjernet fra en lang række bygninger, og en ny skærpet handlingsplan for at få de resterende 300 tons gummifugemasse og termoruder væk er sat i værk.

Det skal bemærkes, at SBI-Anvisning 177 Facadefuger Udformning og materialer fra 1993 kun kan benyttes til nybyggerier. Denne nævner i øvrigt ikke de ovennævnte forhold vedr. PCB.

Til vedligeholdelse, istandsættelse og udførelse af nye fuger ved vinduer, døre og alt andet på fredede og bevaringsværdige bygninger – i praksis alle bygninger, ældre end 1960 – anbefaler både Slots- og Kulturstyrelsen, den nærværende Vejledning fra Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, Center for Bygningsbevaring, Bolius m.fl. rene mørtelfuger samt stopning med tjæret værk, ikke gummifugemasser.

Miljømærkning af materialer
Der findes en række miljømærkninger, som viser, hvilke produkter der er mest skånsomme for miljøet.

Indeklimamærket er en frivillig mærkningsordning for producenter af byggevarer, inventar og møbler.



Indeklimamærket bruges som dokumentation for produkters påvirkning af indeklimaet med hensyn til afgivelse af lugtstoffer, irritanter og partikler.
Indeklimamærket administreres af Teknologisk Institut.

Svanemærket er Nordisk Ministerråds mærke og anvendes fortrinsvis i Danmark. Svanemærket er en frivillig ordning, hvor producenten betaler et gebyr for retten til at bruge mærket.

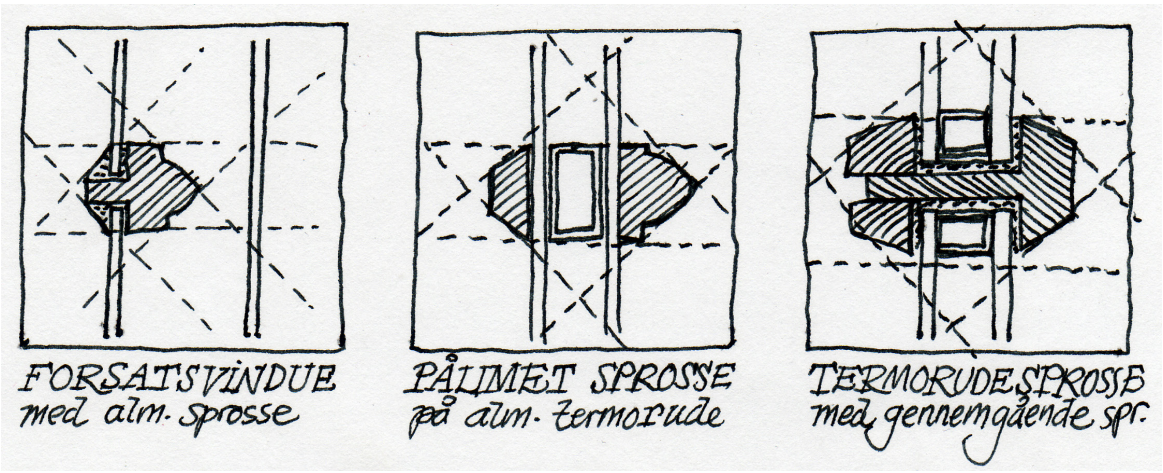
Blomsten er EU's miljømærke. Produkter, som får mærket Blomsten, er – ligesom Svanemærkede produkter – de *mest* miljøvenlige i en bestemt kategori.

Kriterierne for, hvilke produkter der kan få Blomsten, udarbejdes i et samarbejde mellem EU's medlemslande og repræsentanter fra industri, handel samt miljø- og forbrugerorganisationer. Mærket findes i Danmark bl.a. på tekstiler og maling.

Konklusion
I forbindelse med et energiforbedringsprojekt på et ældre hus skal man fortrinsvis vælge de klassiske byggematerialer og ikke begynde at eksperimentere med nye og ikke tilstrækkeligt gennemprøvede eller gennemtestede materialer. Gummifugemasser ved vinduer udtages og erstattes af traditionelle mørtelfuger, og eventuelle termovinduer fra perioden 1976 – 1973 erstattes af koblede vinduer af kernetræ med energiglas, der i øvrigt holder meget længe og også isolerer langt bedre.

6.7 Dagslysforhold

Dagslyset påvirker i høj grad vores velbefindende – herunder også vores psyke, humør og vores generelle sundhedstilstand. Derfor er ældre huse altid rigeligt forsynet med dags-



Falske pålimede sprosser på termoruder tager lys – cirka dobbelt så meget, på skrå, som de gamle, tynde sprosser. De massive termosprosser fylder 5 cm på skrå, der jo er den normale retning for sollyset i vinduer.

lys i beboelses- og arbejdsrum. Det er vigtigt, at dette ikke formindskes – og hvis dette ikke er muligt – formindskes mindst muligt, når husets vinduer bliver energiforbedret. Jo større glasarealet i vinduet er, jo mere dagslys kommer der ind i rummet. Derfor er originale vinduessprosser meget spinkle. Både de dobbelt så kraftige ægte 'termosprosser' og de synsmæssigt tyndere, pålimede 'snydesprosser' tager dobbelt så meget dagslys som de oprindelige, ægte sprosser med enkeltglas sat i kitfals.



Når man skifter de gamle 'frederiksbergvinduer' ud med nye termovinduer, reduceres dagslysarealet næsten altid markant og dermed den sublime dagslyskvalitet, der er et af dette vindues kendemærker. Husejerne, rådgiverne og vinduesproducenterne til sammen har åbenbart ikke forstået, at egenskaberne og formålet med disse vinduer er at skabe det bedst mulige dagslys i rummene, bl.a. gennem den store, faste midterrude.

Sollyset kommer jo kun vinkelret ind på vinduet i ganske kort tid på dagen. Resten af tiden kommer sollyset på skrå, hvor de pålimede sprosser fylder 4 cm i stedet for de 2,5 cm, de syner udefra. Det giver en synlig forskel på lysmængden i rummet – plus at udsynet fra rummet jo heller ikke altid sker vinkelret ud fra vinduet, men tit på skrå.

Også nye termovinduer uden sprosser til ældre huse, såkaldte 'Dannebrogsvinduer' eller de ovenfor nævnte trefags 'Frederiksbergvinduer', tager omkring 5 % mere dagslys end de gamle vinduer. Bl.a. fordi de forsynes med kraftigere fuger ud mod murfalsen, hvor de gamle vinduer var muret direkte ind, og fordi vinduesrammerne er kraftigere og ofte også bredere end de gamle.

For forsatsvinduer gælder det samme, at de tit tager en del dagslys, men de kan som ovenfor nævnt udformes, så dette enten ikke forekommer eller bliver ganske lidt. Derudover kan forsatsrammerne tages af om sommeren for at få det maksimale dagslys her.

Det indirekte lys, der opstår, når dagslyset og sollyset rammer vinduets sideflader, har stor betydning for lyskvaliteten i rummet. De profileringer, der er trukket på kanterne af rammer, karme, lod- og tværpost på ældre vinduer, og som ofte er malet hvide, kaster lyset ind i rummet og spreder samtidigt dette, så lyset breder sig ud på en smuk måde og samtidigt ikke skaber 'blændinger' i øjnene. Når man kikker ud af store, sprosseløse vinduer i almindeligt sollys, åbner øjnenes pupiller sig maksimalt. Så når man lige efter vender blikket ind i rummet, opstår der en blændings-effekt, så man et øjeblik ikke kan se noget i rummet. Dette sker ikke ved opsprossede vinduer.

Forsatsvinduer kan også forsynes med profileringer, der ligeledes spreder det sollys ind i rummet, der rammer profileringerne.



Historicismens ofte forekommende halve, sekskantede karnapper, der skyder sig ud i facaden, er også bevidst dagslysskabende elementer i boligerne. De bader rummet i lys, og helt ude i karnappen er det nærmest som at være udenfor – uden at blive generet af trafiklarm og træk, som på de moderne altaner. Foto: Stine Rosenborg

Det mest anvendte termovindue til de mange vinduesudskiftninger, der finder sted i disse år, er en to-lags rude med luftarten argon i mellemrummet og en lavemissionsbelægning på det inderste glas i termoruden. Luftarten argon isolerer bedre end den atmosfæriske luft, der findes i de 'gamle' termoruder, og belægningen på den inderste rude medfører, at den kortbølgede varmestråling fra husets opvarmning bremses indefra og ud, mens de langbølgede stråler fra sollyset passerer uhindret udefra og ind. Et problem ved en del energiruder er, at den energibesparende belægning farver lysindfaldet og forringer dermed dagslyskvaliteten i rummene. Det er dog ikke alle såkaldte 'lavenergiruder', der er lige farvende. Det samme problem har forsatsvinduer med hardcoated energiglas, der virker på samme måde som energiruderne rent energimæssigt, men her har man muligheden for at fjerne forsatsrammerne i 6 måneder om året for at få det 'uspolerede' dagslys ind.

Konklusion
I forbindelse med et energiforbedringsprojekt på et ældre hus skal man vælge vinduesløsninger, der mindsker dagslysforholdene mindst muligt. Her vil helt tilbagetrukne og overfalsede forsatsvinduer være at foretrække - eller forsatsvinduer med meget tynde rammeprofiler.

6.8 Lydisolering

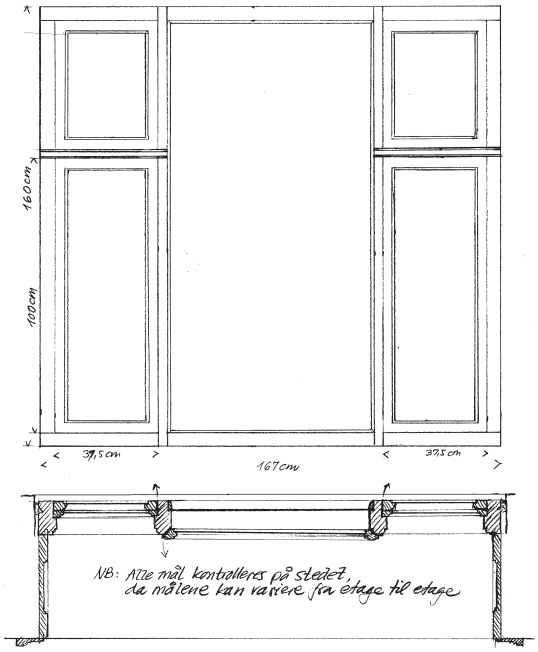
Stilhed i vores boliger, både nat og dag, er efterhånden en sjældenhed. Generende støj fra trafik, bremsende tog, fabrikker og nærliggende byggeprojekter over længere tid kan medføre stress, højt blodtryk, besvær med søvn, træthed, hovedpine, trykken eller susen for ørene, let svimmelhed og koncentrationsbesvær. Støj fra omgivelser eller naboer opleves derudover af mange mennesker som det mest generende indeklimaproblem, netop fordi dette, modsat lugt, fugt og formindsket dagslys, er svære at vænne sig til.
Bygningsreglementet er opdelt i lydkrav for henholdsvis etageejendomme og for række- og enfamiliehuse. Paradoksalt nok indeholder småhusreglementet skrappere krav til lydforholdene end etagehusreglementet. For ældre bygninger, opført før 1960, er tingene, som de er, men man kan i forbindelse med bl.a. energiforbedringer på huset samtidigt få gjort vinduerne mere støjdæmpende via indvendige forsatsvinduer.

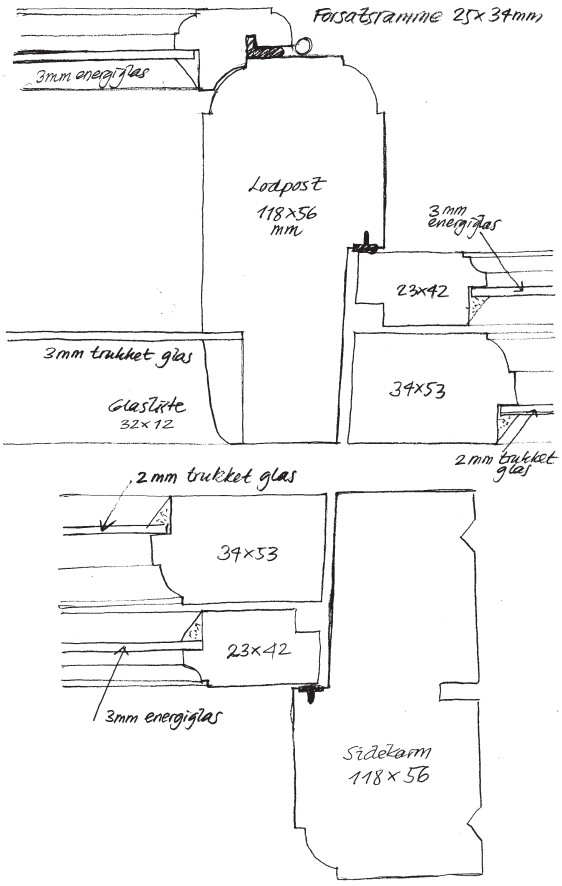
Derudover bør man altid bevare, forny eller genetablere de oprindelige lerindskud mellem bjælkerne i etageadskillelserne. Disse virker både overfor lufttæthed, som fugtbuffere, som brandhæmmende foranstaltninger og som lyddæmpere mellem etagerne, bl.a. gennem deres masse. Der findes i dag firmaer, der har specialiseret sig i materialer og metoder til etablering af lerindskud.

Vinduers støjdæmpende egenskaber
Center for Bygningsbevaring i Raadvad har i samarbejde med Energistyrelsen, Grundejernes Investeringsfond m.fl. samt DELTA, Dansk Elektronik, Lys & Akustik, foretaget en række 1:1 målinger af de trafik-støjdæmpende egenskaber ved vinduer af træ med koblede rammer eller forsatsvinduer. Selve undersøgelsen omfattede ikke de tilsvarende nye dannebrogsvinduer med termo- eller energiruder. Her er de lyddæmpende værdier oplyst af fabrikanterne.

Der blev samtidigt med lydmålingerne eksperimenteret med forskellige tætningssystemer på vinduesrammerne, da lufttætheden mellem rammer og karm viste sig ret afgørende for de lyddæmpende egenskaber. Et andet meget afgørende punkt er dels afstanden mellem de udvendige og de indvendige ruder, dels en forskellighed i tykkelsen af ruderne. Derfor viser lydmålingerne, at vinduer med forsatsrammer har en bedre lydisolering end koblede vinduer.

Hvad der er yderligere interessant er, at gamle vinduer af træ, forsynet med indvendige forsatsvinduer, også har bedre lydisolerende egenskaber end et nyt specialfremstillet lyd-termovindue, forsynet med særlige lydtermoruder (6- 16-4 eller 8-22-4). Dette skyldes den store afstand, der er mellem de udvendige rammer og de indvendige forsatsvinduer, hvorimod speciallydruderne kun har en ganske lille afstand mellem ruderne.
Forsøgene og målingerne viser som nævnt, at man opnår en bedre lydisolering, jo mere lufttæt det samlede vindue er. Det betyder, at det er en god idé at montere tætningslister på de udvendige rammer, både ved





Energiforbedring af 'Frederiksbergvinduet' uden at ændre på det udvendige udseende. Det sker med en indvendig forsatsramme på det store midtervindue og koblede rammer i sidevinduerne. Denne løsning har også bedre støjdæmpende egenskaber end tilsvarende termorude-løsninger, idet der dels er større afstand mellem glassene, dels at disse kan varieres i tykkelsen.

koblede vinduer og ved forsatsvinduer, hvis man ønsker bedre lyddæmpning på vinduerne. Normalt undgår man at montere tætningslister på de udvendige rammer for ikke at få kondensproblemer. Men selvom der skæres et 40 mm „hul" i tætningslisterne øverst og nederst (så der kan ventileres), sænkes lydisoleringen kun en smule.

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.

Der kan derfor opnås langt bedre støjisolering ved at montere forsatsrammer (med op til 8 mm glas) og montere tætningslister på 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 for at isætte nye special-lyd-vinduer – hverken af lyd-hensyn eller på grund af varmebesparelsen, da lydruderne også har meget ringe varmeisolerings-egenskaber.

Bygningsreglementet

Ifølge Bygningsreglementet skal der ved støj fra veje og

Vinduestype	Dæmpning dB
Et almindeligt enkeltglas-vindue med tætningsliste	ca. 22-28 dB
Et dannebrogsvindue med normal termorude	ca30-34 dB
Et dannebrogsvindue med (6-16-4) særlig lyd-termorude	ca. 38-40 dB
Koblet vindue (3 mm – 27 mm – 4 mm)	ca. 28 dB
Koblet vindue (3 mm – 27 mm – 4 mm) med tætning af de udv. rammer	ca. 35 dB
Eksist. vindue med forsatsrammer (3 mm - 131 mm – 4 mm)	ca. 37 dB
Eksist. vindue med forsatsrammer med tætning af de udv. rammer	ca. 42 dB
Eksist. vindue med forsatsrammer (3 mm - 127 mm – 8 mm)	ca. 41 dB
Eksist. vindue med forsatsrammer (3 mm - 127 mm – 8 mm), tætnet	ca. 45 dB
Eksist. vindue med forsatsrammer (3 mm - 114 mm – (4-9-4 mm krypton)	ca. 40 dB
Eksist. vindue med forsatsrammer med energiruder – tætnet udv. rammer	ca. 45 dB
Eksist. vindue med forsats med lamineret lydrude (3 mm - 127 mm – 44,2 mm) og tætning af de udvendige rammer	ca. 46 dB

Tabel over de målte lydisolerende egenskaber ved forskellige vinduestyper, angivet som det vægtede reduktionstal Rw (dB). Den bedste lyddæmpning opnås med de højeste dB-værdier i tabellen.

jernbaner over 55 dB lydisoleres, så støjniveauet indendørs ikke overstiger 30 dB.

Frisk luft uden støj
Ved etageejendomme eller andre huse, der ligger lige ud til støjende gader eller et andet støjende objekt, ligger der et særligt problem i at tilføre frisk luft til rummene uden at øge støjgenerne. Bygningsreglementet kræver, at der skal monteres friskluftventiler i facaden eller vinduet – minimum en ventil med et friareal på 30 cm² pr. opholdsrum. De traditionelle friskluftventiler i vinduesrammerne er imidlertid ikke tilstrækkelig lyddæmpende. I stedet bruges ofte lydisolerede murventiler. Både murventilens udvendige rist og den regulerbare indvendige ventil er synsmæssigt dominerende og kan skæmme en i øvrigt pæn facade eller væg. Friskluftindtaget kan alternativt ske bag radiatoren med en speciel lukket friskluftsventil, eller der kan udføres et ventilationsanlæg med mekanisk udsugning og indblæsning af forvarmet friskluft via en modstrømsvarmeveksler.

Konklusion
I forbindelse med et energiforbedringsprojekt på ældre huse skal man, for at dæmpe lyden fra støjende gader eller virksomheder, vælge vinduesløsninger med forsatsvinduer med lydruder, frem for udskiftning af vinduerne med nye, specialfremstillede lyd-termovinduer, der præsterer en markant ringere støjdæmpning. Det er også vigtigt at bibeholde eller forny det tunge lerindskudslag, der findes i etageadskillelserne i ældre huse, da disse dæmper lydgennemgangen, især de dybe toner og fodtrin.

6.9 Brugeradfærd

Ovennævnte seks indeklimaforhold:
- Rumtemperatur, herunder undgåelse af kuldenedfald fra bl.a. vinduer
- Fugtforhold, bl.a. undgåelse af kondensering af fugt på kolde flader
- Problemer med mug og skimmelsvampe, som ofte som følge af netop dette.
- Sunde materialer i huset
- Dagslysforhold i opholdsrummene
- Lydisolering – af specielt vinduer

er noget, man skal være opmærksom på generelt, når man ejer, beboer eller arbejder i ældre bygninger, ja faktisk alle bygninger. Men specielt i forbindelse med energiforbedring af ældre bygninger er der erfaringsmæssigt mange muligheder for at forværre indeklimaet i huset gennem de indgreb, man foretager, materialemæssigt og konstruktionsmæssigt.

De forslag til energiforbedringer, der er nævnt i denne publikation, medfører erfaringsmæssigt ingen materialemæssige



Indeklimaproblemer i en bygning kan også komme udefra. Her ses et slemt eksempel på opfugtet facademurværk på grund af opadstigende grundfugt og medfølgende salte. Saltene ødelægger murværk og puds, som det ses, men de holder også murværket, og dermed indeklimaet konstant fugtigt. Man bør ilægge en vandret fugtmembran og pudse med en ny puds og kalke, der tillader fugten at trækker ud til overfladen.

og konstruktionsmæssige indeklimaproblemer. Men det skal alligevel nævnes, hvori de ofte forekommende problemer opstår, så man kan vise ekstra omhu for at undgå disse:

1. Man skal undlade at ændre materialer og konstruktioner i huset, der har betydning for at godt indeklima. F.eks. fjerne vægge med kalkpuds og erstatte disse med spånplader eller gipsplader, fjerne lerindskud, fjerne skorstenspiber, overmale porøse overflader med en tæt maling, udskifte til nye vinduer, der giver mindre dagslys end de gamle.

2. Man skal undgå at indføre materialer, der afgiver ukendte kemikalier til indeklimaet, f.eks. gummifugemasser, spånplader, plastikmaling. Hvis disse omvendt findes i huset, herunder også såkaldt 'bløde plader' (celotex-plader), plastikmalet glasfibervæv, acryltaper m.v., bør dette fjernes af hensyn til indeklimaet.

3. Man skal undgå at tilføre eller opbygge konstruktioner, der danner kondens eller fugtophobning. F.eks. træ-alu-vinduer, utætte, indvendige plastikdampspærrer, stålregler i indvendige efterisolerings-konstruktioner

Hvad kan man selv gøre:
- Sørge for at husets tag, tagrender og inddækninger er helt tætte, så murværk og vægge ikke fugtes unødigt op.
- Lufte ud hver dag i 5 minutter – eller gerne flere gange om dagen



Luft effektivt ud – bl.a. i soveværelset, men om vinteren i maksimum 5 minutter. Og luk samtidigt for varmen. Hvis udluftningen sker for længe i koldt vejr, skaber man en iskold zone i lejligheden, der kan øge energiforbruget og skabe kondens i selve rummet og resten af lejligheden. *Foto: Stine Rosenberg Nielsen*

- Evt. holde øje med den konkrete relative luftfugtighed i rummet gennem målinger
- Gøre rent, støvsuge, banke tæpper, ryste og lufte dyner osv.
- Vaske særligt udsatte steder med Klorin eller Rodalon
- Begrænse produktion af vanddamp i hjemmet. Sluk hurtigt for kogende vand.

Ved daglig udluftning, naturlig ventilation gennem eksempelvis en skorsten, ingen tøjtørring og god rengøring - er der ingen særlig risiko for vækst af skimmelsvampe. Og så er man jo ofte i den heldige situation, at rummene i gamle huse næsten altid er pudset med kalkpuds på vægge og lofter, idet denne puds er god til at regulere fugtforholdene og dermed indeklimaet i huset. Det er imidlertid vigtigt, at pudsen ikke plastikmales, males med loftalkyd eller beklædes med glasfibervæv eller acryltapeter.

I badeværelser er det især vigtigt med porøse materialer som kalkpuds og kalkede overflader, eksempelvis i loftet og over 'flisehøjde'. En ventilationsskakt ført lodret op over taget giver en god udluftning. Undgå også plastikmaling i soveværelser, men brug limfarve eller temperafarver, der er helt åbne og porøse. Disse overflader optager og regulerer naturligt fugten i rummet - og afgiver den langsomt igen, når rummet ventileres, eller når solen skinner på væggen.

7 Isoleringsmaterialer og isoleringsmetoder

7.1 Generelt om isoleringsmaterialer til bygninger

De særlige problemer for energiforbedring af fredede og bevaringsværdige bygninger er, at efterisolering kan forringe eller ødelægge husets bevaringsværdier. F.eks. udvendig isolering af dekorerede facader, indvendig isolering hvor rummene har stuk eller vægdekorationer, isolering oven på tagkonstruktionen osv.

Efterisolering kan derudover have stor indflydelse på andre tekniske forhold i huset end varmetabet, bl.a. fugt, skimmel, dagslys, lyd, brand og bæreevne. Korrekt udført efterisolering vil kunne medvirke til at fjerne skimmelvækst, hvis kuldebroerne bliver minimeret, mens uhensigtsmæssig udførelse kan forværre problemet.

Der skal derudover lægges særlig vægt på, at alle beskrevne løsninger er forsvarlige i fugtmæssig henseende, samtidig med at løsningerne er enkle at udføre, så risikoen for fejl minimeres. Derfor videregives der også indledningsvis en række generelle erfaringer med at anvende de forskellige isoleringsmaterialer.

Det er vigtigt, at isoleringsmaterialerne ikke kan brænde, eller hvis de kan det, at de kun anvendes i 'indkapslede' konstruktioner med mineralske materialer, f.eks. under et støbt betongulv.

I denne oversigt beskrives isoleringsmaterialernes miljømæssige forhold ikke nærmere, da vi mangler helt uvildige redskaber og data til at sammenligne disse forhold. Derimod er de arbejdsmiljømæssige forhold ved materialerne velbelyste.

Sammenfattende for de følgende isoleringsmaterialer til bygninger er, at de enten indeholder stillestående atmosfærisk luft, eller at de er i stand til at holde atmosfærisk luft stillestående i hulrum. Forskellige materialer, fra stenuld, glasuld, papiruld til polyester eller hule teglklinker, skaber små hulrum, hvor den atmosfæriske luft står stille.

Ud over at holde på stillestående luft er det vigtigt, at isoleringsmaterialet ikke holder på fugten, men slipper denne videre og lader sig ventilere. Endvidere må isoleringsmaterialet ikke kunne rådne. En særlig problematik ligger der i at holde mus og andre dyr ude af isoleringen. Gennemgangens tekniske oplysninger bygger hovedsagelig på producenternes egne produktblade samt varmeisoleringsforeningen vif's materiale.

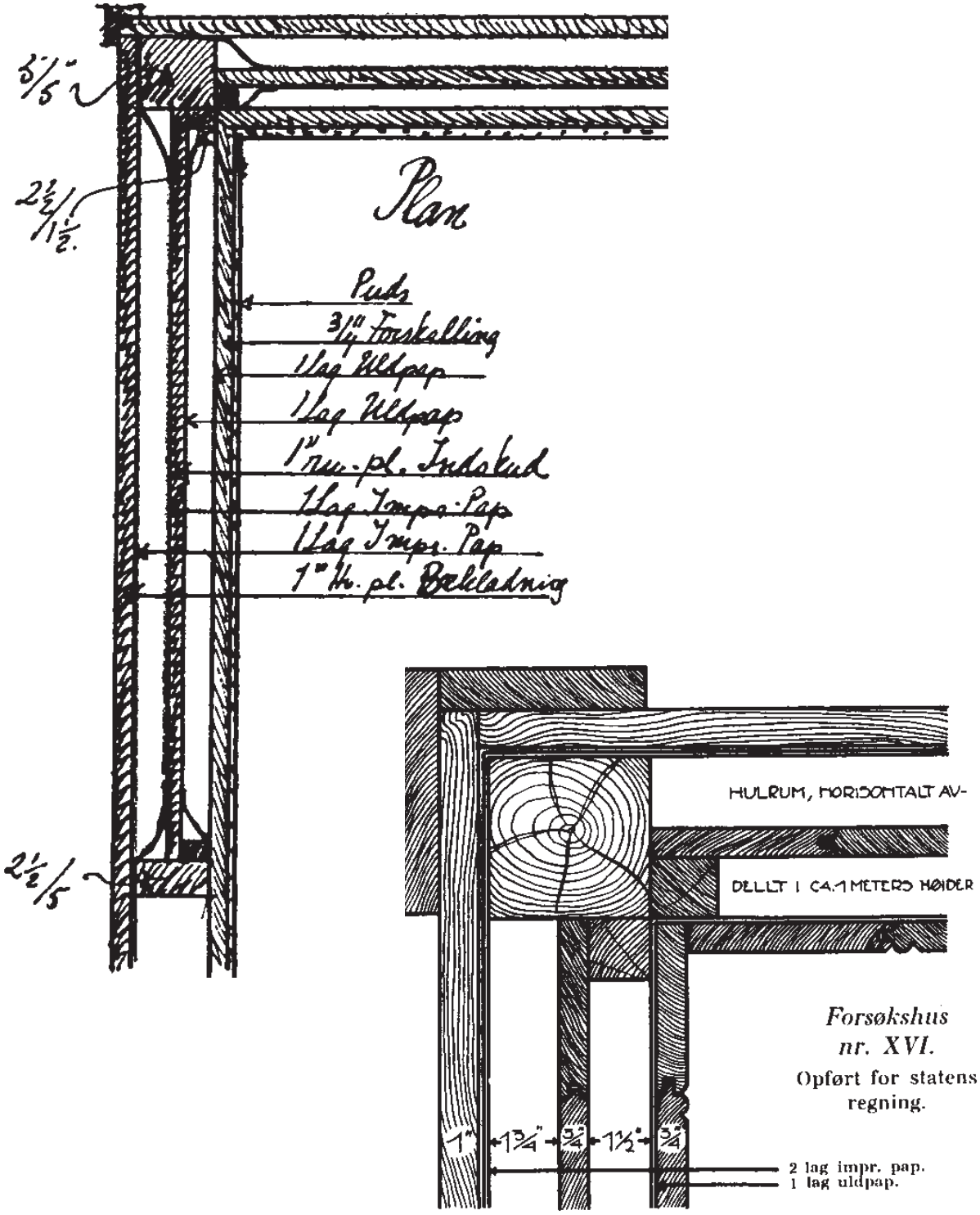


I langt de fleste isoleringsmaterialer til bygninger er det egentlige 'isoleringsmateriale' stillestående luft. Man bruger blot mange forskellige materialer til at sørge for, at luften står stille i materialet: Mineraluld, papiruld, hørfibre, træfibre, porebeton, polystyren. Derfor har disse isoleringsmaterialer næsten samme isoleringsevne, den såkaldte Lambdaværdi (λ) på 0,040 W/mK, nogle lidt dårligere, fordi selve 'holdematerialet' leder varmen, og nogle lidt bedre. Det gælder også helt 'primitive', men naturlige isoleringsmaterialer som tagrør (stråtage), fåreuld, høvlspåner eller lyng og tang.

Der sker en ret stor udvikling indenfor bygningsisoleringsområdet i disse år. Så oversigten i denne publikation bliver formentlig snart overhalet af nye og avancerede produkter.

På gamle bygninger er levetiderne for isoleringsmaterialerne også et vigtigt parameter, bl.a. fordi husene har holdt meget længe og fortsat også skal holde meget længe – gerne 100-200 år. Derfor bør man interessere sig for isoleringsmaterialernes holdbarhed og levetider, bl.a. ud fra praktiske og konkrete erfaringer, hvilket i sagens natur kan være svært med så mange nye materialer.

Her kommer et isoleringsmateriale som kork ind som et yderst interessant materiale, som vi i hvert fald har kendt indenfor bygningsisolering i snart 100 år – plus at kork er ubrændbart, fornybart, genanvendeligt og 'naturligt'. Af andre isoleringsmaterialer som høvlspåner, fåreuld eller lyng og tang, som vi finder i ældre bygninger, kan tang måske også komme på banen igen, da det er ubrændbart, fornybart og 'naturligt'.



Professor Andreas Bugge ved Trondheims Arkitektskole i Norge gennemførte i starten af 1920'erne en række fuldskalaforsøg med forskellige konstruktioners og materialers varmeisolerende egenskaber. I 'Forsøkshus nr XVI' (t.h.) forsøgte man sig med en opbygning i træ og tagpap, så de dannede to adskilte rum, hvor den atmosfæriske luft stod stille, fordi rummene var gjort helt tætte med pap. Forsøgene inspirerede den dansk-norske arkitekt Edvard Heiberg til at bygge sit eget hus på I.H. Mundtsvej 16 i Virum med denne konstruktion i 1924 (t.v.). Systemet virker faktisk, men kun i trækonstruktioner. Tilsvarende lukkede, luftfyldte hulrum i hulmur, danner en 'skorstenseffekt' mellem den kolde ydermur og den varme indermur, der kræver et materiale til at holde luften stille. (Efter Torben Dahl og Ola Wedebrunn: Modernismens bygninger. Anvendt teknologi, 1999).

7.2 Gennemgang af 23 forskellige isoleringsmaterialer

Oversigt
Alfabetisk, efter produktnavn

7.3 Uorganiske isoleringsmåtter og granulat

1. Glasuld *(www.isover.dk)*
2. Mineraluld *(www.rockwool.dk)*

7.4 Organiske isoleringsmåtter og granulat

1. Høruld *(www.energitjenesten.dk/alternative-isoleringsmaterialer.html) (www.alternativisolering.dk); (www.fibre-tech.dk/DK/produkter.htm) (www.isolina.com)*
2. Papiruld *(www.papiruld.dk; https://www.energitjenesten.dk/alternative-isoleringsmaterialer.html)*
3. Træfibre/cellulose *(www.thermocell.dk*)

7.5 Lette, faste plader eller kugler

1. Foamglas *(www.foamglas.dk)*
2. Polystyren *(https://plast.dk/det-store-plastleksikon/)*

7.6 Tungere plader eller kugler

1. Gasbeton *(www.hplush.dk/produkter)*
2. Hempcrete/Hemplime *(www.hempcrete.ca) (http://www.hemp-technologies.com/resources/BuildingMaterials/HempCrete/ip14_11-BRE.pdf)*
3. *Kork (www.eurotag.dk),* (www.amorimisolamentos.com), (www.korkbyg.dk/kork-til-byggeri)
4. Leca *(www.leca.dk)*
5. *MicroTherm (www.bhbr.dk/pdf/dk_microtherm.pdf)*
6. Perlite *(www.perlite.dk)*
7. Calsitherm Indeklimaplade *(www.byggros.com)*
8. Teglblokke *www.wienerberger.dk) ; www.scanoton.dk)* m.fl.
9. Ytong Multipor *(www.ytong.dk) (http://nordisknhl.dk/naturlige-kalkprodukter/isopore-isoleringssystem/)*

7.7 De nye og meget effektive isoleringsmaterialer

med en λ-værdi på 0,015-0,23 W/mK

1. Aspen Aerogel *(www.aerogel.com); (www.skalflex.dk)*
2. Aerowool *(www.rockwool.dk)*
3. Kingspan/Kooltherm: *(www.kingspan.dk)*
4. PIR *(https://plast.dk/det-store-plastleksikon/)*
5. PUR *(https://plast.dk/det-store-plastleksikon/)*
6. SPU *(https://plast.dk/det-store-plastleksikon/)*

7.8 Reflekterende tynde måtter

1. Airflex *www.gegreenenergi.dk/produkter/airflex/*

ISOLERINGSMATERIALER
og deres anvendelser

Isoleringsmaterialer til udvendig isolering af murede huse
(* NB kun efter analyse og værdisætning, der tillader dette uden at forringe husets arkitektur)

	λ
Rockwool	0.032 – 0,043 W/mK
Isover	0.032 - 0,043 W/mK
Foamglas	0.038 - 0,050 W/mK

Isoleringsmaterialer til hulmursisolering (granulater)

	λ
Polystyren	0,034 – 0,041 W/mK (EPS)
Kork	0,040 W/mK (granulat)
Perlite	0,042 W/mK

Isoleringsmaterialer (hårde) til indvendig efterisolering af murværk
Fortrinsvis kældre eller massive ydervægsmure af mursten, evt. kun mellem vinduerne ved brystningsisolering.
– sat direkte på muren, uden indvendig dampspærre. Evt. med lerpuds som 'binder'.
Pudses med kalkmørtel og overfladebehandles med en poreåben limfarve.

	λ
Ytong Multipor	0,042 W/mK
Glapor	0,060 W/mK
Calsitherm	0,062 W/mK (Indeklimaplade)
Microtherm	0,065 W/mK (indeklimaplade)
Perlite-puds	0,065 W/mK
Gasbeton	0,085 – 0,90 W/mK

Isoleringsmaterialer til indvendig isolering af murede huse. Fortrinsvis under vinduesbrystning
÷ indvendig dampspærre - men med et udvendigt ventileret hulrum

	λ
Hør	0,038 W/mK
Cellulosefibre	0,038 W/mK
Papiruld	0,040 W/mK
Perlite	0,042 W/mK
Kork	0,040 W/mK
Microtherm	0,065 W/mK
Hemplime	0,070 – 0,090 W/mK

Højisolerende isoleringsmaterialer til indvendig isolering
Fortrinsvis under vinduesbrystning
÷ indvendig dampspærre - men med et udvendigt ventileret hulrum.
Klasse-1-beklædt med brædder, rørvæv og puds.

	λ
Kingspan	0,021 W/mK
KoolTherm	0,021 W/mK
PUR	0,022 – 0,026 W/mK
Thermisol	0,023 W/mK
SPU	o,023 W/mK
IQ-Therm	0,031 W/mK
Aerowool	0,019 W/mK
Aspen Aerogel	0,014 – 0,018 W/mK

Ref: produktoversigt fra Varmeisoleringsforeningen VIF:
http://www.vif-isolering.dk/upload/produktoversigten.pdf
Videncenter for Energibesparelser i bygninger: Produktguide:
http://bdb.dk/wp-content/uploads/2013/05/Valg-af-isoleringsmaterialer.pdf

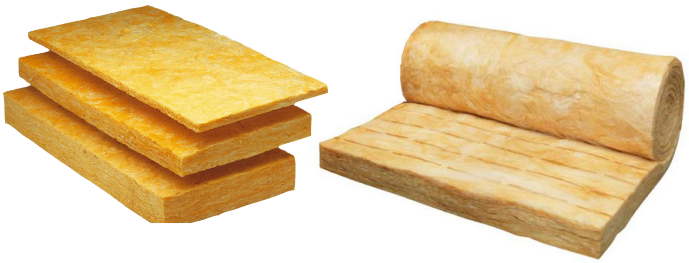
7.3 Uorganiske isoleringsmåtter og granulat

1. Glasuld

Fremstilling
Glasuld fremstilles af de samme materialer som glas, sand (kvarts), kalk og soda, der opvarmes til 1300 °C. Man kan dog også bruge gammelt genbrugsglas. I dag udgør dette 75% af råmaterialerne. De ultratynde fibre af glas trækkes ud af den smeltede glasmasse ligesom 'candyfloss'. Både Rockwool og Glasuld er udviklet i Danmark efter 2. Verdenskrig.

Isoleringsevne
Lamda-værdi: 0,032 – 0,043 W/mK

Fordele
Glasuld er lettere end mineraluld og kan komprimeres meget under transport.
Der findes mange forskellige produkter, der kan anvendes til stort set alle isoleringsopgaver i gulve, vægge, lofter og tage.
Glasuld er ubrændbart, men ikke så brandsikkert som stenuld, idet den falder sammen ved 640 °C.
Glasuld tilsættes mineralolie for at være vandafvisende og for at binde støv. Støvgenerne og fugtproblemerne er dog ikke optimale.



Ulemper
Der kræves meget energi til fremstillingen, og derudover er bortskaffelsen besværlig, fordi glasuld er unedbrydeligt i naturen. Også arbejdsmiljøproblemer med støv og skarpe fibre. Der skal bæres sikkerhedsdragt med handsker og støvmaske, når man arbejder med glasuld.
Glasuld holder meget på fugten og kræver en tæt dampspærre for ikke at risikere at blive fugtet op.
Fugtigt og halvfugtigt glasuld kan 'nære' en ægte hussvamp.
Mus elsker glasuld og bygger gerne reder og gange i det.

Bedst egnet til
Isolering af hulmur i nyopført murværk. Isolering mod terræn som støbebatts.
Se www.isover.dk

2. Mineraluld

Fremstilling
Mineraluld består af tynde tråde, der stammer fra stenarten diabas. Denne smeltes og slynges derefter ud af nogle dyser til tynde fibre på 0,005 mm. Krøllet sammen i måtter består mineraluld af 99% stillestående luft og 1% stenfibre.

Isoleringsevne
Lambda-værdi: 0,032 – 0,043 W/mK

Fordele
Mineraluld er først og fremmest godt isolerende, brandsikkert og også godt lydisolerende. Det findes i mange typer isolering, fleksible måtter, hårde plader/batts, granulat og som udvendig isolering.
Angribes ikke i sig selv af råd og svamp, men kan 'nære' en ægte hussvamp gennem sine mineralske materialer.



Ulemper
Der kræves meget energi til fremstillingen, og derudover er bortskaffelsen besværlig, fordi stenuld er unedbrydeligt i naturen. Også arbejdsmiljøproblemer med støv og skarpe fibre. Der skal bæres heldækkende sikkerhedsdragt med handsker og åndedrætsværn, når man arbejder med mineraluld.

Mineraluld holder meget på fugten, hvad der kan medføre råd og svamp i tilgrænsende materialer, hvis mineralulden ikke kombineres med en helt tæt dampspærre.
Fugtigt og halvfugtigt mineraluld kan være bærer af ægte hussvamp. Mus elsker mineraluld og bygger gerne reder og gange i det.

Bedst egnet til
Isolering af hulmur i nyopført murværk. Isolering mod terræn som støbebatts.
Se www.rockwool.dk

7.4 Organiske isoleringsmåtter og granulat

1. Høruld

Fremstilling

Høruld kartes af spindehørplanten til tynde tråde. Disse samles til primært isoleringsmåtter, men også som løs uld. Der tilsættes 5% polyethylenfibre for at gøre måtterne mere elastiske.

Høruld tilsættes endvidere det ugiftige og brandhæmmende stof ammoniumpolyfosfat. For at modstå råd, skimmel og svamp er høruld tilsat boraks, der er et forholdsvis neutralt metalsalt.

Isoleringsevne

Lambda-værdi: Ca. 0,038 – 0,040 W/mK

Fordele

Hørisolering suger ikke fugt, men leder denne væk. Kan derfor monteres uden dampspærre.

Miljøvenligt, både ved fremstillingen og nedbrydningen i naturen.

Ingen arbejdsmiljøproblemer. Kan monteres med 'bar overkrop' og bare arme. Det er nemt at arbejde med og støver ikke.

Brandhæmmende på grund af behandlingen med ammoniumpolyfosfat.



Ulemper

Bør primært anvendes i brandsikre konstruktioner, d.v.s. 'omkranset' af brandsikre materialer som puds eller 2 lag gipsplader.

Ikke egnet som hulmursisolering i ældre huse, da ulden har en tendens til at synke sammen i bunden.

Mus går let i hørisolering.

Bedst egnet til

Som plader og måtter er høruld velegnet til indvendig isolering af ydervægge uden dampspærre, men med et ventileret hulrum..

Dernæst til isolering af tage og tagrum, ligeledes uden dampspærre, men med et ventileret hulrum.

Se www.(www.energitjenesten.dk/alternative-isoleringsmaterialer.html) (www.alternativisolering.dk); (www.fibre-tech.dk/DK/produkter.htm) (www.isolina.com)

2. Papiruld

Fremstilling

Papiruld fremstilles af genbrugspapir, der findeles til et blødt granulat. Herfra kan det bearbejdes til måtter, plader eller granulat. Der tilsættes brandhæmmende salte, der gør papiret vådt ved opvarmning, så det ikke kan brænde.



Isoleringsevne

Lambda-værdi: Ca. 0,040 W/mK

Fordele

Papirulds-isolering suger ikke fugt, men leder denne væk. Kan derfor monteres uden dampspærre.

Det er nemt at arbejde med og støver ikke. Borimprægneringen kræver dog handsker og støvmaske.

Miljøvenligt, både ved fremstillingen og nedbrydningen i naturen.

Høj brandmodstand på grund af behandlingen med brandhæmmende salte.

Mus holder sig fra papirsisolering på grund af Boraxen

Ulemper

Måske arbejdsmiljøproblemer fra de brandhæmmende salte, da borsalte står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer, fordi de er mistænkt for at være sundhedsskadelige. Et pilotstudie foretaget i 1999 af Arbejdsmiljøinstituttet konkluderede dog, at forekomsten af bor i indeklimaet i de huse, som indgik i studiet, og som var isoleret med papiruld, ikke eller kun i meget ringe grad adskilte sig fra normalen.

Bedst egnet til

I dag mest anvendt her i landet til isolering af hulmur ved indblæsning af granulat.

Som plader og måtter er papiruld velegnet til indvendig isolering af ydervægge uden dampspærrer, men med et ventileret hulrum.

Dernæst til isolering af tage og tagrum, ligeledes uden dampspærrer, men med et ventileret hulrum.

Se (www.papiruld.dk; https://www.energitjenesten.dk/alternative-isoleringsmaterialer.html)

3. Træfibre

Fremstilling

Gran og fyrretræ 'defibreres' og bearbejdes til en meget blød og 'vatagtig' masse.

Imprægneres med ammoniumpolyfosfat for brand og boraks for råd og svamp.

Isoleringsevne

Lambda-værdi: Ca. 0,036 W/mK



Fordele

Træfiberisolering suger ikke fugt, men leder denne væk. Kan derfor monteres uden dampspærre.

Miljøvenligt, både ved fremstillingen og nedbrydningen i naturen.

Ingen arbejdsmiljøproblemer. Støvmaske anbefales dog.

Brandhæmmende, på grund af behandlingen med ammoniumpolyfosfat.

Mus holder sig fra træfiberisolering på grund af boraxen

Ulemper

Bør primært anvendes i brandsikre konstruktioner, d.v.s. 'omkranset' af brandsikre materialer som puds eller 2 lag gipsplader.

Måske arbejdsmiljøproblemer fra de brandhæmmende salte, da borsalte står på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer, fordi de er mistænkt for at være sundhedsskadelige. Et pilotstudie foretaget i 1999 af Arbejdsmiljøinstituttet konkluderede dog, at forekomsten af bor i indeklimaet i de huse, som indgik i studiet, og som var isoleret med papiruld, ikke eller kun i meget ringe grad adskilte sig fra normalen.

Bedst egnet til

Som plader og måtter er træfiberisolering velegnet til indvendig isolering af ydervægge uden dampspærre, men med et ventileret hulrum..

Dernæst til isolering af tage og tagrum, ligeledes uden dampspærre, men med et ventileret hulrum.

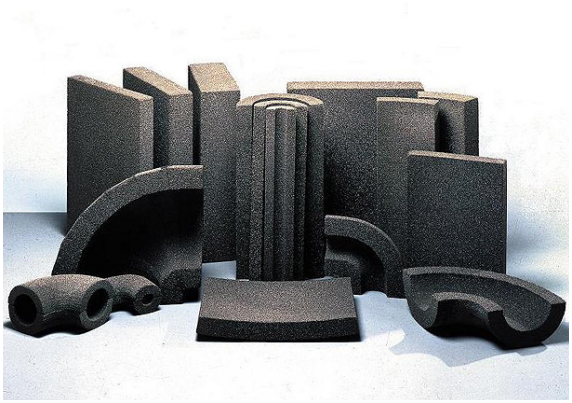
Se www.thermocell.dk

7.5 Lette, faste plader eller kugler

1. Foamglas

Fremstilling

Foamglas bliver fremstillet af 100 % genbrugt glas. Det knuste glas blandes med nogle særlige aktivatorvæsker, hvorefter blandingen varmes op til 1300 °C og udsættes for en opskumning. Ved langsom nedkøling kan de lukkede glasceller støbes til plader, mens en hurtig nedkøling anvendes til fremstilling af kugler.



Isoleringsevne

Lambda-værdi: 0,038 – 0,050 W/mK

Fordele

Foamglas leveres i to forskellige former: Skærver/kugler og plader i mange tykkelser og størrelser.

Foamglas er særdeles trykstærk, vandresistent, ubrændbar, meget let og har en god isoleringsevne.

Foamglas nedbrydes ikke over tid.

Pladen kan skæres med en almindelig sav.

Foamglas er brandsikkert i Brandklasse A1.

Foamglas er for hårdt at gnave i for mus.

Ulemper

Det kræver forholdsvis meget energi at fremstille Foamglas, men er miljøvenligt ved at genbruge gammelt glas.

Materialet er ikke nedbrydeligt i naturen, men til gengæld genanvendeligt til nyt Foamglas.

Pladerne er meget stive og kan derfor ikke bøjes eller føje sig efter skævheder m.v. Det kan skærverne derimod godt.

Bedst egnet til

Underlag ved konstruktion af gulve, både som skærver og plader.

Via sin brandsikkerhed også velegnet til isolering af vægge, lofter og tage.

Plader og kugler kan også anvendes til isolering af fundamenter, kældre og lignende.

Se www.foamglas.dk

2. Polystyren

Fremstilling

Polystyren fremstilles af råolie, der ved en polymerisering (kemisk proces) omdannes til 'ekspanderet polystyren', også kaldt EPS, d.v.s. lukkede plast/styrenceller. Det kridhvide faste stof kendes også under navnet 'flamingo', og det anvendes til alle mulige former for emballage, fyldmateriale eller isolering.

Som isoleringsmaterialer findes de dels som faste og trykstærke plader, dels som kugler.

Isoleringsevne

Lambda-værdi: 0,034 – 0,041 W/mK



Fordele

Polystyren har en rimelig god trykstabilitet, er fugtbestandigt og har en lang holdbarhed. Det er uhyre nemt at forarbejde og håndtere og tilmed ganske ufarligt.

Polystyren afviser vand totalt, kan ikke rådne og fugter heller ikke omgivelserne op, så træ f.eks. rådner.

Mus gnaver ikke i polystyren, måske på grund af den knirkende lyd.

Ulemper

Polystyren er letantændeligt og brandfarligt. Det udvikler giftstofferne styren og ethylbenzen ved overophedning.

Polystyren kan derfor ikke anvendes i ydervægge eller tage, medmindre det er indkapslet af minimum 2 lag gips eller kalkpuds.

Det kan kun bortskaffes ved en fuldstændig forbrænding, hvor det spaltes i CO_2 og vand.

Nyere erfaringer viser, at myrer kan spise polystyren, hvorved det forsvinder helt.

Bedst egnet til

Isolering af gulve under terræn, isolering af fundamenter, hulmursisolering som kugler. I en indkapslet, brandsikker konstruktion kan polystyren dog godt bruges i ydervægge og etageadskillelser samt evt. også tage.

Se https://plast.dk/det-store-plastleksikon/

7.6 Tungere plader eller kugler

1. Gasbeton

Fremstilling

Gasbeton, også benævnt porebeton, fremstilles ved blanding af sand, vand, cement, brændt kalk, aluminiumspulver samt eventuelt kalkfiller og flyveaske - i fintformalet stand. Umiddelbart efter tilsætning af aluminiumspulveret begynder nogle kemiske processer, der under varmeudvikling får massen til at hæve til den dobbelte størrelse. Denne såkaldte skumdannelse skyldes brintdannelse fra aluminium i det basiske reaktionsmiljø.

Det færdige produkt anvendes som blokke, plader og elementer med en densitet fra 400 til 1100 kg/m3.

Isoleringsevne

Lambda-værdi: 0,14 W/mK



Fordele

Gasbeton/porebeton lader sig opskære med en almindelig sav, og der kan skrues og sømmes i materialet.

Gasbeton er modstandsdygtigt overfor fugt og råd og derudover et 100 % uorganisk naturmateriale og egner sig derfor bl.a. til efterisolering af vægge i vådrum eller nedgravede kældre.

Det bidrager også til et behageligt indeklima, hvis overfladerne ikke plastikmales.

Gasbeton har en god brandmodstandsevne (Klasse 1A). Den er derfor velegnet til at etablere brandvægge og brandsektionsvægge i slanke vægtykkelser.

Ulemper

Gasbeton-plader eller blokke revner meget let ved tryk eller andre belastninger.

Gasbeton er via sin porestruktur meget tilbøjelig til at holde på fugt.

De stive plader er ikke velegnede til ældre huses ofte krumme eller skæve overflader. Ej heller til isolering mod terræn, hvor der er behov for stivhed.

Mest anvendelig til

Indvendig isolering af nedgravede kældre. Indvendig efterisolering af stalde eller andre 'rå', murede rum.

Se www.hplush.dk/produkter

2. Hempcrete/hemplime

Fremstilling

Hempcrete er et relativt nyt isoleringsprodukt, hvor man blander stumper af hampeplantens kraftige stængler i kalkmørtel eller KC-mørtel. Det kan ske som byggeblokke, som støbemateriale i forskalling eller som et udkastet pudslag på en væg. Isoleringsmaterialet kan benyttes til vægisolering, gulv- eller loft/tag-isolering.

Isoleringsevne

En 30 cm tyk væg har en beregnet U-værdi på 0,23 – 0,26 W/m²K, og en 50 cm tyk væg har en U-værdi på 0,14 – 0,16 W/m²K. Det målte varmetab er på 0,11 W/m²K.

Fordele

De overordnede egenskaber for Hempcrete er høj materialeporøsitet, gode varmeisoleringsegenskaber, gode lydisoleringsegenskaber, god varmeabsorbtion, gode fugtbufferegenskaber, skaber et godt indeklima, brandsikkert, hurtigt og billigt at arbejde med.

Lyddæmpende egenskaber: En 20 cm væg absorberer 70% støj.

Hamp er én af de hurtigstgroende planter. Det tager ca. 14 dage for planten at vokse sig fra frøtilstand til en 4 meter høj plante. 1 ha kan på den måde producere op til 10 tons hamp.



Høstning af hamp i England til Hempcrete

Man kan beregne, at en 30 cm tyk væg af Hempcrete 'låser' ÷ 31 kg /m².

En tilsvarende murstensvæg med indvendig gasbeton forbruger derimod + 216 kg /m².

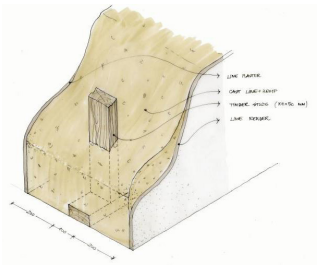
En betonvæg med alm. mineraluldsisolering forbruger + 102 kg /m².

Det er således muligt at spare 269 kg per m² i forhold til det konventionelle byggeri, hvilket svarer til 30-45 tons for et helt nybygget hus. Hvis der ydermere benyttes Hempcrete til isolering af gulve og isolering af taget, spares yderligere 5 tons .

Ulemper

Hempcrete har ingen bæreevne i sig selv og må derfor ved eventuel bæring have indbygget et træskel som vist. Man kan frygte for, om disse ikke bliver fugtet op og rådner. Som nævnt kan de små stumper af hampestænglen, de såkaldte 'shiv', blandes i kalkmørtel eller KC-mørtel og støbes som vægge via en forskalling.





Mest anvendelig til

I forhold til efterisolering af ældre huse er Hempcrete interessant som et muligt materiale til indvendig efterisolering på grund af U-værdien, de indeklimamæssige egenskaber plus en meget billig og simpel påførselsmåde. Hempcrete kan pudses med kalkmørtel, og isoleringen omfatter derfor hverken gipsplader eller plast-dampspærrer.

Se www.hempcrete.ca) (http://www.hemp-technologies.com/resources/BuildingMaterials/HempCrete/ip14_11-BRE.pdf

3. Kork

Fremstilling

Råmaterialet til isoleringsmaterialet kork er barken fra kork-egetræer. Disse vokser i dag i Portugal, Spanien og Nordafrika. Den første høst fra en korkeg sker mellem det 20. og 25. år, og der skal forløbe ca. 10 år mellem hver høst. Korkegen adskiller sig fra andre træsorter ved, at træet ikke dør, hvis man fjerner dets bark. Tværtimod kan korkegen gendanne sin egen bark – og hvert træ kan høstes for bark cirka hvert niende år. I Europa kommer størstedelen af korken fra store korkskove i Portugal. Det er estimeret, at der i Portugal er omkring 735.000 hektar korkskov.

Det meste kork videreforarbejdes i oprindelseslandene til korkplader. Disse fremstilles ved at granulere barken – efter først at have brugt de mest tætte og faste partier til vinpropper. Derefter tilføres korkgranulatet vanddamp under tryk (temperatur 300-370°C). Herved



øges korkveddets volumen til det 10-dobbelte. Ved opvarmningen frigives korkveddets eget bindemiddel (suberin), som udnyttes til at sammenklæbe granulatet til plader. Denne proces gør korpladerne mere luftholdige og dermed lettere og bedre isolerende end selve korkbarken.

Historie
Kork blev benyttet i Danmark som 5-10 cm tykke isoleringsplader i byggeriet i 1930'erne, 40'erne og 50'erne, og også som gulvbelægninger i kælderrum m.fl. Da mineral- og glasuldsisolering, der var blevet udviklet i midten af 1930'erne, slog igennem som isoleringsmateriale i byggeriet i 1950'erne, gik man væk fra kork.

Det er ikke rigtigt, at brugen af kork til isoleringsplader og vinpropper m.v. har betydet, at korkegene i Sydeuropa har været truet af udryddelse. Da forbruget af kork gik ned, plantede man i første omgang ikke nye skove, hvorfor der midlertidigt opstod en forsinkelse i produktionen. I dag er produktionen i stærk vækst, og da korken også er fornybar, er der ubegrænsede materialemængder.

Isoleringsevne
Lambda-værdi: Ca. 0,037 – 0,040 W/mK

Fordele
Den færdige korkisolering består udelukkende af kork uden tilsætningsstoffer.

Kork har en beviselig lang holdbarhed. Det er som nævnt benyttet til isolering af bygninger siden 1930'erne. Efter 60-70 år fungerer korkisoleringen lige så godt, som den dag, den blev anbragt. Gamle og brugte korkplader kan derfor også genanvendes næsten 100%.

Kork er et branddrøjt materiale. Ved afbrænding ulmer korken og forkuller, men brænder ikke. Korkisolering skal derfor ikke tilsættes brandhæmmende kemikalier. Ved brand danner korken igen giftige gasser.

Kork er uhyre formstabilt, så man kan gå og træde på pladerne. Trykstyrken er 1,5 kg/cm² ved 10% sammentrykning.

Kork er ikke kapillarsugende (fugtabsorberende), det har gode støj/lyddæmpende egenskaber, og det har også en god vibrationsdæmpning.

Allermest interessant er, at korkisolering er et helt igennem naturligt, ugiftigt, fornybart og bæredygtigt og samtidigt ikke brændbart isoleringsmateriale. Det kan man ikke sige om så mange andre isoleringsmaterialer på markedet. Miljøbelastningen består primært i granuleringen og opvarmningen samt transporten.

Ulemper
Kork er relativt dyrt.

Rumvægten er 100-120 kg/m^3, hvilket er forholdsvis tungere end de luftholdige isoleringsmaterialer.

Bedst egnet til
Kork kan anvendes som indvendig vægisolering i bygninger, da korken ikke suger fugt, rådner eller afgiver giftige dampe. Dernæst til vandret isolering af uudnyttede lofter, idet man kan gå direkte oven på korkpladerne. Endvidere isolering af tage, kældre og etageadskillelser.

I Sydeuropa benyttes kork også som byggemateriale, direkte og synligt i husenes facader, hvorved man også udnytter den smukke og holdbare mørkebrune, changerende farve og den varierede tekstur.



På særlige bygninger herhjemme kan man derfor også forestille sig kork brugt som udvendig isolering af murede huse, hvor man samtidigt ønsker et nyt arkitektonisk udtryk.

Se www.eurotag.dk,(www.amorimisolamentos.com), (www.korkbyg.dk/kork-til-byggeri

4. Leca

Fremstilling
Leca fremstilles af en fed, plastisk ler, der ældes, renses og tilsættes organiske materialer. Efter en tørring brændes leret ved 1100° C i store ovne, hvor de organiske materialer fordamper og efterlader tusindvis af hulrum i de brændte, små lerklumper. Derved bliver disse 'lernødder' luftfyldte, lette og dermed isolerende.

Leca fremstilles således først og fremmest som kugler/nødder, men disse støbes også sammen til plader, fundamentsblokke m.v. med KC-mørtel, eller Leca anvendes som støbemasse som Leca-beton.

Isoleringsevne
Lamdaværdi 0,076 – 0,085 W/mK





Fordele
Leca-nødder er velegnede til isolering mod terræn, da de store huller mellem klinkerne er kapillarbrydende for opadstigende vand/fugt. Dette gælder dog ikke, hvis det blandes med KC-mørtel ved udstøbningen.

Leca er brandsikkert og angribes ikke af råd og svamp. Holder heller ikke på fugten.
Leca er derfor velegnet til efterisolering af gamle uisolerede skorstene, da såvel nødder som Lecabeton kan hældes ned i skorstenen fra oven, samtidigt med at der nedsænkes en Isokærn-indsats – også af Leca-beton.
Mus kan ikke grave gange i eller bo i Leca-nødder.

Ulemper
Lecanødder er ikke det mest effektive isoleringsmateriale, jf. ovenfor, og isoleringsevnen forringes yderligere ved anvendelse af den langt mindre luftfyldte Leca-beton.

Mest anvendt til
Isolering mod terræn og fundamenter.
Hulmursisolering af murede bygninger. Evt i etageadskillelser eller på lofter.

Se www.leca.dk

5. Microtherm
MicroTherm® indeklimaplade udmærker sig ved sine kapillarsugende og samtidig termiske egenskaber, der gør materialet egnet for indvendig efterisolering uden brug af dampspærre.

Produktet importeres fra Tyskland, hvor det indtil videre er anvendt på 600.000 m2 indvendig overflade i bygninger.

Fremstilling
Microtherm består af materialet calciumsilikat, der fremstilles af rent kvartssand, som smeltes ved 1300°C, hvorefter der tilsættes kalk (Calciumkarbonat), hvorfra metallet Calcium forbinder sig med silikaten fra sandet. De gunstige kapillarsugningsegenskaber ved Microtherm opnås gennem en kontrolleret autoklavering af 100 % rent kalciumsilikat, der herved opnår den helt rigtige kombination af micro-/makro-porer i materialet.

Isoleringsevne
Lambdaværdi: 0,065 W/mK



Fordele
Funktionen af MicroTherm indeklimaplader er, at den indvendige overfladetemperatur hæves via opvarmningen i huset, så overfladekondens undgås, samtidig med at fugt, der kondenserer i materialet, fjernes i samme takt som fugten tilføres, så der ikke opstår kritiske fugtforhold i materialet. Den udtørrende funktion stammer fra materialets kapillarsugende egenskaber, der muliggør en kraftig fugttransport i materialet, der skyldes sammensætningen af store og små porer. Dette betyder, at fugt, der ved diffusion flyttes fra indeklima ind i materialet, fordeles over hele den isolerede væg. Igennem materialets mindste porer suges kondenseret vand tilbage til overflade, hvor vandet afgives til indeklimaet ved fordampning, hvorefter vanddampen bortventileres med boligens naturlige luftskifte.
Der opstår en dynamisk ligevægt, hvor mængden af vanddamp, der tilføres materialet (igennem de største porer ved diffusion fra indeklimaet), er ligeså stor og modsatrettet den mængde vanddamp, som ved kapillarsugning transporteres tilbage til den indvendige overflade. Vel og mærke en ligevægt, hvor materialet er tørt.

Materialet er rent mineralsk, miljørigtigt både ved bearbejdning, montering og senere bortskaffelse. Det nedbrydes ikke af fugt.
MicroTherm indeklimaplade monteres ved fuldklæbning med uorganisk klæber på en afrenset og plan vægoverflade, så der ikke er mulighed for hulrum eller næring, der ville give vækstbetingelser for mikroorganismer. Ydermere er materialets pH-værdi let basisk, således at mikroorganismer ikke kan trives heri.

Ulemper
For at calciumsilikatpladerne skal virke, må de ikke overfladebehandles med andet end producentens malerbehandlinger, der er silikatbaserede. Hvis man af

vanvare, eller fordi man ikke er oplyst om dette, plastikmaler eller tapetserer overfladen, ophører den kapillarsugende effekt

Specielt egnet til
Indvendig efterisolering af nedgravede kældre, indvendig efterisolering af murede facader, udvendig efterisolering af udekorerede facader på murede huse, f.eks. en vindueløs gavl.

Se www.bhbr.dk/pdf/dk_microtherm.pdf

6. Perlite

Fremstilling
Perlite fremstilles af den vulkanske bjergart, perlit, der pulveriseres til sand og varmes op til 1100°C. Ved denne proces udvider sandkornene sig op til 20 gange i volumen, nærmest at sammenligne med popcorn. Perlite forekommer derfor fortrinsvis som kugler.



Isoleringsevne
Lamda-værdi 0,042 W/mK
Som Perlite-puds 0,065 W/mK

Fordele
Perlite er ubrændbart og meget hårdt og fast. Kuglerne synker derfor ikke sammen.
Det udfylder nemt hulrum i en hulmur, når det hældes eller blæses ind.
Perlite kan ikke brænde og er ugiftigt at arbejde med, angribes ikke af råd og svamp, og det støver ikke.
Mus kan ikke grave gange i Perlite.





Perlite-puds: Perlite kan blandes i kalkmørtel som tilslag og kan herefter anvendes som et isolerende pudslag med en lambda-værdi på ca. 0,065 W/mK. Her ses denne metode anvendt på oversiden af et kirkevælv i Annisse kirke.

Ulemper
Den meget 'letløbende' egenskab kan være en ulempe, da Perlitten kan finde på at løbe ud i uhensigtsmæssige lommer eller huller.

Mest anvendt til
Hulmursisolering af murede bygninger. Evt i etageadskillelser eller på lofter.

Se www.perlite.dk

7. Calsitherm Indeklimaplade

Calsitherm Indeklimaplade består af kalciumsilikatplader, der er kapilaråbne (kapilaraktive) og stærkt fugt- og vandsugende. Som indvendig beklædning kan Calcitherm derfor medvirke til at regulere indeklimaet i forhold til fugt.

Fremstilling
Calsitherm Indeklimaplade består af materialet calciumsilikat, der fremstilles af rent kvartssand, som smeltes ved 1300°C, hvorefter der tilsættes kalk (Calciumkarbonat), hvorfra metallet Calcium forbinder sig med silikaten fra sandet. Calcitherm består således af 100% naturlige materialer, kalk og kvartssand.

Isoleringsevne
Lambda-værdi: 0,062 W/mK

Fordele
Materialet er fugtregulerende for indeklimaet, det er ubrændbart, har ingen afgasning af farlige stoffer og kræver ikke opsætning af en indvendige dampspærre af plastik eller lignende. Calcitherm nedbrydes ikke af fugt. Ydermere er materialets pH-værdi let basisk, således at mikroorganismer ikke kan trives heri.

Den udtørrende funktion stammer fra materialets kapillarsugende egenskaber, der muliggør en kraftig fugttransport i materialet, der skyldes sammensætningen af store og små porer. Dette betyder, at fugt, der ved diffusion flyttes fra indeklima ind i materialet, fordeles over hele den isolerede væg. Igennem materialets mindste porer suges kondenseret vand tilbage til overflade, hvor vandet afgives til indeklimaet ved fordampning, hvorefter vanddampen bortventileres med boligens naturlige luftskifte. Der opstår en dynamisk ligevægt, hvor mængden af vanddamp, der tilføres

materialet (igennem de største porer ved diffusion fra indeklimaet) er ligeså stor og modsatrettet den mængde vanddamp, som ved kapillarsugning transporteres tilbage til den indvendige overflade. Vel og mærke en ligevægt, hvor materialet er tørt.

Calsitherm Indeklimaplader monteres ved fuldklæbning med hydraulisk kalkmørtel. Man kan skrue, bore og ophænge tunge genstande i pladerne. Slutbehandlingen er også hydraulisk kalkmørtel, hvorefter væggene skal males med en poreåben maling, for at den kapillare effekt skal virke. Det vil sige ingen plastikmaling, men silikatmaling, kalkmaling eller limfarve.

Ulemper
For at calciumsilikatpladerne skal virke, må de ikke overfladebehandles med andet end producentens malerbehandlinger, der er silikatbaserede. Hvis man af vanvare, eller fordi man ikke er oplyst om dette, plastikmaler eller tapetserer overfladen, ophører den kapillarsugende effekt.



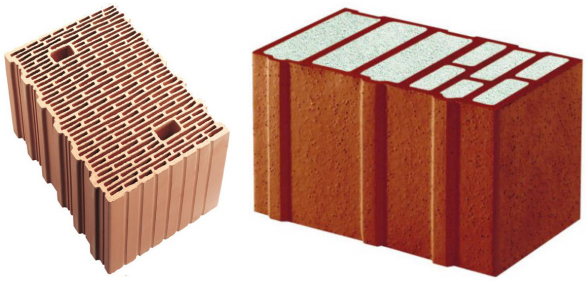
Calcitherm Indeklimaplade
Specielt egnet til Indvendig efterisolering af nedgravede kældre, indvendig efterisolering af murede huse, udvendig efterisolering af udekorerede facader på murede huse, f.eks. en vindueløs gavl.

Se: www.byggros.com

8. Teglblokke

Fremstilling
Teglblokke fremstilles af ler, der formes til hule blokke ved stringpresning og derefter brændes i en teglovn ved 1100°C. Teglblokkene bruges normalt til skillevægge, bagmure og sågar formure på nybyggeri, men de smalleste teglblokke kan også anvendes til f.eks. indvendig isolering.

Blokkene produceres i mange formater, men til indvendig efterisolering skal man bruge de tyndeste, der er 17,5 cm tykke og 25 eller 50 cm lange og 23,8 cm høje.
Teglblokkene fås dels med almindelig luft i hulrummene, dels med Polystyren-isolering i hulrummene – de såkaldte Porotherm teglblokke



Isoleringsevne
Lambdaværdi for alm. hule teglblokke: o,18 W/mK
Lambdaværdi for Porotherm-blokke: 0,07 – 0,10 W/mK

Fordele
Teglblokkene er uorganiske og kan derfor ikke rådne. De holder ikke på fugten og er også helt brandsikre. De kan mures op i forband som indvendig isolering i murede huse, hvorved krumme og skæve vægge ikke behøver at blive rettet op.
Teglblokkene kan pudses med luftkalkmørtel, hvad der vil forbedre deres indeklimaegenskaber, da pudsen kan optage mere rumfugt end selve teglstenen.

Ulemper
Isoleringsevnen er ikke så god som tilsvarende produkter til indvendig isolering, f.eks. Ytong, Calcitherm eller Hemplime og har heller ikke så gode indeklimaegenskaber som disse, da de er hårde og meget lidt porøse.

Mest anvendelig til
Indvendig efterisolering af kælderydervægge.
Gamle vægge renses totalt af for tapet, gammel maling, limrester m.v.. Blokkene mures op i forband med metalbindere ind i murværket. Afslutningsvis pudses overfladerne med luftkalkmørtel og overfladebehandles med kalk, limfarve eller silikatmaling. Der må ikke tapetseres eller plastikmales på overfladerne.

Se www.wienerberger.dk, www.scanoton.dk m.fl.

9. Ytong Multipor

Fremstilling
Ytong Multipor er fremstillet af naturlige råstoffer: kalk, sand, cement og vand.
I fremstillingsprocessen dannes der luftfyldte porer, som giver Multipor de gode varmeisolerende egenskaber.

Isoleringsevne
Lambda-værdi: 0,042 W/mK

Fordele
Ytong Multipor er ubrandbart.
Pladerne er fremstillet af uorganiske materialer, som er modstandsdygtige over for fugt og ikke angribes af råd. Man kan save og skære i pladerne med almindeligt håndværktøj. Man kan pudse pladerne med mørtel til en smuk og klassisk overflade.
Til indvendig efterisolering af bindingsværkbygninger kan Multipor-pladerne opsættes på et 2-3 cm tykt udkast af lermørtel, der kan medvirke til at nedsætte fugtindholdet i bindingsværkstømmeret, så dette ikke rådner. Den samme løsning kan også anvendes til indvendig efterisolering af massivt murværk, hvor lermørtelen tilsvarende vil udtørre bjælkeender og andet træ. Ytong-pladernes kapillare porestruktur bidrager samtidig til et sundere indeklima og en god fugtbalance i murværket.




Ulemper
Ytong Multipor fremstilles hovedsagelig i Tyskland og skal derfor transporteres til Danmark, selv om alle råstoffer findes her i landet.

Pladernes store porøsitet kan vanskeliggøre ophængning af tunge emner som bogreoler og andet. Her må pladerne forstærkes med særlige løsninger.

Mest anvendelig til
Indvendig efterisolering samt udvendig efterisolering
Ud- eller indvendig isolering af kældervægge.





Se: www.ytong.dk) (http://nordisknhl.dk/naturlige-kalkprodukter/isopore-isoleringssystem/

7.7 Nye, effektive isoleringsmaterialer

1. Aerogel

Aerogel er opfundet til isolering af rumfartsudstyr, hvorfor der er lagt vægt på høj isoleringsevne og lav vægt. Dette kan også udnyttes ved efterisolering af særlige områder på ældre bygninger, f.eks. ved vindueslysninger, kvistflunke eller overvægge. Aerogel-måtter kan monteres på runde og flade medier ved mekanisk fastgørelse.

De 6 mm tykke 'måtter' består af amorft (ikke-krystallinsk) silikat gel (gelé), trukket ud i tynde tråde, med en særlig nanostruktur, der minimerer termisk transport af kulde/varme i materialet.

Aerogel har en lambdaværdi på 0,015 W/mK, der lige nu er markedets bedste.

Aerogel-måtterne sættes op på vægen med lim, hvorefter man pudser med mørtel direkte på dem, dog styrket af et armeringsnet af glasfiber. Overfladen males med en poreåben silikatmaling.

Den største ulempe ved Aerogel-isolering i øjeblikket er prisen. Det er meget dyrt.

Se www.aerogel.com, www.skalflex.dk




2. Aerowool

Aerowool er et helt nyt produkt udviklet af Rockwool. Det består af stenuldsfibre tilsat aerogel. Aerogel er baseret på silicium og er et meget let materiale, der næsten udelukkende består af luft fanget i en cellestruktur på nanoskala.

Aerowool markedsføres under navnet Aerorock som en kompositplade bestående af Aerowool isolering, en dampspærre og en gipsplade.

Aerowool har en varmeledningsevne på 0,019 W/mK

Se www.rockwool.dk

3. Kingspan/Kooltherm

Fremstilling
Kingspan/Kooltherm er et fenolskum. Fenolskum er en celleplast, der fremstilles i hårde plader. Under produktionen

blæses materialet op med en gas, hvilket giver den lave varmeledningsevne.

Isoleringsevne
Lambda-værdi: 0,021-0,023

Fordele
Kingspan/Kooltherm-isolering isolerer cirka dobbelt så effektivt som de isoleringsmaterialer, der bygger deres isoleringsevne på stillestående luft. Derfor kan isoleringstykkelsen minimeres ned til det halve.

Som bygningsisolering findes materialet som plader og blokke og kan også benyttes som kernen i et sandwichelementer, bl.a. med så forskellige materialer såsom alufolie eller papir klistret på siden af isoleringspladerne

Kingspan/kooltherm isolering kræver ikke særskilt vind- og dampspærre

Ulemper
Kingspan/Kooltherm-isolering er ikke brandsikkert, hvilket betyder, at isoleringsmaterialet skal dækkes af andre brandsikre materialer (BD-30, BS-30, BS-60), når det benyttes i etageadskillelser, lodrette vægge samt tage.

Kooltherm vil som skumisolering ikke smelte eller dryppe, når det kommer i kontakt med åben ild. Kooltherm kan klare temperaturer over 1000 C.

Se: www.kingspan.dk

4. PUR/PIR
Fremstilling
Betegnelsen PUR dækker over isoleringsmaterialer lavet af polyurethan (PUR) og polyisocyanurat (PIR). PUR er et plastmateriale med en lukket cellestruktur, der under produktionen skummes op vha. gassen cyclopentan. PUR isolering kan fremstilles med stor variation i massefylde og stivhed.

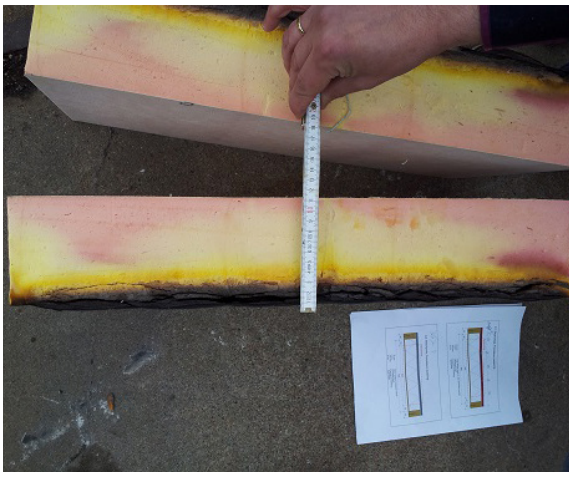
Isoleringsevne
Lambda-værdi: 0,022-0,026

Fordele
PUR/PIR-isolering isolerer cirka dobbelt så effektivt som de isoleringsmaterialer, der bygger deres isoleringsevne på stillestående luft. Derfor kan isoleringstykkelsen minimeres ned til det halve.

Som bygningsisolering findes materialet som plader og blokke og kan også benyttes som kernen i et sandwichelement med højstyrkebeton på hver side.
PUR/PIR isolering kræver ikke særskilt vind- og dampspærre.



Her ses en 3 cm højisolerende Kooltherm-isoleringsplade anbragt mellem vinduerne på ydervæggen, foran en 2 cm luftspalte, mens der under vinduerne isoleres med 10 cm – plus en 2-3 cm luftspalte. Der anbringes vindtæt pap, men ikke plastikdampspærre.



Brandforsøg med PUR. Efter https://www.innobyg.dk/blogs/udviklingsprojekter/brand-og-byggematerialer/2014/5/12/sidste-runder-brandforsoeg/

Ulemper
PUR/PIR-isolering er ikke brandsikkert, hvilket betyder, at isoleringsmaterialet skal dækkes af andre brandsikre materialer (BD-30, BS-30, BS-60) når det benyttes i etageadskillelser, lodrette vægge samt tage.
Ulempen ved PUR/PIR isolering er, at drivmidlet (cyclopentan) kan diffundere ud og erstattes af atmosfærisk luft. Dette vil med tiden kunne forhøje materialets varmeledningsevne.

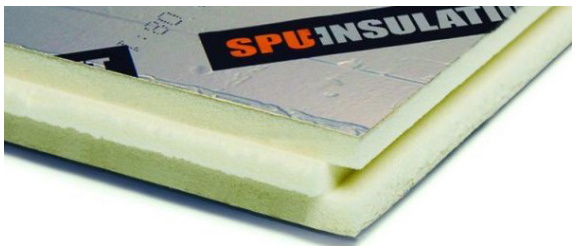
Mest anvendelig til
'Tynd' indvendig ydervægs-efterisolering, dækket af brædder, rørvæv og puds eller gipsplader.

Se https://plast.dk/det-store-plastleksikon/

SPU Isolering

Fremstilling
SPU-isolering består af PIR, der fremstilles på basis af polyoler og di- og polyisocyanater. Den isolerende luftart i SPU Isolering er n-pentan og isopentan, der er naturlige luftarter og bidrager derfor ikke til nedbrydning af ozonlaget og er ikke drivhusgasser.
SPU Isolering produceres af SPU Systems i Finland og forhandles gennem PIRCO i Danmark.

Isoleringsevne
Lambda-værdi: 0,023W/mK



Fordele
SPU-isolering isolerer cirka dobbelt så effektivt som de isoleringsmaterialer, der bygger deres isoleringsevne på stillestående luft. Derfor kan isoleringstykkelsen minimeres ned til det halve.

Materialet er formstabilt over tid, også under påvirkning af fugt og temperatur.
Det er let at tildanne med kniv eller håndsav.
Det er modstandsdygtig over for de fleste kemiske stoffer i byggeriet.
Det er vindtæt og diffusionstæt og har stor trykstyrke
Det er fysiologisk ufarlig.
SPU isolering er testet stabilt i 50 år gennem accelereret ældningsproces og har derfor estimeret levetid på 100 til 150 år.
Det er modstandsdygtig over for bakterier, råd og skimmelsvamp.
SPU isolering kræver ikke særskilt vind- og dampspærre.
Udtjent SPU Isolering kan granuleres og genanvendes til produktion af ny isolering eller afbrændes til produktion af fjernvarme.

Ulemper
SPU-isolering er ikke brandsikkert. Det opfylder brandkravet til isolering D-s2,d2 (klasse B materiale), hvilket betyder, at isoleringsmaterialet skal dækkes af andre brandsikre materialer (BD-30, BS-30, BS-60) når det benyttes i etageadskillelser, lodrette vægge samt tage.

Mest anvendelig til
'Tynd' indvendig ydervægs-efterisolering, dækket af brædder, rørvæv og puds eller gipsplader.

Se https://plast.dk/det-store-plastleksikon/

7.8 Reflekterende tynde måtter

1. Airflex
Som et kuriosum medtages et helt nyt produkt, der virker på en helt anden måde end de øvrige isoleringsprodukter på markedet, nemlig en refleksiv isolering, der virker ved at tilbagekaste 97% af den infrarøde varmestråling i huset, indefra og ud.

Produktet Airflex består af to aluminiumsfolier med et mellemlag af polyethylen. Airflex er kun 10 mm tykt, men kræver imidlertid 1,5 cm fastholdt luftspalte på begge sider af



materialet for at virke. Airflex virker samtidig som dampspærre, da aluminiumsfolien er 100% vandtæt, og hvis den anvendes i tagkonstruktioner, er den ligeledes undertag.
Refleksiv isolering har været brugt i udlandet i mere end 30 år og stammer oprindeligt fra rum- og flyindustrien, hvor kravene til minimal tykkelse og vægt, men med høj isoleringsevne, betyder, at man ikke kan anvende traditionel masseisolering.

Airflex kan ifølge producenten bortskaffes sammen med normalt affald. Aluminium kan genbruges, og polyethylen omsættes til kuldioxid og vand ved forbrænding. Det forbliver, stadig ifgl. producenten, stabilt i hele dets levetid. Det er modstandsdygtigt overfor skadedyr, insekter, mug, opløsningsmidler, olie- og tjæreprodukter. Airflex er UV-bestandig og kan derfor anvendes til isolering af drivhuse uden ekstra beskyttelse.
Der findes dog ikke årelange erfaringer med produktet her i landet, hvilket er en ulempe.

Isoleringsevnen kan ikke beskrives med de normale betegnelser som Lambda-værdi eller U-værdi, da produktet ingen egentlig isoleringsevne har i sig selv, men virker ved at tilbagekaste den infrarøde varmestråling. Da den 'normale' varmetransport af opvarmet luft, som diverse isoleringsmaterialer er indrettet på at bremse, kun udgør 25% af varmetabet fra bygninger, mens den infrarøde udstråling udgør 75%, vil en effektiv tilbagekastning af disse have stor effekt for varmeøkonomien i huset. Men der skal til gengæld lukkes effektivt af for den luftbårne varmetransport ved effektiv tætning. Den infrarøde udstråling vil normalt medføre almindelig opvarmning af vægge og isoleringsmaterialer.

Se www.gegreenenergi.dk/produkter/airflex/

7.9 Kommenteret oversigt over eksisterende isoleringsmaterialer til bygninger

Både i forbindelse med fredede og bevaringsværdige bygninger – og i relation til efterisolering af bygninger generelt – kan man stille en række særlige krav til isoleringsmaterialernes tekniske egenskaber:

Brandforhold
Ved en række konstruktioner, f.eks. tagkonstruktioner, ydervægge, skillevægge og etageadskillelser, stilles der i Bygningsreglementet krav om Brandsikre (BS) eller Branddæmpende (BD) konstruktioner.

Rockwool og glasuld samt Leca, Foamglas og Hempcrete opfylder bedst disse, idet disse er brandsikre, mens papiruld, træfiber og hørfibre er branddæmpende gennem deres imprægnering med Borax.

Polystyren er decideret brandfarligt og udvikler dertil giftige dampe, hvis det brænder.

Kuldebroer
Der er også forskel på, hvor føjelige eller hvor stive isoleringsmaterialerne er. I det sidste tilfælde kan det være svært at 'skære' disse til, så man undgår hulrum og kuldebroer mellem isoleringen og andre konstruktioner eller de enkelte isoleringsplader.

Her vil de 'løse' materialer som løs Leca, flamingo-kugler eller løs papiruld, rockwool eller hampefibre være mest hensigtsmæssige, mens Foamglas- og flamingo-plader samt rockwool og glasuld-Batts er sværere at tildanne helt tæt.

Sammensynkning
Isoleringsmaterialernes isoleringsevne reduceres betragteligt, hvis de 'synker sammen' med tiden, f.eks. på lofter, hvor der trædes udenfor eventuelle gangbroer, ved lodret isolering i ydermure, fordi isoleringsmåtterne krummer eller krøller, eller fordi granulat eller kugler synker mere sammen end ved monteringen.

Både rockwool og glasuld samt Foamglas og flamingo har helt stive plader, der ikke kan deformeres ved trin eller tyngdekraften, men her er der så kuldebroproblemer ved tilpasningerne. Papiruld og hørfibre fås kun i 'bløde' måtter eller ruller, der ikke er særligt stive og derfor skal holdes på plads i lodrette eller skrå placeringer ved hjælp af udspændte metaltråde. Træfiberplader fås som navnet siger i plader, der er helt stive og trykfaste.

Fugtdynamik
Først og fremmest må isoleringsmaterialerne ikke på nogen måde holde på den fugt, der uundgåeligt kommer ind i og gennem disse. Her er de 'hårde' og 'lukkede' materialer bedst, Lecanødder, Polystyren og Foamglas, mens de 'bløde' materialer som rockwool, glasuld, papiruld, træfiber og hørfibre er mere tilbøjelige til at suge fugt til sig og holde på denne, så tilstødende træ eksempelvis rådner.

Af disse holder rockwool og glasuld mest på fugten, mens papiruld, træfiber og hørfibre er mindre hygroskopiske. Derfor kræver/anbefaler rockwool og glasuld anvendelsen af (plastik)dampspærrer for at mindske denne fugt, mens papiruld, træfiber og hørfibre ikke gør dette.

Hempcrete og de kapilaraktive indeklimaplader Ytong Multipor, Calcitherm m.fl. virker på en helt anden måde, nemlig ved at absorbere fugtes og afgive denne igen, når den relative luftfugtighed i rummet falder. Dette er en stor fordel for reguleringen af fugten i rummene.

Dampspærrer
Et meget relevant problem i forbindelse med efterisolering er dampspærre-problematikken, hvorved forstås, om der skal indbygges damptætte (plastik)-membraner i de efterisolerede konstruktioner for at hindre, at vanddamp kondenserer på de kolde flader og kuldebroer i konstruktionen. For bindingsværkshuse er denne problematik gennemforsket i 1984-86 med den konklusion, at dampspærrer kun forværrer fugtproblemerne i konstruktionen. Der anbefales derfor ikke, at der opsættes dampspærrer i efterisolerede bindingsværkshuse, hvilket dels

fremgår dels af Slots- og Kulturstyrelsens 'Information om Bygningsbevaring', dels Center for Bygningsbevarings anvisningsblade.

Som nævnt kræver/anbefaler Rockwool og Glasuld anvendelsen af (plastik)dampspærrer for at mindske fugt i efterisolerings-konstruktionen, mens papiruld, træfiber og hørfibre ikke gør dette, bortset fra i deciderede vådrum. Foamglass, Flamingo, Hempcrete og kork kræver på tilsvarende måde heller ikke dampspærrer ligesom Hempcrete og de kapilaraktive indeklimaplader Ytong Multipor, Calcitherm m.fl.

I etageadskillelser kan et lerindskud mellem bjælkerne virke som en god 'dampspærre' og samtidigt 'udtørre' eventuelt fugtudsatte bjælkeender.

Ventileret hulrum
I stedet for dampspærrer har man gennem en årrække benyttet sig af et ventileret hulrum på den udvendige side af isoleringen, bl.a. ved efterisolering af bindingsværkshuse og i tage. Da fugt ifølge fugtdynamikkens natur hele tiden vil forsøge at skabe fugtligevægt i to tilstødende rum/kamre, er et ventileret hulrum, d.v.s. et rum med et meget lavt fugtindhold, i stand til at 'trække' fugten væk fra tilgrænsende fugtmættede rum, i dette tilfælde selve efterisolerings-materialet. Hvis dette vel at mærke vil slippe fugten villigt.

Lecanødder, Foamglass, kork, flamingo, papiruld, træfiber og hørfibre egner sig bedst til at kombinere efterisolering med et ventileret hulrum. Glasuld og rockwool 'holder' erfaringsmæssigt på fugten og bliver let fugtet kritisk op. Et udkast af lermørtel på indersiden af ydervæggen kan eventuelt erstatte det ventilerede hulrum, idet leret vil tiltrække og optage fugt og sågar vanddamp og frit vand meget effektivt. Dette kan hindre, at træmaterialer og andre organiske materialer i konstruktionen opfugtes, så de rådner.

Mus og andre smådyr
I mange ældre huse, især på landet, men i stigende omfang også i byerne, trænger der mus og andre smådyr ind i væg-, gulv- og loftkonstruktionerne om efteråret og vinteren – også selv om man forsøger at tætne sprækker og revner alle steder. Her finder musene ofte ideelle værebetingelser i den varme og bløde isolering, hvor de kan grave gangsystemer og have et muntert liv. Men da dette er ret enerverende at høre på, bør man også tage hensyn til dette ved sit valg af isoleringsmaterialer.

Rockwool og glasuld udgør et sandt eldorado for mus. Løs Leca og flamingo-kugler er umulige for dyrene at grave gange og løbe rundt i og Foamglas- og flamingo-plader er de også utilbøjelige til at grave sig ind i. Det samme gælder Hempcrete og Lecablokke. I papiruld, træfibre og hørfibre er Borax-imprægneringen også generende for mus og andre smådyr.

7.10 Skema over isoleringsmaterialer og anvendelser

	Rockwool Isover	Leca Perlite	Kork Foamglas	Polystyren	Hør/Papir	Træfibre	Ytong og Gasbeton	Microterm	Hemplime	Teglblokke
Kælder	●	◆	■	■	●	●	◆	◆	◆	◆
Terræn, Dæk	◆	◆	◆	■	●	●	●	●	●	●
Etage adskillelse	●	●	◆	●	◆	◆	●	■	●	●
Hulmur	■	◆	■	◆	■	■	●	●	●	●
Indvendig isolering	●	●	◆	●	◆	◆	◆	◆	◆	■
Loft	■	◆	◆	●	◆	◆	●	●	●	●
Tag	■	●	■	●	◆	◆	●	●	●	●

I indvendig efterisolering, uden dampspærre

◆ Velegnet ■ Egnet ● Uegnet

8 Litteratur og links

Bøger og informationsmaterialer

om energiforbedring og indeklima med et bevaringsformål

Kronologisk

2017 Søren Vadstrup: *Bevaringsværdige bygninger – sikring af bevaringsværdier. (3. udg.) 2017*
Søren Vadstrup: *Bevaringsværdige bygninger – gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold. 2017* (denne publikation).

2015 Christoffer Harlang m.fl. (red.):
Om Bygningskulturens Transformation, Gekko Publishing, 2015 (ISBN nr. 978-87-92949-03-5)

2014 Slots- og Kulturstyrelsens Information om Bygningsbevaring 2014, om Energiforbedring
66 informationsblade om vedligeholdelse og istandsættelse af fredede og bevaringsværdige bygninger. Findes kun digitalt.
Redigeret af Søren Vadstrup i 2014

Specielt om energiforbedring og indeklima:
- Energiforbedring af fredede og bevaringsværdige bygninger
- Efterisolering af bindingsværk
- Energiforbedring af vinduer
- Fugt i bygninger:
http://slks.dk/bygningsfredning/bygningsbevaring-2014/13-energiforbedring/

2014 Søren Vadstrup:
BYHUSET. Historie, bevaring, istandsættelse.
Lindhardt og Ringhof, 2014
(ISBN 978-78-11-39073-3)

2014 Søren Vadstrup:
Kridtstenshuse på Stevns. Vedligeholdelse, istandsættelse og energiforbedring.
Stevns Kommune 2014 (ISBN 978-87-993495-1-7)

2012 BAI, Efteruddannelsesudvalget for bygge/anlæg og industri:
Energioptimering i bevaringsværdige og fredede bygninger.
Undervisningsministeriet. 2012
https://materialeplatform.emu.dk/materialer/bogkort/49895859

2010 Brüel, Jeanne:
Energiguide for fredede og bevaringsværdige bygninger.
Bygningskultur Danmark 2010.
http://www.furesoe.dk/Kommunen/Byudvikling/~media/F9EA5C01821142628C35BAC53A16F501.ashx

2010 Søren Vadstrup:
Mit bevaringsværdige hus i Fredensborg.
Fredensborg Bevaringsforening 2010

2008 Søren Vadstrup og Katrine Martensen-Larsen:
Sommerhuset – indretning, reparation og vedligeholdelse. Gyldendal 2008

2004 Søren Vadstrup og Thomas Kampmann:
Vinduer i ældre bygninger. Tekniske forbedringer, Arkitektoniske forbedringer, Energimæssige forbedringer, Lydisolering, dagslyskvalitet og totaløkonomi.
Grundejernes Investeringsfond 2004

2004 Søren Vadstrup:
Huse med sjæl. Om nænsom istandsættelse og bevaringsmæssig forbedring af ældre bygninger.
Gyldendal 2004

2002 Thomas Kampmann:
Vinduers Varmetab. Energi-, kondens- og lydforhold for nye og gamle vinduer i ældre bygninger før 1950. Raadvad-Centeret 2002

2002 Søren Vadstrup:
Gode råd om vinduer i ældre bygninger. Vedligeholdelse, istandsættelse og energiforbedring.
Raadvad-Centeret 2002

Andre relevante informationsmaterialer

2014 Bygherreforeningen og Teknologisk Institut
Vedvarende energiløsninger til eksisterende bygninger. 2014
http://gi.dk/Publikationer/VE-Loesninger_maj2014.pdf

2008 Grundejernes Investeringsfond
'Bedre Boliger' nr 4 2008 Skimmelsvamp – skidt for både beboere og bygning

2008 Pernille Tranberg: *TÆNK nr 86 juni 2008. Kik bag dit klædeskab*

2007 HNG: *Varme Råd – Spar på energien*

2006 Det økologiske Råd:
Energirigtige renoveringer af eksisterende bygninger

Links

Relevante links
til energiforbedring af eksisterende bygninger med et bevaringsformål

Bygningsreglement
Bygningsreglement 2015

Sekretariater
Energimærkning af bygninger

Generelle informationssites
Slots- og Kulturstyrelsen, Information om Bygningsbevaring 2014
Energistyrelsen, SparEnergi
Bolius
Byg-Erfa
Byggecentrum
Center for bygningsbevaring, Anvisninger til Bygningsbevaring
Energitjenesten
RenoverPrisen
Videncenter for energibesparelser i bygninger
HVERRINGE, Centrum for Restaurering

Isolering/efterisolering
VarmeIsoleringsForeningen, VIF, Produktoversigt 2017
Energitjenesten - temasider
Bolius - temaside
Stevns Kommune, energiforbedring af kridtstenshuse

Vinduer
Slots- og Kulturstyrelsen
Center for bygningsbevaring - temasider
Energiforsatsgruppen
Energitjenesten, temasider
Energimærkning af vinduer
Bolius - temasider
Grundejernes Investeringsfond - temasider
Viden om vinduer
Boligejer - temasider

Indeklima og ventilation
Boligejer - temasider

Solvarme og solceller
Alt om solvarme
Energitjenesten - temasider

Vedvarende energi
TEKNIQ - side for boligejere om vedvarende energi
Bygherreforeningen og Teknologisk Institut

Varmepumper og jordvarme
Energitjenesten - temasider
Energistyrelsens sider om varmepumper

Brancherelevante links
Dansk Byggeri
TEKNIQ
Arbejdsgiverne - Industri + Håndværk
Håndværksrådet
Vinduesindustrien
Glasindustrien
VarmeIsoleringsForeningen, VIF

Uddannelses- og forskningsinstitutioner
Statens Byggeforskningsinstitut, AAU
DTU Byg
Center for bygningsbevaring

Ministerier & Styrelser
Energistyrelsen, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, Kulturministeriet, Slots- og Kulturstyrelsen

Bilag A

Bygningsreglementet (BR15) og de bevaringsværdige bygninger

Det gældende Bygningsreglement i Danmark kan findes på hjemmesiden *bygningsreglementet.dk*

Denne håndbog beskæftiger sig med energiforbedringer af eksisterende bygninger, primært bevaringsværdige bygninger, men i og for sig alle andre ældre bygninger. Energikravene til eksisterende bygninger har deres eget kapitel i Bygningsreglementet (BR15): Kapitel 7.4, *Ombygning og andre forandringer i bygningen.*

Hvis eksisterende bygninger ombygges på klimaskærmen, d.v.s. ydervægge, tag og gulv mod terræn, eller hvis der foretages udskiftninger af enkelte dele, eksempelvis døre, vinduer, ovenlys eller skillevægge mod uopvarmede rum, skal bygningen, eller de udskiftede elementer, derfor opfylde energikravene i Bygningsreglements (BR15) Kapitel 7.4.

Hvis bygningen skifter anvendelse, skal bygningen, eller den del af denne, der skifter anvendelse, f.eks. et udnyttet tagrum eller en tilbygning, opfylde energikravene i Bygningsreglementets *Kapitel 7.3 Ændret anvendelse og tilbygninger.*

Fredede bygninger
Dette gælder for almindelige, eksisterende bygninger. Hvis bygningen er fredet, er den ifølge Bygningsreglementets kap. 7.4.1, stk. 3, fritaget for energikravene i Bygningsreglementets kap. 7.4.2, (Energikrav ved ombygninger og andre forandringer i bygningen) og kap. 8.6.2, stk. 2. (Krav om opsætning af solcelleanlæg udenfor de eksisterende fjernvarmeområder).

Bevaringsværdige bygninger
Her siger BR15 i kapitel 7.4.2, stk. 3:

> *BR15 Kapitel 7.4.3 stk.3*
>
> *Bevaringsværdige bygninger, der er omfattet af en bevarende byplanvedtægt, bevarende lokalplan, tinglyst bevaringsdeklaration eller bygninger udpeget i kommuneplanen som bevaringsværdige og bygninger, der af kulturministeren er besluttet udpeget som bevaringsværdige i henhold til bygningsfredningslovens § 19, stk. 1, er ligeledes undtaget fra bestemmelserne i kap. 7.4.2, og kap. 8.6.2, stk. 2, hvis det vil være i strid med den pågældende planlægning eller udpegning at efterleve kravene.*

Dette betyder, at for de bevaringsværdige bygninger, der er omfattet af en bevarende byplanvedtægt, en bevarende lokalplan eller udpeget efter Bygningsfredningslovens §19, stk.1, gælder det, at man i disse tilfælde i planlægningen har ønsket at bevare de pågældende bygningers ydre fremtræden – som led i en bebyggelseshelhed. Derfor er det vigtigt, at den enkelte bygnings bygningskrop, facader, vinduer og døre, udvendige trapper, tag, tagrender og skorstene mm. ikke ændres, teknisk eller visuelt, på en uheldig måde for bevaringsværdierne. F.eks. ved en udskiftning af vinduerne med termovinduer eller andre materialer end træ, udvendig isolering af facaderne, ændring eller hævning af taget og tagmaterialerne, på grund af efterisoleringsarbejder.

De ovennævnte bevaringsværdige bygninger er derfor undtaget fra energibestemmelserne i kap. 7.4.2 og kap. 8.6.2, stk. 2, i Bygningsreglementet, idet det er i strid med den pågældende planlægning at efterleve energikravene, da den by- og bygningsmæssige helhed, man ønsker at beskytte, ellers forringes arkitektonisk og miljømæssigt.

Da udpegningen af det pågældende bevaringsområde primært sker af hensyn til den samlede helhed, der ønskes bevaret, kan man ikke 'nøjes' med at 'beskytte' gadesiden mod skæmmende efterisoleringstiltag, men som minimum også begge tagflader og begge gavle, samt i mange tilfælde også husets bagside.

For de bevaringsværdige bygninger, der er udpeget som enkeltbygninger med anvendelse af SAVE-systemet, hvilket bl.a. fremgår af Kulturstyrelsens Database over Fredede og Bevaringsværdige Bygninger (FBB – se link under litteratur), hvorved de ikke indgår i en bevarende lokalplan eller lignende, gælder det, at de kriterier, bygningen er udpeget efter, ikke må forringes teknisk, arkitektonisk eller visuelt, da de pågældende arbejder i så fald vil være i strid med udpegningen.

Disse kriterier er: *Husets Arkitektoniske værdi, kulturhistoriske værdi, miljømæssige værdi originalitet og teknisk tilstand.*

Ved den *arkitektoniske* værdi forstås bl.a. husets proportioner, materialer og detaljer – herunder facadedetaljer og vinduer, og ved den kulturhistoriske værdi forstås bl.a. husets afspejling af lokale byggetraditioner og håndværksmetoder – bl.a. bindingsværkshuse – herunder

dets sjældenhed, der igen kan være særlige vinduer, facadedetaljer eller yderdøre. Ved husets miljømæssige værdi forstås, hvordan det falder ind i omgivelserne, og ved originalitet forstås hvorvidt de originale bygningsdele som vinduer, døre, facader, overflader og tag er i behold.

De ovennævnte bevaringsværdige bygninger er derfor undtaget fra energibestemmelserne i kap. 7.4.2 og kap. 8.6.2, stk. 2, i Bygningsreglementet, idet det er i strid med den pågældende udpegning at efterleve energikravene, da de samlede bevaringsværdier, bygningen besidder, og som man ønsker at beskytte gennem udpegningen, ellers forringes arkitektonisk, kulturhistorisk eller antikvarisk.

Netop fordi det er bygningens samlede bevaringsværdi, der udgør de kriterier, den udpeges som bevaringsværdig efter, kan man ikke 'nøjes' med at 'beskytte' gadesiden mod skæmmende efterisoleringstiltag, men som minimum også begge tagflader og begge gavle, men i mange tilfælde også husets bagside.

Dette betyder, at en efterisolering af en bevaringsværdig bygning ikke kan omfatte:

- Udskiftning af oprindelige vinduer af træ med nye termo- eller energivinduer af træ, plastik eller træ-alu.
- Udskiftning af oprindelige yderdøre eller porte – undtagen med nøjagtige kopier af disse
- Udvendig facadeisolering – gælder også gavle og husets bagside.
- Efterisolering af taget, hvor taghøjden hæves synligt og tagmaterialet ændres til andre materialer – men gerne, hvis efterisoleringen bevarer de nuværende materialer og det nuværende arkitektoniske udtryk.

Da ejere af bevaringsværdige bygninger naturligvis, som alle andre, er interesseret i at spare på energiforbruget i bygningen, kan man energiforbedre denne på én af følgende måder:

a. Istandsætte og energiforbedre de eksisterende gamle vinduer af træ med indvendige forsatsvinduer med energiglas eller energiruder (side 42-45). Dette er i parentes bemærket også en bedre energimæssig løsning end udskiftning af vinduerne med nye termovinduer.

b. Hvis huset har hulmur, kan man hulmursisolere ydermurene og herefter opnå den eventuelt resterende energibesparelse på anden vis (jf. § 22 i Byggeloven), f.eks. ved at efterisolere i større omfang mod terræn eller i taget eller ved at isolere varmerør etc.

c. Man kan udføre en indvendig isolering under vinduesbrystningsniveau, som beskrevet i denne håndbog (side 30-36), og så opnå den eventuelt resterende energibesparelse på anden vis (jf. § 22 i Byggeloven), d.v.s. ved at efterisolere i større omfang mod terræn eller i taget eller ved at isolere varmerør etc.

d. Man kan med henvisning til Bygningsreglementets kap. 7.4.2, stk. 4 og 5, udføre de energibesparende foranstaltninger, der er rentable og fugtteknisk forsvarlige, og undlade de ikke rentable og fugtteknisk forsvarlige.

   En op til 15 cm tyk indvendig isolering, plus beklædning, for at opfylde energikravene på en U-værdi på 0,20 W/m^{2}K, er ikke fugtteknisk forsvarligt for f.eks. bindingsværksbygninger.

   En udvendig isolering vil for et bindingsværkshus vedkommende heller ikke være fugtteknisk forsvarlig, da bindingsværkstømmeret vil komme til at sidde inde midt i en konstruktion med stor risiko for opfugtning.



Rent bort set fra de arkitektoniske og bevaringsmæssige omkostninger vil de økonomiske omkostninger ved at etablere en indvendig efterisolering af denne ydervæg, incl. flytning af paneler, loftsstuk m.v., være så store, at arbejderne ikke vil være rentable. Ikke mindst set i forhold til den ret lille isoleringsmæssige effekt, der kan opnås.

Det betyder ikke, at man som ejer ikke skal energiforbedre bygningen mest og bedst muligt, men for både fredede og bevaringsværdige bygninger må dette ske med hensyntagen til bygningens bærende bevaringsværdier.

Hvis en fredet eller bevaringsværdig bygning ombygges, så den ændrer anvendelse, f.eks. en stald, der indrettes til beboelse, gælder ovennævnte undtagelse i Bygningsreglementet ikke.

For sommerhuse gælder der andre og lempeligere energibestemmelser til f.eks. ydervægge, døre og vinduer end for bygninger, anvendt til helårsbeboelse.

Ikke-fredede og ikke-bevaringsværdige bygninger
Er bygningen ikke fredet eller bevaringsværdig, skal den ved en almindelig ombygning opfylde kravene i Bygningsreglementets kap. 7.4.2 og 7.4.3. Man kan imidlertid også her, med henvisning til Bygningsreglementets kap. 7.4.2, stk. 4 og 5, nøjes med at udføre de energibesparende foranstaltninger, *der er rentable og fugtteknisk forsvarlige*. Det vil sige de i denne håndbog nævnte løsninger.

En udvendig isolering vil eksempelvis for et bindingsværkshus vedkommende ikke være fugtteknisk forsvarlig, da bindingsværkstømmeret vil komme til at sidde inde midt i en fugtsamlende konstruktion.

Rentable energibesparelser
Formålet med at foretage energibesparende foranstaltninger på eksisterende bygninger er naturligvis at spare på energien, men det er nok lige så vigtigt også at spare penge til opvarmning m.v. Det sidste kræver, at den investering, man har foretaget i energiforbedringerne på huset, også kan tjene sig selv hjem efter en vis tid.

Dette tager Bygningsreglementet højde for, idet der skal foretages en beregning over de påtænkte energiforbedringers rentabilitet. Hvis (besparelsen x levetiden) / investeringen er under tallet 1,33, er arbejdet ikke rentabelt. Husejeren er dermed ikke forpligtet til at gennemføre arbejdet. Baggrunden for denne koefficient er, at en energiforbedring for at være rentabel, skal have tjent sig selv ind i sparede energiomkostninger m.m. indenfor 75% af den forventede levetid af de udførte arbejder. Se *www.bygningsreglementet.dk,* kap. 7.4.

I nedenstående tabel er angivet levetider for forskellige energibesparende arbejder, jf. Bilag 6 til Bygningsreglementet (BR15)

Efterisolering af bygningsdele, Ydervægge, terræn/gulv, loft/tag	40 år
Vinduer samt forsatsrammer og koblede rammer	30 år
Varmeanlæg, radiatorer og gulvvarme samt ventilationskanaler og armaturer inklusive isolering	30 år



De fleste kan godt se, at det ikke er muligt at udføre en udvendig efterisolering på de mange murede huse, med fine facadedekorationer, der er opført før 1960. Men hvad så med deres gård- og bagfacader? Som billedet viser, er dette også op ad bakke, for her sidder vinduerne ofte endnu tættere, og de gamle facader har deres helt egen 'baggårdscharme'.

Af Bilag 6 til Bygningsreglementet på www.bygningsreglementet.dk/br10_02_id5175/0/42) fremgår det endvidere, hvilke energiforbedrings-løsninger, der normalt er rentable, og hvis der er foretaget energimærkning af ejendommen, vil rentable arbejder sædvanligvis fremgå af energimærkningen.

BR15 fastslår herefter, at 'afhængig af den konstruktive udformning og bygningens isoleringstilstand kan der være løsninger, der ikke er rentable, Ligeledes kan der være løsninger, der ikke kan gennemføres fugtteknisk forsvarligt. Disse arbejder skal ikke gennemføres'.

Bilag 6 til BR15 indeholder en vejledning i afgrænsning af de arbejder, der er rentable. I særlige tilfælde med komplicerede bygningskonstruktioner kan de tiltag, der er beskrevet i bilag 6, ikke gennemføres på rentabel vis. Her skal der så foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. Det kan f.eks. være, at man, hvis man for at bibeholde bevaringsværdierne, skal flytte indvendige lysningspaneler, indvendige brystningspaneler eller fodpaneler, indvendig stuk eller døre, placeret helt ude ved ydervæggen – hvorved der påføres ejeren store omkostninger.

Tilsvarende påføres der også ejeren store omkostninger, hvis man ved en udvendig efterisolering af en bevaringsværdig bygning skal flytte vinduerne ud i facaden, flytte og retablere gesims, tagudhæng, facadedekorationer m.m.

Specielt vedrørende vinduer

7.4.2. Krav ved ombygning og andre forandringer i bygningen

stk. 1
Krav til isolering af klimaskærm

Skema over U-værdier	U-værdi W/m2 K
Ydervægge og kældervægge mod jord	0,18
Varmeanlæg, radiatorer og gulvvarme samt ventilationskanaler og armaturer inklusive isolering	0,40
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventileret kryberum.	0,10
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventileret kryberum, hvor der er gulvvarme.	0,12
Loft- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge, flade tage og skråvægge direkte mod tag.	0,12
Porte	1,80
Lemme, nye forsatsvinduer og ovenlyskupler.	1,40
Renoverede forsatsvinduer	**1,65**

Vinduer og yderdøre

Kravene i stk. 1 gælder for de faktiske størrelser af porte, lemme, forsatsvinduer og ovenlyskupler.

Nye forsatsvinduer (1+2) dækker den samlede løsning for nye vinduer kombineret med en ny ekstra, selvstændig ramme/karm.

Renoverede forsatsvinduer er vinduer, der demonteres, renoveres og genmonteres i en anden bygning. Udtagning af vinduer for arbejde, der kan sidestilles med løbende vedligeholdelse som for eksempel malerbehandling, kitning og reparation, er i denne sammenhæng ikke et renoveret vindue, hvis vinduerne genmonteres i samme bygning.

Der er ikke krav til den energimæssige ydeevne af forsatsrammer, der monteres på eksisterende, blivende vinduer. Ved udskiftning af vinduer må energitilskuddet gennem vinduet i opvarmningssæsonen ikke være mindre end ÷17 kWh/m^2 pr. år.

Energitilskuddet beregnes for et referencevindue på 1,23 m x 1,48 m forsynet med producentens standardrude. For et vindue udformet f.eks. som dannebrogsvindue eller forsynet med friskluftsventil benyttes ligeledes kravet for referencevinduet, forudsat vinduet forsynes producentens standardrude.

Indeklimaforhold

Bygningsreglementet opsætter regler for fire områder i relation til bygningers indeklima: Det termiske indeklima (temperatur og varme), Luftkvalitet, Akustisk indeklima, Lysforhold. Selv om reglementet er udformet til nybyggeri, må de samme krav kunne forventes opfyldt af eksisterende bygninger, herunder bevaringsværdige bygninger. Her er kun citeret de direkte relevante krav:

Termisk indeklima
Bygninger skal opføres, så der under den tilsigtede brug af bygningerne i de rum, hvor personer opholder sig i længere tid, kan opretholdes sundhedsmæssigt tilfredsstillende temperaturer under hensyn til den menneskelige aktivitet i rummene.

Luftkvalitet - Ventilation
Bygningsreglementet har en række krav til ventilation i nybyggeri. *Disse skal ikke gennemføres i forbindelse med renovering af eksisterende bygninger.*

Først og fremmest skal ventilationen fjerne "forurening" fra boligen, især fra køkken, bad og toilet – de våde rum. Ventilationen skal også sørge for, at der bliver tilført frisk udeluft til opholdsrummene som erstatning for den fjernede luft. Ventilationen tilfører ny ilt samtidig med, at den kuldioxid, vi udånder, fjernes.

Udover fugt og kuldioxid mindsker ventilationen også forureningen fra partikler, radon, kvælstofilter, formaldehyd og andre opløsningsmidler i indeklimaet.

Tilførsel af udeluft skal tilvejebringes gennem åbninger direkte til det fri eller med ventilationsanlæg med indblæsning.

Luftkvalitet – forurening fra byggematerialer
Byggematerialer må ikke afgive gasser, dampe, partikler eller ioniserende stråling, der kan give anledning til utilfredsstillende sundhedsmæssige indeklimaforhold.

Spånplader, træfiberplader, krydsfinerplader og lignende plader, der indeholder en formaldehydafgivende lim, må kun anvendes, såfremt formaldehydafgivelsen ikke giver anledning til et sundhedsmæssigt utilfredsstillende indeklima.

Asbestholdige materialer må ikke anvendes.

Mineraluldsholdige materialer med overflader mod indeklimaet skal være forsvarligt konstruerede, og de anvendte materialer skal være holdbare og velegnede til formålet, så de ikke afgiver mineraluldsfibre til indeklimaet.

Akustisk indeklima
Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.

Luftlydsisolationen i vægge og etageadskillelser skal være større end 53 dB, og trinlydniveauet må ikke overstige 58 dB. Ved støj fra veje og jernbaner over 55 dB skal der lydisoleres, så støjniveauet indendørs ikke overstiger 30 dB.

Hvis rum med særlig generende støj grænser op til boliger og fælles opholdsrum, skal særskilte lydisolerende tiltag iværksættes.

Tekniske installationer må ikke give et generende støjniveau umiddelbart uden for bygningernes vinduer og på rekreative arealer, herunder altaner, tagterrasser, uderum og lignende.

Lysforhold
Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.



De for København og Frederiksberg så typiske 'Østerbrovinduer' og 'Frederiksbergvinduer' opfylder med deres store midterrude og to sideruder til fulde Bygningsreglementets krav om 'velbelyste' rum. Yderligere spreder de hvide, afrundede profiler på lodposte, sidekarme, gående rammer og vinduespladen, samt vinduehullets lysningspaneler lyset i rummet på en blød og behagelig måde, der modvirker blænding og overophedning.

Bilag B

Forskning og forsøg med energiforbedring af ældre bygninger i Danmark

Langt størstedelen af den forskning og de forsøg med energi og bygninger, der har været gennemført de senere år, retter sig stort set udelukkende mod nybyggeri – de såkaldte lavenergihuse, passivhuse eller nul-energihuse.

Der har kun været nogle få forskningsprojekter, der direkte relaterer sig til energiforbedring af eksisterende, ældre huse. Det er bl.a. fra disse, at denne håndbog bygger sin viden, oplysninger og anbefalinger fra.

Istandsættelse, energiforbedring og nye vinduer til ældre huse

Baggrunden for 'Projekt Vindue', der bl.a. var finansieret af Energistyrelsen og Grundejernes Investeringsfond i årene 1999-2009 er, at Danmarks historiske bygningskultur er knyttet til ramme- og sprossedelte vinduer. Et typisk dansk vindue, som de så ud frem til ca. 1960 er fremstillet af fyrretræ og består af to udadgående, sidehængte vinduesrammer, sat i en karm med en lodret lodpost i midten.

Dette er et meget væsentligt element i den danske bygningskultur, som er meget vigtigt at bevare.

Hvis vinduerne i ældre bygninger udskiftes med vinduer med hele, store ruder, som vi bl.a. så det under 'energikrisen' i midten af 1970'erne, er dette indgreb ødelæggende, rent arkitektonisk og bevaringsmæssigt for det enkelte hus, men også for Danmarks ældre bygningskultur som helhed. Skal man energiforbedre ældre danske vinduer har man den oplagte mulighed at anbringe et nyt indadgående vindue på den indvendige side af det gamle vindue. Et såkaldt forsatsvindue.

I midten af 1950'erne introduceredes fra Belgien de såkaldte 'termoruder', d.v.s. to stykker vinduesglas, der er limet på hver side af en kantprofil af metal, hvorved der fremkommer et isolerende mellemrum mellem glassene med stillestående luft. Vinduer med termoruder bredte sig i 1970'erne som bekendt også til vinduesudskiftninger på ældre huse, der tidligere havde ramme- og sprossedelte vinduer, og ret hurtigt fandt vinduesfabrikkerne også ud af at fremstille termovinduer med små ruder, opdelt af sprosser, der passede bedre til husene end de store helrudede vinduer.

I 1990 introducerede rudebranchen en ny generation termoruder, nemlig 'energiruder' med en stærkt forbedret (center-) U-værdi, hele 0,8-1,1 W/m^{2}K, mod de gamle termoruders 2,8 W/m^{2}K, takket være en avanceret 'energibelægning' på de indvendige ruder i termoruden samt en isolerende gas i glasmellemrummet.

Projekt Vindue I – sammenlignende energiberegninger for hele vinduet (1999-2000)

I forbindelse med at den danske stat i 1999 bevilgede 40 mil kr. (5,3 mil €) til en landsdækkende kampagne for at fremme brugen af energiruder, angiveligt for at reducere CO_2-udledningen fra bygninger, udførte Danmarks Tekniske Universitet en rapport over den videnskabelige status på dette tidspunkt, herunder hvilke problematiske ting der var ved energiruder.

I forhold til vinduer i ældre bygninger, der som nævnt er ramme- og sprossedelte, ønskede Energistyrelsen i samarbejde med Raadvad-Centeret og Danmarks Tekniske Universitet at finde ud af: Hvor meget det såkaldte randtab (kuldebroer) langs energirudernes kanter betyder for hele vinduets samlede energiegenskaber, når vinduet består af små ruder.

Om man kan forbedre gamle trævinduers energi-egenskaber med forsatsvinduer med hardcoated glas og energiruder. Herunder sammenligne disse med tilsvarende nye vinduer af træ, plastik eller træ-alu med udvendige energi-termoruder.

Projektet omfattede herefter energiberegninger på DTU efter beregningsprogrammet THERM for tre forskellige vinduestyper fra typiske danske etageejendomme:

- Energiforbedrede, eksisterende vinduer med både energiglas (1+1) og energiruder (1+2)
- Nye vinduer i samme størrelser og sprosseinddeling af træ, plastik og træ-alu, både med ægte og pålimede sprosser.

Resultaterne af disse undersøgelser viste til stor overraskelse for mange, at den energimæssigt bedste vinduesløsning for alle tre vinduestyper, d.v.s. den løsning, der sparer mest på varmen for husejeren, er et gammelt, originalt vindue forsynet med et indvendigt forsatsvindue med energiruder (1+2 – i alt tre lag glas). Næstbedst, lige herefter, var et gammelt originalt vindue forsynet med indvendige forsatsvinduer med energiglas (1+1 – to lag glas). Som nummer 3 kommer et nyt vindue af træ, magen til de gamle vinduer, men med koblede rammer.



Danmarks bygningskultur fra før 1960 er stærkt knyttet til huse i murværk med velanbragte og velproportionerede vinduer af træ – med fine og velfungerende detaljer: Beslag, sprosser, profileringer og et rigeligt og smukt dagslys. Energistyrelsens og Grundejernes Investeringsfonds 'Projekt Vindue' (1999-2009) handlede bl.a. om, hvordan man kan energiforbedre de oprindelige vinduer, så man kan undgå at skifte dem ud, og dernæst om at udforme nye energiforbedrede vinduer af træ, der er tilpasset arkitektonisk og teknisk til de historiske bygninger – der hvor de oprindelige vinduer uheldigvis allerede er skiftet ud. Dette arbejde skete via forskning, forsøg, laboratorieprøvninger og 1:1-afprøvning i historiske huse. Resultaterne fremgår bl.a. af denne publikation.

Først herefter kom de meget avancerede, nye termovinduer med energiruder og falske, pålimede sprosser.

Projektet er afrapporteret i:
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
Thomas Kampmann: Vinduers varmetab. Raadvad-Centeret 2002
Søren Vadstrup: Gode råd om vinduer i ældre bygninger. Raadvad-Centeret 2002

Projekt Vindue II – Hot-box-målinger, støj-, livscyklus og totaløkonomi (2002-2004)

Som det ses, viste undersøgelsen også det ret overraskende resultat, at mange nye termovinduer, trods anvendelsen af de bedste lavenergiruder, var så dårligt isolerende med små rudeformater og rammeopdelte vinduer, at de ikke kunne opfylde Bygningsreglementets krav om en U-værdi for hele vinduet på 1,8 W/m^{2}K.

Nogle mente, at grunden hertil var, at der kunne være fejl i de beregningsprogrammer, som man benyttede til disse undersøgelser. Der blev derfor fremstillet prototyper i den såkaldte CEN-størrelse (1230 mm x 1480 mm), der er den oftest benyttede europæiske test-størrelse af vinduer. Disse kunne anbringes i en såkaldt 'Hot-box' i laboratoriet på DTU, hvor man så kunne måle energiegenskaberne på det konkrete vindue – for at sammenligne dette med beregningerne ud fra tegningerne.

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 varmestrøm hen over denne, dvs. at alt varmetab fra målekassen vil ske ud gennem vinduet. Den tilførte effekt til el-panelet svarer derfor til varmetabet ud gennem vinduet og er således udtryk for vinduets U-værdi.

Der blev fremstillet, to koblede test-vinduer, eet der var småsprosset og eet med en enkelt tværsprosse. Derudover blev et enkeltsprosset vindue med indvendige forsatsvinduer også testet. Resultaterne fra Hot-box-målingerne bekræftede imidlertid stort set målingerne, så der kunne ikke konstateres en fejlkilde for de fundne meget gode energidata for koblede vinduer og forsatsvinduer her.

Da vindues-prototyperne nu var fremstillet, udførte man to forsøg mere med disse.

- *Målinger af de trafik-støjdæmpende egenskaber*
  De forskellige bevarings-løsninger blev testet på et lydlaboratorium for sine lydisolerende egenskaber, med forskellige kombinationer af forsatsrammer. Bl.a. med kraftigere rudetykkelser i de indvendige rammer, f.eks. en 8 mm rude. Forsatsvinduerne viste sig ikke overraskende at have bedre støjdæmpende egenskaber end moderne, specialbyggede lydruder.

- *Dagslyskvalitet*
  Vinduerne har endvidere været testet i SBI's dagslyslaboratorium, hvor opsprossede vinduers dagslysforhold var under lup. En af konklusionerne ved disse forsøg var, at de tynde, profilerede sprosser, modsat hvad mange tror, ikke tager lys, men til gengæld spreder dagslyset ud, hvorved rummet opleves som lysere, bl.a. uden 'mørke' hjørner bag vinduerne.

- *Miljø- og livscyklusanalyse*
  Livscyklusundersøgelserne, der blev udført af Statens Byggeforskningsinstitut, viste også entydigt, at istandsættelse og energiforbedring af ældre vinduer belaster miljøet langt mindre end nye tilsvarende termovinduer med lavenergiruder:

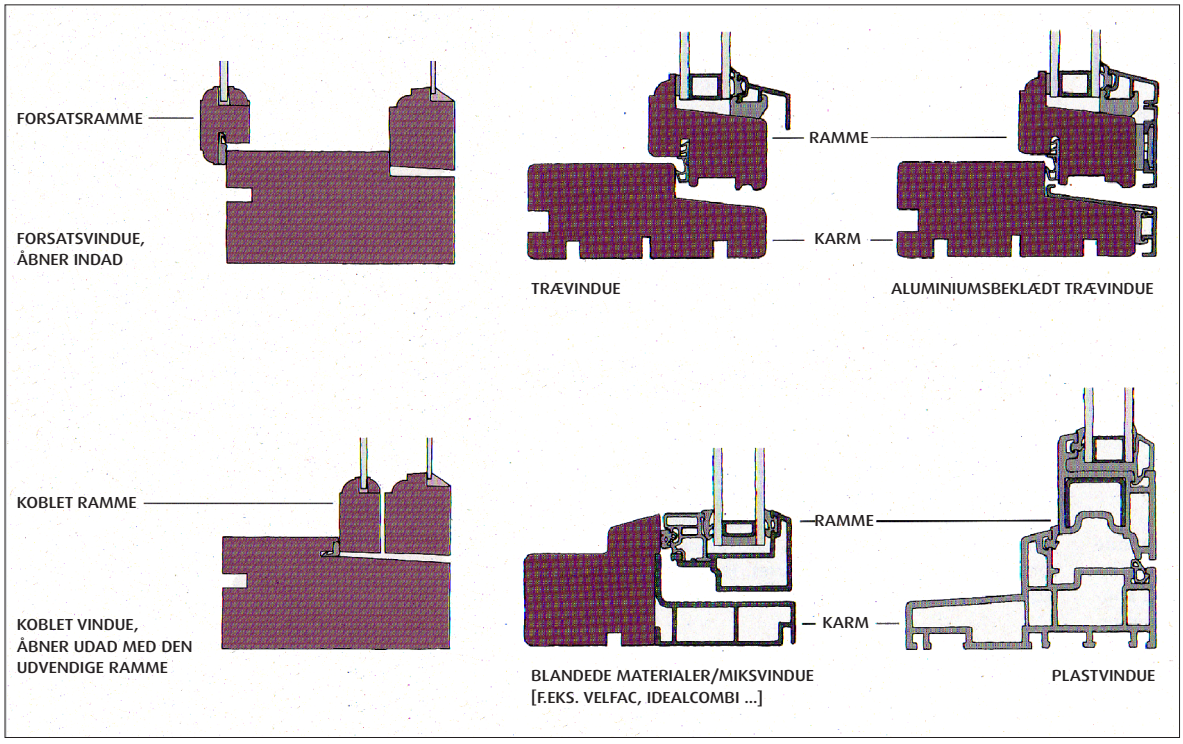
Ældre vindue, renoveret og forsynet med vinduer med forsatsenergiglas:	4,8 mPE
Nyt termovindue af træ med lavenergiruder:	9,7 mPE
Nyt termovindue af PVC med lavenergiruder:	11,6 mPE
Nyt termovindue af træ-alu med lavenergiruder:	13,6 mPE

mPE = millipersonekvikvalenter

Hvis man som husejer eller kommune prioriterer miljøhensyn og bæredygtighed højt, er der i hvert fald ingen som helst tvivl her: Bevaring og energiforbedring af eksisterende vinduer belaster miljøet over 50% mindre end nye termovinduer af træ, plastik eller træ-alu med 1.1 lavenergiruder.

- *Totaløkonomi*
  Totaløkonomiske vurderinger er indført som krav i offentligt støttet byggeri fra 1998 og er fra år 2000 indført som krav for statsligt byggeri. Kravet om totaløkonomiske vurderinger skal også anvendes på ombygningsarbejder, når disse gennemføres efter et projektmateriale og har et sådant omfang, at de i det væsentlige organiseres og afvikles som en byggesag.

  Totaløkonomi er et godt redskab i beslutningsprocessen, da det muliggør sammenligning af alternative løsninger, og man kan f.eks. se, om det kan betale sig at investere i kvalitet og lang holdbarhed. For at kunne sammenligne udgifter, som afholdes



De seks vinduestyper, der blev energiberegnet efter beregnings-programmet THERM, i overensstemmelse med DS 418's sidste revisioner på dette tidspunkt. Vinduet måler 116 x 183 cm, svarende til et typisk 'Dannebrogsvindue' i de københavnske etagehuse fra historicismen.

på forskellige tidspunkter i forskellige år, omregnes alle udgifter til et tidspunkt kaldet nuværdien. Ved beregningerne tages hensyn til inflationen.

Beregningerne viser, at de samlede totaløkonomiske omkostninger er lavest for reparation af oprindelige vinduer sammenlignet med de oftest anvendte typer af nye vinduer med lavenergiruder. Dårligst og dyrest er nye træ/alu-vinduer. Beregningerne gælder for vinduer til den ældre boligmassse med relativt små rudestørrelser.

Afrapporteringer af disse projekter kan læses i:

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
Søren Vadstrup og Thomas Kampmann: Vinduer i ældre bygninger Tekniske forbedringer, Arkitektoniske forbedringer, Energimæssige forbedringer, Lydisolering, dagslyskvalitet og totaløkonomi. Grundejernes Investeringsfond 2004 (ISBN 87-988882-1-8)
Thomas Kampmann: Støjgener. Hvordan opnås den bedste støjisolering af vinduer? www.bygningsbevaring.dk/files/Vinduers%20lydisolation,%2GI%20arktikel,2.pdf
Thomas Kampmann : Vinduers samlede miljøbelastning Livscyklusanalyse af fire vinduestyper – eller hvordan man billigt og bekvemt begrænser CO_2-udslippet mærkbart. www.bygningsbevaring.dk/files/Vinduers%20livscyklusanalyse,%20GI%20artikel,2.pdf
Thomas Kampmann: Hvad koster et vindue, Totaløkonomisk valg af vinduer. www.bygningsbevaring.dk/files/Vinduers%20totaløkonomi,%20GI%20arktikel4.pdf

Projekt Vindue III 1:1-forsøg i 3 etageejendomme i København (2004-2008)

I Projekt Vindue III blev der gennemført tre 1:1-forsøgsprojekter på tre etageejendomme i København. I de to etageejendomme blev vinduerne til gadesiden udskiftet med nye, koblede vinduer, og til gårdsiden blev der isat nye termovinduer af træ i almindelig 'byfornyelses-standard'. På den tredje etageejendom blev vinduerne bevaret, istandsat og energiforbedret.

Med dette forsøg gik man først og fremmest ud fra de virkelige priser på tre konkret gennemførte projekter. Inklusive transport, isætning, følgearbejder, afsluttende arbejder. Ingeniører fra DTU foretog herefter en række energimålinger på stedet, herunder bl.a. termofotografering, og derudover også energiberegninger på computer.

Det tidligere By- og Boligministerium betalte udførelsen af disse forsøg gennem byfornyelseslovens forsøgsmidler. Med til dette forsøg, der ligger i Horsensgade 10-12, Florsgade 3-5 og Åboulevarden 84-86 i København, hører imidlertid også, at ejerne, beboerne og alle os andre kan følge med i, hvordan vinduerne klarer sig de kommende år.

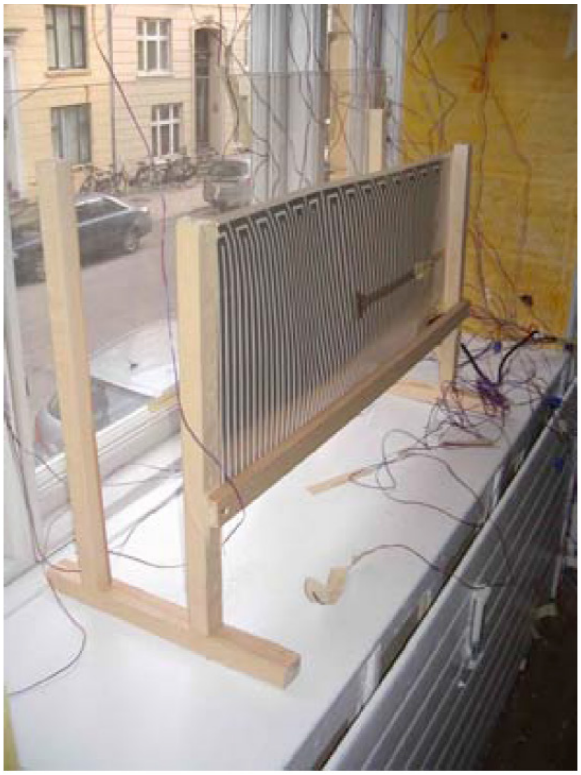


Florsgade 3-5 i København, der var et af forsøgsprojekterne for Raadvad-Vinduet i København. Til venstre for nedløbsrøret ses de originale vinduer, før udskiftningen. Til højre for nedløbsrøret ses nabohuset Florsgade 7, der er i helt samme stil, hvor der tidligere er foretaget en vindues-udskiftning med termovinduer, uden sans for en arkitektonisk tilpasning til husets arkitektur og de oprindelige vinduers udseende. Forsøget skulle vise, at det er muligt at fremstille nye vinduer af træ, der er helt magen til de gamle, samtidigt med at de både isolerer bedre for varmen og koster mindre end diverse standard-termovinduer på markedet – som dette.

Nr	Vinduesløsning ('Frederiksbergvinduer')		Anskaffelse	Total nuværdi	Per år
1	Åboulevarden	1+1-forsatsvinduer med energiglas	10.300 kr.	11.250 kr.	375 kr.
2	Horsensgade	1+1 Nye koblede vinduer med energiglas	10.835 kr.*	11.630 kr.	388 kr.
3	Florsgade	1+1 Nye koblede vinduer med energiglas	13.521 kr.	13.542 kr.	451 kr.
4	Horsensgade	Nye termovinduer med 1.1 lavenergiruder	8.013 kr	16.131 kr	538 kr
5	Florsgade	Nye termovinduer med 1.1 lavenergiruder	9.523 kr	18.141 kr	605 kr

1: Et nyt koblet vindue af træ med energiglas (i to bygninger)
2: Et nyt termovindue af træ med energiruder (i to samme bygninger)
3: Istandsættelse og energiforbedring af de eksisterende, originale vinduer af træ





DTU's 'Storm-P-opstilling' til måling af det konkrete varmetab på stedet gennem det nye koblede 'Frederiksbergvindue' opsat i Florsgade 3-5 i København. Det samme forsøg blev gjort med tilsvarende nye standard-3-fags-termovinduer til gårdsiden. Forsøget viste, at de nye koblede vinduer og termovinduerne havde stort set samme varmetab, nemlig en U-værdi på 1,7, hvilket svarer til de foretagne computerberegninger for de samme vinduer. Mest interessant var det, at de nye koblede vinduer rent totaløkonomisk var noget billigere end de tilsvarende standard-termovinduer, som det fremgår af skemaet på forrige side, nemlig 13.542 kr mod 18.141 kr.

Totaløkonomi
I den totaløkonomisk opstilling, der er grundlaget for det økonomisk bedste valg, indgår anskaffelsesprisen, alt inklusive, i de konkrete gennemførte byggesager, vinduernes reelle varmetab, som DTU har målt det på stedet, omregnet til den beregnede varmeudgift, den årlige løbende vedligeholdelse, jf. vinduernes medfølgende vedligeholdelses-vejledning samt den erfaringsmæssige levetid for vinduerne, inklusive energirudernes reelle levetid.

I den samlede vurdering indgår også de valgte vinduers æstetiske og arkitektoniske tilpasning til det eksisterende hus som en vigtig parameter.

Jacob Birck Laustsen: *Måling og beregning af samlet U-værdi af "Frederiksberg-vindue", 1920 med koblede rammer. Sagsrapport BYG·DTU SR07-04 2007. ISSN 1601-8605.)*
Vadstrup, Søren: *RAPPORT for 1:1-afprøvning af RAADVAD-VINDUET i to byfornyelsesprojekter i København, Horsensgade 10-12 og Florsgade 3-5. Februar 2008). http://byfornyelsesdatabasen.dk/file/274319/dok.pdf*

Efterisolering af eksisterende bygninger

Efterisolering af Køge-Villa
Isoleringsfirmaet Rockwool har sammen med DTU·BYG gennemført et forsøg med efterisolering af en 'Bedre Byggeskik' Villa' ('Murermester-villa') ved Køge, hvor der har været gennemført en konkret efterisolering af husets vægge, gulv og tag samt energiforbedring med forsatsvinduer, hvorefter villaens årlige varmeforbrug har været registreret både før og efter efterisoleringen. (se nærmere side 52-55)

Energirigtige renoveringer af eksisterende bygninger
Det Økologiske Råd har udgivet hæftet 'Energirigtige renoveringer af eksisterende bygninger' (2006). Denne repræsenterer dog ikke ny forskning, men en oversigt over den eksisterende viden, samt en række nyttige anbefalinger.

Det grønne parcelhus
Arkitektfirmaet Tove Lading Arkitekter har udgivet Det grønne parcelhus 4 pjecer med råd til parcelhusejere om miljørigtig drift og vedligehold – om vinduer, køkkener, vandforbrug og solenergi. Udarbejdet for Danmarks Tekniske Universitet og Miljøstyrelsen.

Korrekt efterisolering ved bygningsforbedring
SBi, Statens ByggeforskningInstitut gennemførte for Socialministeriet projektet 'Korrekt efterisolering ved bygningsforbedring' (2004-2006). Samarbejdspartnere er Dansk Byggeri og Byggeskadefonden vedr. Byfornyelse.

Projektet skal munde ud i en SBI-Anvisning om 'Korrekt efterisolering ved bygningsforbedring'.

Energioptimering af Fæstningens Materialegård i København 2007-09.
For ejeren Realea udførte Varmings Tegnestue, Strunge A/S og det daværende Kulturarvsstyrelsen et projekt med energiforbedring af en fredet bygning, uden at dette skulle influere negativt på bygningernes bærende fredningsværdier.

Forsøgene havde følgende delelementer:
- Måling af tæthed før og efter tætning
- Termofotografering
- BSIM-simuleringsmodel
- Beregninger af energiforhold, indeklimaforhold, dagslysforhold, fugtforhold og ventilationsbehov før og efter energiforbedringer
- Cost-benefit vurderinger over mulige energiforbedringer ud fra arkitektoniske, energieffektive og arbejdsmiljø-parametre.

Afrapportering af dette projekt kan ses på:
www.realea.dk/Ejendomme/V-ae-lg%20ejendom/Project.aspx?id={0E535B2E-B298-46E4-912E-367DB6EE2694}.

Indeklima i eksisterende bygninger

Den sunde bolig
SBS-Rådgivning gennemførte for Socialministeriet projektet 'Den sunde bolig. Et redskab for bygherrer og rådgivere når ejendommen skal renoveres' (2006). Der er udkommet en publikation: Den sunde bolig. Den tilhørende hjemmeside er ophørt.

Naturlig ventilation i etageejendomme
Arkitektfirmaet Friborg og Lassen og rådg. Ing. Eduard Troelsgaard afsluttede, i 2006, et projekt for byfornyelsesforsøgsmidler om Naturlig ventilation i etageejendomme. Se byfornyelsesdatabasen/forsoegogudvikling/0/5/1840334.

Ordforklaringer

A

Arkitekturstilarter i dansk arkitektur:
Renæssance: 1550 – 1650
Barok: 1650 – 1760
Rokoko: 1740 – 1760
Klassicisme: 1760 – 1850
Senklassicisme: 1830 – 1860
Historicisme: 1850 – 1930
Schweizerstil: 1890 - 1915
Nyklassicisme/Bedre Byggeskik: 1915 – 1935
Funktionalisme/Modernisme: 1930 - 1970

Armering, armeringsnet: Et netværk af ståltråd eller glasfiber, der kan fastgøres til en bund, f.eks. murværk, og derved bruges til at fastgøre et yderligere lag, f.eks. et pudslag, uden på denne. Se illustration side 33.

Asbest: Ikke-brændbart materiale, fremstillet af mineralfibre og anvendt bl.a. til isolering og tagbeklædning. Benyttedes også i eternitplader til vægge, lofter og tage. Asbestfibre er sundhedsskadeligt at indånde, så asbest blev forbudt i Danmark i 1980, men mange ældre bygninger indeholder stadig asbestplader i lofterne eller asbestholdige eternitplader på taget.

B

Barok: Se Arkitekturstilarter.

BBR - Bygnings- og Boligregisteret: Et elektronisk register, som blev oprettet i 1976 med det formål at tilvejebringe oplysninger til brug for fx ejendomsvurdering, planlægning og statistik.

Bedre Byggeskik: Se Arkitekturstilarter.

Bevarings- og energisyn: En energi-gennemgang på en eksisterende bygning, der ud over de energimæssige forhold også tager hensyn til bygningens bærende bevaringsværdier. Anbefales derfor til alle ældre bygninger. Se side 16-17.

Bevaringsforening: En forening i en kommune, en by eller en bebyggelse, der arbejder for at bevare og udvikle bygningskulturen på et oplyst og kvalificeret grundlag. En bevaringsforening består typisk både af husejere og andre interesserede i områdets bygningskultur.

Bevaringsværdig bygning: En bygning, hovedsagelig opført før 1960, der er registreret af kommunen som bevaringsværdig efter SAVE-systemet, det vil sige med en SAVE-værdi fra 1-3(4), og som derfor er underlagt forskellige regler med hensyn til bygningens ydre fremtoning. Se kapitel 2, side 7. Der er meget stor forskel på fredede bygninger og bevaringsværdige bygninger i Danmark – i forhold til lovgivning, administration, beskyttelse og økonomiske forhold. På fredede bygninger omfatter beskyttelsen både det udvendige og det indvendige i huset. Bevaringsværdige bygninger er kun beskyttet for facadernes vedkommende.

Bløde plader: Se: Celotex-plader og Masonit-plader.

BR-15, BR-20: Forkortelsen for det danske Bygningsreglement fra 2015 og det fremtidige for 2020.

Brugeradfærd: I forhold til denne publikations indhold, Energiforbedring og indeklimaforhold i bevaringsværdige bygninger, har den måde, man bruger bygningen på, den såkaldte 'brugeradfærd', lige så stor betydning for et succesfuldt resultat, som de råd og anvisninger, der vedrører selve bygningen. Se teksten side 20 og side 79.

Brystning: Det stykke mur, der spænder mellem vinduets underkant og gulvet.

Brystningshøjde: Højden på det stykke mur, brystningen, der spænder mellem vinduets underkant og gulvet.

Brystningsisolering: En indvendig efterisolering, udelukkende udført under vinduernes brystning/brystningshøjde. Derved kan man stort set bibeholde rummenes proportioner, bevare loftstukken og ikke mindst undgå, at vægstykkerne/pillerne mellem vinduerne bliver meget kraftige og tykke, med meget voldsomme og dybe vinduesnicher. Se illustration side 31-36

Brystningspanel: Træbeklædning af en indervæg for at beskytte denne, isolere eller af æstetiske årsager. Brystningspaneler når op til omkring undersiden af et vindue. Brystningspanelet afsluttes foroven af en liste, kaldet panel-, dæk- eller kronliste. Se illustration side 31-36.

Brædder, rørvæv og puds: En fortrinsvis indvendig beklædning bestående af ru brædder sømmet på et underlag med et mellemrum mellem brædderne på ca. 1 cm. Vinkelret herpå sømmes eller krampes rørvæv - tagrør, vævet sammen med tyndt, galvaniserede ståltråd. Herpå udkastes der to lag kalkmørtel, et groft (sand 0-4 mm) og et fint (sand 0-2 mm). Det første/inderste lag skal herudover presses godt ind i bræddemellemrummene ved at trække og trykke pudsebrættet diagonalt hen over brædderne længderetning, hvorved mørtelen rulles ned mellem brædderne og ud på bagsiden af disse. Se illustration side 24 og side 69. Brædder, rørvæv og puds anbefales til vægge og lofter i ældre bygninger frem for gipsplader, spånplader el.lign, da det har langt bedre tekniske egenskaber, levetid og indeklimaegenskaber.

Bundstykke, bundkarm: Nederste vandrette karm i et vindue eller en dør.

Bygningsforbedringsudvalg: Kommunalt nedsat udvalg bestående af fortrinsvis frivillige organisationer, bl.a. den lokale Bevaringsforening. Udvalget kan yde økonomisk støtte til bygningsarbejder i henhold til Byfornyelsesloven bl.a. i form af lån. Se side 10 – 11.

Bygningsreglementet: Reglement, udstedt med hjemmel i byggeloven, der indeholder kravene til byggeriet i Danmark, herunder kravene til energi- og indeklimaforhold. Revideres løbende og navngives efter udstedelsesåret, f.eks. BR-15. Se nærmere beskrivelse side 47 samt Bilag A, side 101.

Bæredygtig, bæredygtighed: I 1987 udkom FN's rapport 'Vores fælles fremtid', også kaldet 'Brundtlandrapporten, hvori det engelske udtryk 'sustainable/sustainability' blev oversat til 'bæredygtig/bæredygtighed' på dansk. En bæredygtig udvikling defineres herefter som 'en udvikling, der opfylder vores

nuværende behov uden at bringe fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres behov i fare'. Denne definition er lige lovlig ukonkret, når vi taler om bæredygtighed og bygninger. En 'bæredygtig bygning' kan derfor med baggrund i udtrykket 'sustain = opretholde, bevare, fastholde og modstå' defineres som en bygning, der har en meget lang holdbarhed og levetid, herunder en bygning, der allerede har holdt og er blevet bevaret meget længe, d.v.s. mindst 100-200 år. Dette aspekt, at eksisterende produkter, bort set fra mad, bør kunne holde meget længe, gerne over 100 år, mangler i øvrigt i den generelle bæredygtighedsdiskussion i Danmark. Sverige har med oversættelsen til 'hållbar' bedre forstået dette, ligesom Frankrig (durable) og Tyskland (nachhaltig). Læs mere side 14.

C

Celotex-plader: Træfiberplader (også kaldt bløde plader eller bløde Masonit-plader), der kom frem i starten af 1900-tallet, hvor de helt frem til 1980'erne var yderst populære til indvendig efterisolering af ældre bygninger, især på vægge og lofter. De bruges også til 'opslagstavler', da de er lette at sætte tegnestifter i. Desværre suger celotex-pladerne meget nemt fugt til sig, hvorved de fremmer svampevækst og skimmel i de konstruktioner, de sidder på. De er også brandfarlige og afgiver tilmed giftige dampe ved afbrænding. Det har været ulovligt at anvende celotex-plader til byggeri siden 1972. Men de findes stadig i op til hver femte ældre bygning. Se også Masonit-plader.

Celluloselim: En vandig, vegetabilsk (plante-) lim fremstillet ved at findele og bl.a. ludbehandle nåletræers cellestof. Kaldes også for tapetklister og går også under navnet methylcellulose. Benyttes som navnet siger dels til opsætning af papir-tapeter i bygninger, dels til bindemiddel i limfarve (cellulosefarve). Se nærmere side 73.

Centralvarme: Varmeanlæg, hvor der produceres varmt vand i en kedel, et centralt sted i bygningen, eksempelvis i kælderen, hvorfra det varme vand fordeles ud til de rum, der skal opvarmes, gennem varmerør af metal. I rummene anbringes der radiatorer, der kan regulere varmen.

Chicago-vinduet: Omkring 1890 kunne man i USA fremstille maskinslebne glasruder (plate glass) på ca.2,5 x 6,0 meter, hvilket gav anledning til udviklingen af en helt ny bygningstype, kaldet 'curtain wall'. Som navnet forklarer, 'hænger' man de store, ikke-bærende glaspartier uden på selve konstruktionen bestående af stålprofiler, senere jernbeton. For at skaffe ventilation til rummene anbragte man to smalle skydevinduer i siderne på en stor, fast midterrude. I USA kaldes dette vindue for et 'Chicago-vindue', fordi de første curtain wall-bygninger blev opført i Chicago. Vinduestypen, der har ekstremt gode dagslysegenskaber, kom meget hurtigt til Danmark og blev især populær på Frederiksberg og på Østerbro i København. Det kaldes derfor også for 'Frederiksbergvinduet' og 'Østerbrovinduet'. Se illustration side 66, 76 og 78.

Cirkulær økonomi: Skal forstås som en måde at holde materialer og produkter inde i det økonomiske kredsløb med den højest mulige værdi længst muligt. Cirkulær økonomi bryder med idéen om en lineær værdikæde, som starter med udvinding af ressourcer og ender som affald. Med cirkulær økonomi åbnes mulighed for, at de ressourcer, som ellers ville være endt som affald, kan gå et eller flere skridt tilbage i værdikæden og indgå i produktionen igen. Eller de kan indgå som input i et helt nyt kredsløb. Cirkulær økonomi er altså enten genanvendelse af materialer eller – endnu bedre – affaldsforebyggelse gennem produkter, der f.eks. kan repareres eller opgraderes. (Miljøstyrelsen: Om cirkulær økonomi).

CO_2, kuldioxid: CO_2, eller kuldioxid er en såkaldt 'klimagas' eller 'drivhusgas', der får atmosfæren rundt om Jorden til bedre at holde på den varme fra solen, der rammer Jorden. Dette bevirker, at Jorden bliver varmere og klimaet forandrer sig. Ved planters og træers fotosyntese optager de kuldioxid fra luften og afgiver ilt. Når de rådner eller brænder, bruger de ilt og afgiver kuldioxid til luften. Ved afbrænding af såkaldte 'fossile brændstoffer' i motorer eller kedler, i form af kul, olie, gas eller benzin, der er dannet af plantestoffer for millioner af år siden, udledes der store mængder kuldioxid og bruges ilt.

CO_2-regnskab, CO_2-beregning: Bygninger udleder CO_2, hvis den energi, der anvendes til deres opvarmning eller afkøling, bygger på afbrændingen af fossile brændstoffer. Men bygninger udleder også CO_2, når de bliver opført, herunder ved produktionen og transporten af de materialer, der indgår i denne, samt til vedligeholdelse og reparation af bygningen. Dette kalder man bygningens CO_2-regnskab, som man finder frem til gennem en CO_2-beregning. CO_2-regnskabet er mere retvisende for bygningens 'klimabelastning' end eksempelvis selve energiforbruget eller varmetabet, der benyttes i det danske Bygningsreglement.

Coatet glas: En meget tynd og stort set usynlig såkaldt 'energibelægning', som påføres på såkaldt energiruder eller energiglas, hvorved selve glasset 'bremser' den kortbølgede 'varmestråling', der hidhører fra den varme, der produceres indvendigt i huset, mens de langbølgede varmestråler fra solen, der rammer ruden, passerer uhindret gennem denne. Derved fungerer de coatede ruder, der befinder sig i husets sydside, som en slags 'solfanger'. Coatningen kan udføres som en såkaldt 'blød' belægning (softcoatet), der er mest effektiv, og som derfor bruges i energiruder med dobbeltglas, eller som en lidt mindre effektiv 'hård' belægning (hardcoatet), der især benyttes på de indvendige enkeltglasruder i forsatsvinduer. Se også dobbeltcoatet, energiruder, energiglas og energibalance.

D

Dampspærre: Folie af plastik eller lignende, der anbringes i en ydervæg, gulv- eller loftkonstruktion i et forsøg på at forhindre vanddampholdig luft fra husets rum i at trænge ud i de koldere konstruktioner. Etablering af dampspærrer anbefales ikke til efterisolering af ældre bygninger. Se: Fugt. Se: Sommerkondens. Se illustration side 25 og nærmere tekst side 24 og 31.

Dannebrogsvindue: Et vindue i højformat, opdelt i fire ruder, som et dannebrogsflag. Se side 10.

Diffusion: Transport af vandmolekyler, molekyle for molekyle, fra et område med høj koncentration af fugt mod områder med lavere koncentration. Diffusion går derfor meget langsomt i forhold til kapillar transport af vand (se dette).

Diffusionsåben: En diffusionsåben maling tillader vandmolekyler at bevæge sig gennem malingsfilmen, molekyle for molekyle. Malingens diffusionsåbenhed måles i z-værdi

(dampdiffusionsmodstand). Enhed: Pa·s·m²/kg (pascal · sekund · kvadratmeter/kg). Se også Diffusion.
Dobbelt-coatet: En forseglet dobbeltrude (energirude eller termorude), der har en blød energibelægning på det yderste rudeglas og en hård energibelægning på det inderste rudeglas. Se coatet glas.
Dobbeltdør: Yderdør, bestående af to døre, der åbner henholdsvis udad og indad. Se side 50.
Dugpunkt: Når luft med et givet vanddampindhold afkøles, vil den relative luftfugtighed (RF) stige. Fortsætter afkølingen, stiger RF, indtil den når 100%, og vandet i luften kondenserer til vanddråber (kondens). Temperaturen her kaldes dugpunktstemperaturen eller blot dugpunktet. Side 70.

E

Energibalance, energital, energitilskud, energitab, Ew-værdi: Energibalancen, forkortet'Ew', er et udtryk for det konkrete vindues energiegenskaber, målt i kWh/m² år, når man fratrækker det udadgående varmetab fra den indadgående passive solvarme i fyringssæsonen. En positiv Ew-værdi betyder, at der lukkes mere varme ind end ud, dvs. vinduet giver et energitilskud til boligens opvarmning. I de fleste vinduer er dette i praksis et energitab. Energimærkede producenter skal oplyse om Ew for det konkrete vindue i den faktiske udformning og størrelse ved tilbud til kunder og på ordrebekræftelser. Dette skal købere af nye vinduer til ældre bygninger være særlig opmærksom på, idet både Bygningsreglementet og Energimærkningsordningen for vinduer opererer med et Eref, der i stedet for det konkrete vindue er beregnet for et 1-rudet reference-vindue, uden sprosser eller lodpost, i den europæiske standardstørrelse 1,23 x 1,48 m, der er forsynet med producentens standardrude. Ved opdelte og opsprossede vinduer i ældre bygninger er forskellen på Eref og Ew meget markant – og til referencevinduets fordel, hvorfor både mærkningsordningen og Bygningsreglement her opererer med decideret misvisende tal i forhold til det konkrete vindue. Her er forsatsvinduer eller koblede vinduer i virkeligheden langt bedre løsninger rent energimæssigt, hvilket kunderne ikke opdager, hvis de kun benytter tallene fra Eref. Se side 42. og side 48.
Energibelægning: Se coatet glas.
Energiglas: Enkelt rudeglas, forsynet med en hardcoatet energibelægning. Benyttes bl.a. i de indvendige rammer i forsatsvinduer eller koblede vinduer. Se også coatet glas.
Energimærkning: I Danmark har vi lovpligtig energimærkning af bygninger ved salg, udlejning samt regelmæssigt hvert 5. år for store bygninger. Der findes også en frivillig energimærkningsordning for vinduesindustrien. Se side 25 og side 42.
Energirude: Forseglet dobbeltrude (termorude), forsynet med en softcoatet energibelægning på den indvendige rude. Se også coatet glas. Se illustration side 47.
Entre: Se: forstue

F

Fan door: Dør med en rude i den øverste halvdel, der har form som en 'vifte' (Eng. = fan). Fyldingsdøre med en halvrund rude med tre eller fire sprosser er meget typisk for yderdøre i klassicistiske huse i England og USA fra begyndelsen af 1800-tallet, såkaldte 'Georgian Houses'. Men de har aldrig forekommet i dansk byggeskik – før nu, hvor de importeres som standarddøre fra bl.a. USA. Hvis man er nødt til at skifte yderdøren i en bevaringsværdig bygning i Danmark, bør man holde sig til yderdøre i dansk tradition. Se side 50.
FBB (Register over Fredede og Bevaringsværdige Bygninger): Slots- og Kulturstyrelsen har oprettet et on-line register (database) over alle fredede og bevaringsværdige bygninger i Danmark, kaldet FBB. Her kan man søge på en adresse og se om bygningen på denne er fredet eller bevaringsværdig – samt den SAVE-værdi bygningen er registreret under og andre oplysninger. Se nærmere på FBB på Slots- og Kulturstyrelsens hjemmeside.
Fer og not: En fer/fjeder er et smalt fremspringende stykke træ på langs af et pløjet bræt. På brættets modsatte kant vil der være en tilsvarende langsgående rille, en not.
Flunke (en): Hver af sidevæggene på en tagkvist. Se side 39.
Formaldehyd: Konserveringsmiddel i blandt andet plastikmaling.
Forsatsdør: Se dobbeltdør. Se side 50.
Forsatsvinduer, forsatsruder, forsatsrammer: En ramme med rudeglas, som monteres indvendigt på et vindue for at hindre træk og mindske varmetabet gennem vinduet. Se side 43.
Forsatsvæg: En dobbeltvæg, der opsættes indvendigt på ydervæggen, f.eks. for at varmeisolere denne.
Forstue, entre, vindfang: Oprindeligt en uopvarmet luftsluse, lige indenfor indgangsdøren, med døre til de tilstødende, opvarmede rum, der derved undgik kulde og træk fra yderdøren, når denne gik op og i om vinteren. Derved sparede man kostbar varme. I dag benyttes de fleste forstuer ikke mere på denne måde.
Fortætte: Vanddamp, der ved afkøling går fra luftform til væskeform = vand. Se side 70.
Frederiksbergvindue: Et tre-fags vindue af træ med en stor midterrude og to smalle sideruder, der især forekommer i etageejendomme på Frederiksberg og på Østerbro i perioden 1895 – 1930. Se også Chicago-vinduet, samt illustration side 66, 76 og 78.
Fredet bygning: En bygning, omfattet af Bygningsfredningsloven. Der er meget stor forskel på fredede bygninger og bevaringsværdige bygninger i Danmark – i forhold til lovgivning, administration, beskyttelse og økonomiske forhold. På fredede bygninger omfatter beskyttelsen både det udvendige og det indvendige i huset. Bevaringsværdige bygninger er kun beskyttet for facadernes vedkommende.
Fremløbstemperatur: Den temperatur, det varme vand fra kedlen i et centralvarmeanlæg (se dette) sendes ud i systemet med.
Friskluftventil: En mekanisk ventil til det fri, enten i vinduerne eller i ydervæggen, der kan lukke frisk luft ind i rummet, uden at det er nødvendigt at åbne et vindue.
Fugt: Luftens fugtighed måles i g/m3 luft og omsættes til relativ fugtighed (RF) ved en given temperatur. I relation til bygninger forekommer der fugt i form af vanddamp i såvel indeluften som udeluften, der påvirker bygningens materialer. Hertil kommer fugtpåvirkningen i materialerne fra regn, sne, slud og tåge, som de fleste bygninger imidlertid er bygget til at kunne klare gennem vandtætte materialer og konstruktioner. Skrækscenariet er, at den indvendige fugt, herunder den, der produceres af beboerne i en bolig, ca. 3 liter vand om dagen for en familie, vil søge udad gennem klimaskærmen og her,

især i den kolde tid, kunne give anledning til kondens og dermed opfugtning af ydervæggens materialer. I træmaterialer medfører en sådan opfugtning en kritisk nedbrydning fra råd og trænedbrydende svampe. Hygroskopiske isoleringsmaterialer som f.eks. mineraluld vil også blive fugtet op og derved miste deres isoleringsevne, der som bekendt bygger på fastholdelse af stillestående luft. Plastikdampspærrer er ikke løsningen mod dette for eksisterende huses vedkommende, da en utæt dampspærre er langt værre end ingen. I stedet skal man 1) etablere et ventileret hulrum, indvendigt på facademuren, -beklædningen, der vil tiltrække fugten rent fysisk eller 2) etablere en 'tæt' fugtbuffer, et porøst materiale, f.eks. kalkpuds, lerpuds eller rå træ, indvendigt på ydervæggene, der kan optage og afgive rumfugten. Se side 64 samt 68-71.

Fugtbuffer: Et porøst materiale, f.eks. kalkpuds, lerpuds eller rå træ, der villigt kan optage og afgive fugten i et rum. Se side 69.

Fugtspærre, vandret fugtspærre over sokkel: En ikke-vandgennemtrængelig membran, f.eks. bestående af skiferplader, metalplader eller asfaltpap, der kan standse opadstigende grundfugt i murværk.

Fugtvandring: Vanddamp eller frit vands vandring i et porøst materiale.

Funktionalisme: Se Arkitekturstilarter.

Fustageklister: Vandig lim, fremstillet af mel (melklister). Fustagelim kan bl.a. bruges til at aftage plastikmaling på lofter, loftstuk eller andre steder.

G

Gasfyld: Isolerende luftart i glasmellemrummet i energitermoruder.

Genanvendelse: Anvendelse af en tidligere produceret genstand, eller dele af denne, til et nyt formål, efter en større eller mindre bearbejdelse.

Genbrug: Anvendelsen af en tidligere produceret genstand til samme formål, evt. efter en istandsættelse.

Genvinding: Anvendelse af en tidligere produceret genstand som råstof i nye materialer, f.eks. efter knusning, smeltning eller adskillelse.

Gesims: Vandret, kraftigt profileret bånd, oftest anbragt øverst på en facade lige under taget. Gesimsen er ofte muret og pudset (trukket), men kan også være af sandsten eller af træ. Gesimsen har bl.a. til formål at afslutte facademuren op mod taget på en æstetisk måde, men derudover bringer en kraftig gesims også, før tagrendernes tid, regnvand fra taget, 30-40 cm ud over facadeflugten.

Gipsplade: En støbt plade af gips (Calciumsulfat) med karton på begge sider. Anvendes i husbyggeri, f.eks. til skillevægge, indvendig beklædning og lofter. Gipsplader er ikke tilladt at anvende i fredede bygninger, bl.a. fordi de bliver fugtige, har kort levetid og slår grimme buler. Brædder og puds er langt bedre for huset. Se side 24 og side 69.

Grundmur: Et muret hus, bygget af natursten eller mursten.

Gulvstrøer: Et mindre stykke tømmer eller en lægte, der bærer en gulvbelægning oven på en undergulv af f.eks. beton. Evt. også lagt for at rette et skrånende træbjælkelag op.

Gummifugemasse, gummifuge: En fuge af f.eks. silikone, acryl eller kunstgummi, der f.eks. benyttes til at udfylde sprækken mellem fx vindueskarm/dørkarm og murværket. Tidligere brugtes her fuger af kalkmørtel, der langt bedre kan lede fugten ud af murværket og fugen end en moderne gummifugemasse. Se side 20 (foto) og side 74-75.

H

Hardcoatet rude: Se coatet glas.

Historicisme: Se Arkitekturstilarter.

Hulmur: Murværk, fortrinsvis ydermure, bestående af to selvbærende mure, formur og bagmur, forbundet med bindere af stål med visse mellemrum. De første hulmure, med murede (såkaldt 'faste' bindere) blev introduceret i Danmark i 1867. Trådbinderne afløste de faste bindere omkring 1930.

Hulmursisolering: Efterisolering af en uisoleret hulmur ved indblæsning af isoleringsmaterialer gennem midlertidige 'huller' (forsigtigt udtagne/udfræsede mursten) i murværket, der lukkes igen. Se side 28-29.

Hvidtekalk: Blanding af læsket kalk og vand, der anvendes til at kalke eller hvidte facader eller indvendige vægge. Hvidtekalk kan farves med pigmenter og kaldes så for kalkfarve.

Hygroskopisk: Stoffer der villigt optager vanddamp og fugt fra omgivelserne, kaldes hygroskopiske. Det gælder f.eks. træ, mursten, beton, gips og en lang række salte. Se også fugt, sorption og fugtbuffer.

I

Indeklima: Et rums eller en bygnings indendørs forhold med hensyn til temperatur, luftfugtighed, træk og andre forhold der bestemmer, hvor sundt eller behageligt det er at opholde sig der.

Indeklimamærke: Indeklimamærket er en frivillig mærkningsordning for producenter af byggevarer, inventar og møbler. Indeklimamærket bruges som dokumentation for produkters påvirkning af indeklimaet med hensyn til afgivelse af lugtstoffer, irritanter og partikler. Indeklimamærket administreres af Teknologisk Institut. Se også side 75.

Indvendig efterisolering: Se side 30. Se også: Brystningsisolering, se Fugt.

Islandsk mos: Se: Mosfarve.

Isoleringsmaterialer: Her: Materialer til varmeisolering af bygninger. Se kapitel 7, side 81 – 98.

J

Jordfarver: Se de klassiske pigmenter og pigmenter.

Jordvarme: Varme, der findes i jordoverfladens øverste lag, og som søges udnyttet til fx boligopvarmning. Varmen stammer fra solens bestråling af jordoverfladen (termisk energi) eller fra Jordens indre (geotermisk energi). Jordvarmen udnyttes ved at lægge slanger med vand i jorden, lodret eller vandret, og føre vandet gennem en varmeveksler – en slags 'omvendt' køleskab.

K

Kalkfarve: Hvidtekalk, indfarvet med kalkægte pigmenter.

Kalkcementmørtel/KC-mørtel: Mørtel bestående af læsket kalk, Portlandcement, grus og vand.

Kalkkaseinfarve: Maling bestående af hvidtekalk eller kalkfarve

iblandet kasein, det vil sige mælkens ostestof, enten i form af tørkasein, kærnemælk, skummetmælk eller kvark. Denne maling binder bedre end hvidtekalk på træ, men ikke på murværk.

Kalkmørtel/ Kalkpuds: Mørtel bestående af læsket kalk og sand/grus, uden iblanding af Portlandcement eller lignende. Hvis tilslagsmaterialet er vasket strandsand, kaldes mørtelen for strandmørtel, der er grålig. Er der anvendt bakkegrus, kaldes den for bakkemørtel, der er gulligbrun.

Kapillareffekt: Kapillar transport af frit vand fra små til store porer i et porøst materiale. Se også kapillaråben og poreåben.

Kapillarbrydende lag: Et lag på minimum 15 cm bestående af runde sten eller skærver på 10-20 mm i diameter, fri for sand, ler eller grus, der lægges ud under nye gulvkonstruktioner for at forhindre vand fra jorden i at trænge op i selve gulvkonstruktionen. De forholdsvis grove porer (kapillarer), der dannes af det kapillarbrydende lag, stopper effektivt vandopsugningen.

Kapillaråben: Et porøst materiale, der tillader kapillar transport af frit vand gennem dets porer, d.v.s mere eller mindre mikroskopiske 'rør' i materialet. Limfarver, hvidtekalk og luftkalk er f.eks. kapillaråbne materialer, mens plastfolie og plastikmaling ikke er.

Kapillar transport: Kapillar transport af frit vand konsekvent fra store til små porer i et porøst materiale. Eksempelvis luftkalkmørtel. Se også kapillaråben og poreåben.

Kapillart sug: Visse porøse materialer, f.eks. mursten, træ eller kalkpuds kan tiltrække fugt og vand så effektivt, gennem grove til fine porer, at dette ligefrem opsuges i materialet gennem porerne.

Karnap: Fremspringende parti med vinduer og tag på en bygning. Karnappen udgør en udvidelse af et opholdsrum og kan gentages op gennem flere etager, f.eks. som en altankarnap. Se foto side 15 og 23 og indefra side 77.

Kaseinfarve: En limfarve fremstillet af tørkasein (mælkens fedtfrie ostestof), varmt vand og hjortetaksalt (et basisk pulver). Der dannes herved en stærk og vandfast lim, der kan tilsættes forskellige pigmenter, bl.a. kridt, gul okker, rødt eller blåt. Kaseinfarve smitter derfor ikke af ved berøring, men har stadig limfarvernes smukke lysreflekterende egenskaber. Se Limfarve.

Kitfals: Retvinklet indsnit i ramstykkerne eller sprosserne på en vinduesramme, hvori rudeglasset lægges og tætnes med kit (linolie og kridt).

Kitfalsvinduer: Enkeltglas-vinduer af træ med rudeglassene monteret i kitfals, med linoliekit. Kitfalsvinduer kan forsynes med forsatsvinduer eller koblede rammer, hvorved energiegenskaberne bliver bedre end tilsvarende nye termovinduer.

Klassicisme: Se Arkitekturstilarter.

Klassiske byggematerialer: De byggematerialer, der især er benyttet i dansk byggeskik før ca. 1960: Luftkalkmørtel, mursten og tagsten af tegl (brændt ler), hvidtekalk og kalkfarver, kerneholdigt fyrretræ, linoliemaling, limfarver, smedejern, støbejern og trukket glas m.fl. Endvidere zinktage, kobbertage, pandeplader og spåntage.

Klassiske pigmenter: Siden oldtiden har malere betjent sig af en 'klassisk' farveskala, primært bestående af de såkaldte jordfarver, oprindeligt gravet op fra jorden, bearbejdet og findelt til såkaldte pigmenter. Da en del af disse har vist sig at være meget giftige at arbejde med for malerne, er de med tiden enten udgået eller skiftet ud med kunstigt fremstillede ugiftige pigmenter fra kemiske fabrikker. Tilbage har vi en 'klassisk' farveskala bestående af 15 pigmenter, der stadig produceres og som også, med enkelte undtagelser, lever op til moderne krav om giftfrihed m.v. Se nærmere side 73.

Klimagas: Se CO_2.

Klimaskærm: En bygnings udvendige sider: Tag, facader, fundament og gulv.

Koblede vinduer/rammer: Dobbeltrudesystem bestående af to sammenkoblede vinduesrammer, hver med ét lag glas. Rammerne kan skilles ad ved pudsning. Koblede vinduer blev patenteret i Sverige af C. A. Flodquist og C. G. Hallberg i 1889, og omkring 1900 forsynes de fleste nye byhuse i Sverige med koblede vinduer, ofte med indgående rammer uden midterpost/ lodpost. I de danske potteplante-forsynede vinduer foretrækker vi udadgående, koblede vinduer. Se side 47 – her med energiruder i de koblede rammer.

Komfort: Behagelig indretning eller udformning af noget, fx et køretøj eller en bolig; indretning som letter dagligdags gøremål.

Kondens, kondensere, kondensfugt: Varm luft kan indeholde mere fugt end kold luft. Hvis luften afkøles til under dugpunktet, vil luftens fugtighed kondensere og blive til vanddråber (kondens). Se side 70-71.

Konvektion: Det at luft bevæger sig op eller ned i forhold til sine omgivelser pga. ændret massefylde som følge af opvarmning eller afkøling. Varm luft vil stige opad og kold luft nedad. Men fugtig indeluft vil også sive ud gennem hullerne i en utæt dampspærre, i et forsøg på udfyldning, og derved fugte konstruktionen op.

Krybekælder: Lav kælder, som kun tjener til rørføring og ventilation, og hvor man ikke kan stå oprejst.

Kuldebro: Et sted i en bygnings konstruktion, hvor kulde har let ved at trænge ind, fx pga. manglende isolering. Se side 71.

Kuldenedfald: Da kold luft vil falde nedad, vil luften foran et uisoleret eller dårligt isoleret vindue – eller en kold ydervæg – falde nedad, og løbe hen ad gulvet og her opleves som fodkulde eller træk, hvad det ikke behøver at være.

Kuldioxid, CO_2: Se CO_2.

Kvaderpuds/kvaderfugning: Imiterede stenkvadre, udført i mørtel er typisk for historicismen. De forekommer oftest på bygningens underfacade, for at give denne 'tyngde'.

k-værdi: Et byggemateriales varmetabskoefficient. Er siden 1990 ændret til U-værdi.

L

Lambda-værdi: Et materiales isoleringsevne, også kaldet lambda-værdi, er et tal, der udtrykker, hvor godt materialet leder varmen. Det angives med det græske bogstav lambda (λ). Et materiales lambda-værdi angiver, hvor stor varmemængde, målt i Wh, der i løbet af en time ledes gennem materiale på 1 m^2 med en tykkelse af 1 m, når temperaturforskellen mellem de to flader er 1°C. Jo mindre et materiales lambda-værdi er, desto bedre isolerer det. De isoleringsmaterialer, der bygger på stillestående luft, har typisk en lambda-værdi på 0,04 W/mK.

Lavemissionsbelægning: Belægning på rudeglas af en meget tynd og derfor usynlig metalhinde, der tillader den langbølgede varmestråling fra sollyset at trænge gennem ruden, men formindsker den kortbølgede varmestråling fra rummet i at gå ud igen.
Lavenergirude: Se Energiruder. Se coatet glas.
Ler: Ler er det sidste produkt, der kommer ud af nedbrydningen af bjergarterne. Da ler indeholder ret betydelige mængder af kalium, magnesium og jern, vil en lerjord – via sine nedbrydningsrester – altid fra naturens hånd være mere frugtbar end en sandjord. Ler kan også aflejre sig selv, via vind og vand, til store samlede forekomster, hvorfra det kan graves op og bruges til mursten, tagsten, pottemagerarbejder m.m., men også til byggemateriale, blandet med sand og vand, som lerindskud, ubrændte lersten, lerpuds og lerklining.
Lerindskud: Fra 1700-tallet og helt op til 1940'erne blev murede etagehuse og enfamiliehuse samt rækkehuse forsynet med et lerindskud, bestående af et ca. 5 cm tykt lerlag, lagt på et lag brædder, der var sat ind i en rille eller not i siden af etageadskillelsernes træbjælker. Lerindskuddet har stor betydning for ældre huses indekilmaegenskaber, da de virker både som fugtbuffer, som lyddæmper, som brandisolering og som varmebuffer. Se nærmere side 64.
Lerklinet: Frem til cirka 1800 var de fleste tavl (felter mellem tømmeret) i bindingsværkshuse på landet lerklinet, d.v.s. bestående af et fletværk af hasselkæppe eller lignende, hvorpå en godt oprørt blanding af ler, sand komøg og vand blev kastet ud. Herefter blev overfladerne glattet og efter en uges gennemtørring, kalket. Efter 1800 gik man over til soltørrede lersten og efter ca. 1850 brændte mursten.
Lerpuds: Pudslag, f.eks. på indvendige vægge bestående af ler. Se side 33.
Limfarve: Fortrinsvis indvendig væg- eller loftmaling, tidligere benævnt 'farve', fremstillet af en vandig, forholdsvis svag lim, for eksempel tapetklister/celluloselim, benlim, fustagelim, kaseinlim, afkog af tangplanter (islandsk mos) etc. og iblandet en passende mængde farvepigmenter, udblødet i vand. Til hvid limfarve kan der anvendes kridtpulver (slemmet kridt). Til andre farver de klassiske pigmenter. I en optørret limfarve ligger de små skarpkantede pigmentkorn helt ude i overfladen af farven og reflekterer her lyset på en meget smuk måde – stort set som pigmenterne gør, før de bliver blandet i malingen. Se side 5 og side 73.
Linoliemaling: Malingstype fremstillet af kogt linolie (hørfrøolie) irevet fintmalede pigmenter. Linolien hærder til et fast stof ved en kemisk proces, hvor den optager ilt fra luften. Derved udvider olien sig ca. 18%, hvorved malingen 'bider' sig godt fast i bunden. Der må ikke blandes terpentin eller andre flygtige opløsningsmidler i linoliemalingen, da denne effekt herved ødelægges. Linoliemaling er generelt både miljøvenlig og arbejdsmiljøvenlig, dog afhængig af pigmenternes kemi, og har MAL-koden 00-1. Linoliemaling benyttes hovedsagelig til maling af indvendigt og udvendigt træværk på bygninger. Linoliemaling hed tidligere blot 'oliemaling', men siden 1950'erne har den terpentinholdige og arbejdsmiljøproblematiske alkydmaling, der blev forbudt for malerfaget i 1976, også båret dette navn. Så for at undgå en meget uheldig forveksling er det vigtigt, at man bruger navnet linoliemaling om den helt ugiftige maling, der udelukkende indeholder kogt linolie og pigment.
Lodpost: Lodret, profileret træstykke, der adskiller vinduernes gående rammer. I dannebrogsvinduer dannes korsformen af den højtsiddende tværpost med en tilsvarende funktion, bare vandret. Ordet 'midterpost' forekommer, men det kan f.eks. ikke bruges ved de populære 3-fags-vinduer. Se side 43 og 44.
Loftgesims, loftstuk: Profileret dekoration af gips eller puds, der markerer overgangen mellem væg og loft. Loftstuk kan ydermere omfatte en roset midt på loftet til lampestedet.
Luftfugtighed: Luftens fugtighed måles i g/m3 luft og omsættes til relativ fugtighed (RF) ved en given temperatur. F.eks. ved 20 grader C kan luften indeholde 17,5 g fugt, og det beskrives som 100 % RF. Hvis der f.eks. kun er 8,75 g fugt pr. m3 luft ved 20 grader C, siger man, at der er 50 % relativ fugtighed (RF). Se side 68-70.
Luftkalk og luftkalkmørtel: En kalkmørtel (læsket kalk og sand), fremstillet uden tilsætning af cement eller hydraulisk kalk. Luftkalk carbonatiserer ('hærder') ved hjælp af luftens kuldioxid. Derfor navnet 'luftkalk' – i modsætning til hydraulisk kalkmørtel, der hærder ved hjælp af vand (Græsk, 'hydro' = vand). Derfor dannes der også mange fine og grove porer i luftkalkmørtel, hvilket er en stor fordel for kalkpudsens fugtdynamik og dermed indeklimaet i murede huse med luftkalkmørtel. Luftkalkmørtel blev i øvrigt benyttet til alle murede bygninger i Danmark fra ca. 1030 – 1960.
Luftsluse: Se: Forstue.
Lysningspaneler: De lodrette flader i et vindueshul, set indefra, kaldes lysningerne, og de blev mod gaden, frem til 1950'erne, ofte beklædt med høje fyldingspaneler, her kaldet 'lysningspaneler'. Se foto side 44. (Her er lysningspanelerne tilmed hængslede, som 'lysningsskodder'), side 60 og side 102.

M

MAL-kode: Dansk mærkning af malervarer efter deres arbejdsmiljømæssige egenskaber i forhold til hudkontakt og indånding af dampe (afdunstning). Kodenummeret består af to tal med en bindestreg imellem samt et årstal. F.eks. 3 – 1 (1993). Tallet før bindestregen angiver faren ved indånding af dampe (bl.a. organiske opløsningsmidler) fra produktet. Stigende tal før bindestregen indebærer større fare for indånding af dampe og medfører derfor stigende behov for åndedrætsværn. Det laveste tal er 00- og det højeste er 5-. Tallet efter bindestregen angiver faren ved kontakt eller indtagelse. Stigende tal indebærer større fare ved kontakt og medfører derfor stigende behov for personlige værnemidler. Det laveste tal er -1, og det højeste er -6. Se side 73.
Masonit-plader: Masonit blev opfundet af Thomas Edisons chefingeniør William Mason i 1924 i Laurel, Mississippi, og har været masseproduceret siden 1929. I løbet af 1930'erne og 1940'erne blev materialet populært og anvendt til mange formål, f.eks. døre, tag, vægge, skriveborde, kanoer, elguitarer m.m. I dag er det knapt så udbredt, men anvendes stadig til bagklædninger i skabe mm. De 2 mm tykke Masonit-plader fremstilles af træflis ved hjælp af den såkaldte masonmetode, hvor man

ved hjælp af damp og tryk anvender træets eget lim, lignin, i stedet for – som ved fremstillingen af spånplader – at tilføre lim (kilde: Wikipedia). Der skelnes mellem hård masonit, også kaldet træfiberplader, og blød masonit, der bl.a. bruges til opslagstavler. Se: bløde plader, celotex-plader.

Miljømærkning af materialer: I Danmark findes der en række miljømærkninger, som viser, hvilke produkter der er mest skånsomme for miljøet: Indeklimamærket, Svanemærket og Blomsten. Se mere side 75.

Mineralfarve: Mineralfarver er en generel betegnelse for overfladebehandlingsprodukter, der indeholder mineralske bindemidler. De to mest kendte er læsket kalk/hvidtekalk, kalkfarver og silikatmaling. Bindemidlet i det sidste er kali- eller natrium-vandglas.

Modernisme: Se Arkitekturstilarter.

Mosfarve, islandsk mos: Mosfarve er en limfarve, hvor bindemidlet består af afkog af tangplanten Carragheen (Chondrus crispus), der bl.a. forekommer på lokaliteten Carragheen, nær Waterford, i Irland. Udvasket i ferskvand skifter tangen farve fra lilla til gråhvid - og minder nu synsmæssigt om mos, og den kaldes derfor for Irish Moss, eller Carragheen Moss. Tangplanten findes dog også andre steder langs Europas vestkyster og i Nordamerika, og formentlig også i Island, så i Danmark kaldes den konsekvent for 'Islandsk mos' eller 'mosfarve'. I Irland drak man tidligere afkoget, der er meget sundt og næringsrigt. I Danmark anvendes mosfarve udelukkende til hvidtning af lofter, da afkoget, iblandet pigmentet slemmet kridt, bliver meget langfibret, hvorved den ikke løber. Efterfølgende bliver overfladen helt mat. Da mosfarven lægger sig i tykke lag på loftet, må den ikke bruges på lofternes profilerede eller dekorerede stukdekorationer, men kun på den plane del af loftet. Se side 73.

Mug: Lugt af mug skyldes normalt vækst af skimmelsvampe. De skimmelsvampe, som afgiver stoffet geosmin m.m., lugter især meget. Se side 70.

Murpille: Murstykke mellem to åbninger, f.eks. vinduer, i facademurværk. Tilsvarende kaldes de murede piller/søjler, der bærer en muret bro, for bropiller.

Mørtel: En blød, hærdende masse, der anvendes som opmuringsmørtel mellem murstenene i en mur eller som et dækkende eller et tyndt lag mørtel på murværk. Når mørtelen i det sidste tilfælde er hærdet (carbonatiseret) og hård, kaldes den for puds, henholdsvis dækkende puds og tyndpuds. Mørtel kan dække over forskellige blandinger, der grundlæggende består af bindemidlet læsket kalk, sand eller grus samt vand (luftkalkmørtel – K-mørtel). Ved tilsætning af brændt ler eller vulkansk aske til en luftkalkmørtel fås en hydraulisk kalkmørtel (Kh-mørtel), der også hærder vha. vand. Denne kan også fremstilles ved brænding og tørlæskning af naturlig hydraulisk kalk (NHL). Den stærkere kalkcementmørtel (KC-mørtel) fås ved at iblande portlandcement i luftkalkmørtelen. En ren cementmørtel (C-mørtel) består dog blot af cement, sand og vand.

Mørtelfuge: 1) Fugerne mellem murstenene i murværk.
2) Fugen mellem indmurede vinduers eller døres karme og murværket, der i ældre bygninger bør udføres af kalkmørtel, der langt bedre kan lede fugten ud af murværket og fugen, end en moderne gummifugemasse. Se nærmere beskrivelse side 74.

N

Not: En lang fure i et stykke træ, for eksempel i gulvbrædder. Passer sammen med den modstående kants fer/fjeder. Brædder med for og not kaldes også for pløjede brædder.

Nyklassicisme: Se: Arkitekturstilarter.

O

Opkvælde: Mange materialer begynder at svulme op og bulne ud, når de bliver våde af vand. Bl.a. træ, gips og de fleste malingstyper. Dette kan udnyttes, hvis man vil rense plastikmaling af træ, gips eller murværk og puds. Lad en våd pakning af brun sæbe, tapetklister eller fustageklister sidde på malingslaget i nogle timer. Skrab herefter maling og lim/sæbe af med en spatel eller lignende. Ved afrensning af plastikmaling på træ, anbefales at benytte linolie som 'opkvældnings-væske', da denne samtidigt tilfører træet olien, mens brun sæbe f.eks. gør træet basisk og hygroskopisk.

Opsprosset: se: Sprosse.

P

Panel: Beklædning af træ, ofte på den nederste del af en væg (brystningspanel), hele væggens højde (højpaneler) eller langs gulvet (fodpanel). Brystnings- og højpaneler er ofte inddelt i rammepartier med fyldinger/fyldninger (fyldingspanel/fyldningspanel). Se side 31 og 34.

Paskvil: Se stanglås.

Passiv solvarme: Varme frembragt ved at solens stråler rammer et materiale. Materialer som mursten, kalkpuds og lerpuds er særligt gode til at optage den passive solvarme, mens træ og metal ikke har de samme gode egenskaber hertil.

PCB: PCB er en forkortelse for Poly-Chlorerede Biphenyler. PCB er et miljøfarligt giftstof, der kan skade mennesker og miljø. PCB blev tidligere brugt som fuge- og forseglingsmaterialer i byggematerialer og i industrien, indtil man i 1970'erne fandt ud af, at PCB kan skade både mennesker og miljø. I dag er al anvendelse af PCB forbudt, men stoffet findes stadig i vores omgivelser. Se nærmere side 74 og i øvrigt på hjemmesiden: http://pcb-guiden.dk/fakta-om-pcb.

Phthalater: Ftalat (også skrevet som: Phthalat) er en betegnelse for farveløse, vandopløselige og højtkogende væsker, der bruges som blødgørere i PVC-plast-, farve-, lak- og kosmetikprodukter. Kemisk er der tale om forskellige estere af ftalsyren. Der produceres omkring 1 million tons ftalater i Europa hvert år, hvoraf 90 % anvendes til at blødgøre PVC-plast. Phtalaterne er et af flere syntetiske stoffer, der er under alvorlig mistanke for at have østrogen-lignende virkninger på dyr og mennesker. Det betyder, at de kan være medvirkende til at fremkalde de påviselige, hormonelle forstyrrelser, som kan konstateres hos fisk, padder og krybdyr i og ved vandløb, der modtager spildevand. Endvidere er ftalaterne under mistanke for at skade mænds sædkvalitet. Se også side 72-76.

Plastikdampspærre: Se dampspærre.

Plastikmaling, plasticmaling, plastmaling, acrylmaling, plast-

acrylmaling, acrylplast-maling, plastalkyd-maling, vandig alkyd: . Plastikmaling er betegnelsen for en stor gruppe malinger, der produceres i mange udgaver til mange forskellige formål, f.eks. udvendigt murværk, udvendigt træværk, indvendige vægge, lofter og indvendigt træværk. Fælles for de fleste typer plast- og akrylmalinger er, at deres bindemiddel findes som finfordelte, mikroskopiske plastpartikler, -korn eller –kugler, i vand, som en såkaldt dispersion. Derudover tilsættes plastmalingen forskellige fyld- og farvestoffer, blødgørere, sammenflydningsstoffer og konserveringsmidler. Plast/akrylmaling til udendørs brug tilsættes også såkaldte fungicider, som skal forhindre dannelse af mug og skimmel på overfladen. Når vandet i malingen, op til 50-60% af indholdet, fordamper/tørrer, klæber plastpartiklerne sammen til en næsten uopløselig malingsfilm som et plastlag, der lægger sig oven på det behandlede materiale, men ikke trænger ind i det. Plastmaling betegnes som en diffusionsåben maling, men den er ikke nær så 'åben' overfor fugt og vanddamp, især indefra og ud, som de poreåbne/kapillaråbne overfladebehandlings-produkter som hvidtekalk, limfarver og silikatmaling. Se også side 72-76.

Pigmenter: Fintmalede, hovedsageligt mineralske og uopløselige farvestoffer, der anvendes til maling. I dag fremstilles pigmenter næsten udelukkende syntetisk, men før i tiden bestod de af pulveriserede mineraler og andre farvestoffer, f.eks. okker, sod, rust eller kridt, fra jorden, de såkaldte jordfarver. Disse forekommer bl.a. i en meget smuk klassisk jordfarve-skala. Se side 73.

Poreåben: Kapillar transport af frit vand fra små til store porer i et porøst materiale. Poreåbne materialer som kalkpuds, hvidtekalk og limfarve etc. transporterer derfor 10-100 gange så meget murfugt indefra og ud end diffusionsåbne materialer som plastikmaling.

Porøse materialer: Materialer, f.eks. træ, mursten, kalkpuds samt kalkfarver og limfarver, der er fulde af små porer (luftkanaler). Se poreåben, kapillaråben og sorption.

Puds: Hærdet mørtel, når denne sidder som et dækkende eller et tyndt lag på murværk. Henholdsvis dækkende puds og tyndpuds.

Påkoblede rammer: De meget energieffektive koblede vinduer kan udelukkende udføres som nye vinduer, eksempelvis hvis husets oprindelige vinduer allerede er udskiftet. Men man kan også bevare og energiforbedre de oprindelige kitfalsvinduer af træ med enkeltglas, hvis disse findes, ved at koble tynde vinduesrammer, evt. af aluminiumsprofiler eller meget slanke træprofiler, evt. blot som en hærdet glasrude, med et enkelt lag hardcoated glas, indvendigt på disse. Mange ser dette som en fordel, at hele den energiforbedrede vinduesramme åbner udad. Denne måde at energiforbedre eksisterende vinduer på, som alternativ til forsatsvinduer, sparer beviseligt mere energi end tilsvarende nye vinduer med udvendige lavenergiruder. Se side 43, forslag 2.

R

Radiator-niche: Den tilbagetrækning af facademurværkets tykkelse, der ofte forekommer under vinduerne, og hvor man efter centralvarmens indførelse i slutningen af 1920'erne, ofte anbringer radiatorerne. Se side 68.

Radon: Radon er en radioaktiv gasart, der dannes, når det radioaktive grundstof radium, der mange steder findes naturligt i undergrunden, henfalder. Radon lugter ikke, kan ikke ses eller smages og fremkalder ikke umiddelbare bivirkninger hos mennesker. Men radon kan, ved indånding, skade cellerne i lungerne og udvikle lungekræft. Jo længere tid en person opholder sig i et hus, der indeholder radon, og jo højere niveauet af radon er, desto større er risikoen for at udvikle lungekræft. Det tager lang tid – typisk 10-40 år – fra påvirkningen er begyndt, til lungekræften konstateres. Ifølge Verdenssundhedsorganisationen (WHO) er radon den næstvigtigste medvirkende årsag til lungekræft (efter aktiv rygning). Det er anslået, at radon i boliger er en medvirkende årsag til omkring 9 % af alle nye lungekræfttilfælde i Danmark, det vil sige omkring 300 tilfælde pr. år. I de fleste af disse tilfælde er de ramte rygere. Risikoen ved radonudsættelse er cirka 25 gange større for rygere end for personer, som aldrig har røget. Se også Kræftens Bekæmpelses hjemmeside: cancer.dk. Radonmængden i jorden varierer geografisk i Danmark, alt efter undergrundens sammensætning. To nabohuse kan have forskellige niveauer af radon i indeklimaet, fordi husenes konstruktion, stand og ventilation også har betydning. Bygninger opført efter 1998 skal være opført med en lufttæt radonsikring i gulvet. Hvis man vil konstatere, hvor meget radon der er i en bygning, kan man udføre en radonmåling. Landsdækkende undersøgelser tyder på, at 350.000 huse i Danmark har et for højt radonniveau i indeklimaet. Langt størstedelen af de udsatte huse er enfamiliehuse, rækkehuse eller kædehuse. Denne publikation behandler ikke indeklimaproblemer som følge af radon. Der henvises til den ovennævnte hjemmeside.

Refendfugning: Vandrette, tilbagetrukne render/fuger i ét skiftes højde, der udføres i facademurværk, enten i blank murværk (med synlige mursten) eller i en pudset overflade. Over vinduer og porte knækkes fugerne eventuelt nedad for at minde om kilesten. Refendfugning forekommer fortrinsvis i underfacader på klassicismens bygninger for med deres skyggevirkning bl.a. at illudere tyngde. 'Refendre' er fransk og betyder 'kløve eller save på langs'.

Relativ luftfugtighed, RF: Luftens fugtighed måles i g/m3 luft og omsættes til relativ fugtighed (RF) ved en given temperatur. F.eks. ved 20 grader C kan luften indeholde 17,5 g fugt, og det beskrives som 100 % RF. Hvis der f.eks. kun er 8,75 g fugt pr. m3 luft ved 20 grader C, siger man, at der er 50 % relativ fugtighed (RF). Se side 68-70.

Renovering: Herved forstås en fornyelse eller udskiftning (Latin: renovare = forny, gøre nyt, - også bortfjerne affald/latriner) af eksisterende bygningsdele i en bygning, f.eks. vinduerne, taget, gulve, lofter eller trapper. Ofte på en meget grov og ufølsom måde, hvor man ikke bevarer ret meget af de oprindelige materialer og konstruktioner. Moderne materialer foretrækkes frem for de klassiske materialer, der passer til huset. Denne fremgangsmåde bør derfor helt undgås på ældre bygninger. Ordet renovering forveksles ofte med renovation, der betyder fjernelse af affald. Heller ikke noget godt udgangspunkt.

Renoveringsklasse: Efter Bygningsreglement 2015 (BR15) kapitel 7.4.3 kan man på eksisterende bygninger, der ønskes energiforbedret, frivilligt benytte de såkaldte Renoveringsklasser 1 og 2 – som et alternativ til opfyldelse af komponentkravene i kap. 7.4.2, stk. 1. Det betyder, at man opnår frihed til for eksempel at

vælge bedre isolerende vinduer og øge loftisoleringen for derigennem at mindske facadeisoleringstykkelsen. Det giver større muligheder for at opnå løsninger, der både kan spare på varmen og sikre ældre huses bevaringsværdier, som denne publikation handler om. Se en nærmere vejledning på SBi's hjemmeside. Ved en total udskiftning af en bygningsdel eller installation skal kravene i kap. 7.4.2, stk. 1, dog altid overholdes. Se også side 101

Rentabilitet: Ifølge Bygningsreglement 2015 (BR15) kapitel 7.4.2, stk. 4 og 5, skal man ved energiforbedring af eksisterende kun udføre de energibesparende foranstaltninger, der er rentable og fugtteknisk forsvarlige, og undlade de ikke rentable og fugtteknisk forsvarlige. Se nærmere om dette i Bygningsreglementet. Se også side 101-104.

Restaurering: Herved forstås en håndværksmæssig istandsættelse eller reparation af de eksisterende materialer, elementer eller dele på en eksisterende bygning. Ved en restaurering sker der en høj grad af bevaring og konkret istandsættelse af de eksisterende originalmaterialer, f.eks. ved at skifte de rådne dele af en dør ud (udlusning), og kun disse. Hele døren istandsættes, så den bliver teknisk fuldt funktionsdygtig, helstøbt som element og i overensstemmelse med dørens oprindelige historiske og arkitektoniske udtryk. Det samme kan siges om hele bygninger, der restaureres. En tagomlægning med genanvendte tagsten – eller nye helt magen til de eksisterende – kan også repræsentere en restaurering af taget.

Rokoko: Se Arkitekturstilarter.

Rulleskifte: Skifte af mursten, der er stillet på kant. Bruges ofte som øvre afslutning på en fritstående mur.

Råd og svamp: Som råd betegnes skader på træ forårsaget af svampe og/eller bakterier, hvor angrebet er karakteriseret ved en langsomt forløbende ødelæggelse. Dog kan træværk under særligt ugunstige forhold (ubeskyttet) nedbrydes af råd på relativt kort tid. Som svamp betegnes enhver skade forårsaget af svampeangreb, der er hurtigt forløbende i forhold til konstruktionens forventede funktionstid. Der skelnes i reglen mellem to forskellige nedbrydningstyper: brunmuld og hvidmuld. Læs mere side 15. Se også Teknologisk Instituts hjemmeside om råd og svamp.

Raadvad-Vinduet: Et arkitektonisk tilpasset, nyt vindue af træ til ældre bygninger, fremstillet efter en særlig defineret standard, teknisk kvalitet og detaljering som vinduer i 1700-tallet, der foreløbigt har holdt i over 200 år. Vinduet fremstilles som et fabriksproduceret standardvindue i 6 forskellige stilarter, passende til dansk bygningskultur. De udvendige rammer er forsynet med trukket glas, som enkeltglas, sat i kitfals, mens de indvendige rammer enten kan være koblede rammer, eller indadgående forsatsrammer, enten med energiglas eller energiruder. Se totaløkonomisk beregning side 62.

S

SAVE-systemet. SAVE-værdi: SAVE er et dansk udviklet system til at vurdere bygningers eller bebyggede struktures bevaringsværdi. Det sker efter en skala fra 1-9, hvor en bevaringsværdig bygning skal opnå SAVE-værdien1-3 (evt. 4). Se nærmere på side 7.

Schweizerstil: Se Arkitekturstilarter.

Senklassicisme: Se Arkitekturstilarter.

Silikatmaling: Overfladebehandling til murværk og puds bestående af det mineralske bindemiddel kali- eller natrium-vandglas samt farvepigmenter.

Silikonefuge: Se gummifuge.

Skimmel: Skimmelsvampe kan kun vokse på overflader i boligen, hvor fugtigheden er høj. Den hyppigste årsag til vækst af skimmelsvampe er opfugtning i forbindelse med byggefejl og skader, fx utætte tage, opstigende grundfugt, kuldebroer eller andre konstruktionssvigt. Men beboernes adfærd i form af udluftnings- og tøjtørringsvaner spiller også en rolle. Skimmelsvampe kan give allergi og astma og være skyld i træthed, hovedpine og åndedrætsbesvær. Se side 70.

Skoddedør: En udvendig, isolerende eller beskyttende dør på en eksisterende yderdør. Se side 49.

Skorstenseffekt: 1) den naturlige ventilation af ældre bygninger gennem deres åbne skorsten. 2) den opadstigende luftstrøm mellem ydermuren og indermuren i murede facader med hulmur, der forringer hulmurens isolerende effekt og som derfor kan forbedres gennem en hulmursisolering, der får luften til at stå stille. Se nærmere side 69.

Skrabefuge: Fuge i murværk, der flugter med murstenenes forside.

Skunk, skunkvæg, skunkrum: Aflangt rum med trekantet tværsnit langs et tags spærfødder, begrænset af den skrå tagflade, gulvet og den indvendige skunkvæg. Se side 38.

Skydevinduer, vandrette: En ikke særlig udbredt vinduestype i Danmark, men foretrækkes dog af mange ved forsatsvinduer.

Softcoatet rude: Se coatet glas.

Solceller: Halvlederkomponent der kan omdanne energien i sollys til elektricitet. På bevaringsværdige bygninger og i bevaringsværdige bygningsmiljøer bør man ikke anbringe de ofte meget skæmmende, blanke, sorte solcellekasser på tagfladerne. I stedet kan de med fordel stå på jorden ved siden af huset. De par meter fjernere fra solen har næppe nogen betydning for effekten, men for æstetikken har de. Se foto side 13.

Solenergitranmittans (g-værdi): Ved vinduer sker der i fyringssæsonen, ligesom ved gulve, vægge og tage, et varmetab indefra og ud, der måles i W/m²K. Men i denne periode skinner solen også, og derved kommer der ved vinduerne solvarme ind gennem ruden, ind i huset. Ved vinduets solenergitransmittans angiver man den del af solens energi, der kommer ind i rummet gennem selve rudedelen i et vindue, i forhold til den del, der bremses af karmens og rammernes ugennemsigtige dele. Solenergitransmittansen, den nyttiggjorte solenergi, benævnes vinduets g-værdi og måles i procent. Et vindue med en høj g-værdi giver meget sollystilskud til rummet, hvilket er en fordel, mens der ved en lav g-værdi spildes nyttig solenergi på ofte alt for tykke rammer og karme.

Soltørret lersten, ubrændte lersten: En, ofte hjemmelavet, mursten af ubrændt ler, der især benyttes i bindingsværkstavl i landhuse i perioden 1750 – 1850.

Sommerkondens: Sommerkondens opstår, som navnet siger, primært om sommeren, i huses ydervægge og tagkonstruktion, som følge af at udeluften på visse tidspunkter er varmere og derfor indeholder mere fugt end indeluften i huset. Da vanddamp, d.v.s. vand/fugt i luftform, hele tiden vil forsøge

at 'udfylde' områder med en mindre relativ luftfugtighed (RF), vil den fugtige luft drives ind gennem husets ydervægskonstruktion og tagkonstruktion, indtil den har opnået ligevægt. Hvis man har udført en meget omhyggelig tæt dampspærre af plastik i konstruktionerne, vil sommerkondensen fortætte til vand på ydersiden af denne - og her fugte konstruktionen op. I ydervæggene vil de organiske materialer som træ blive fugtige og isoleringsmaterialerne vil også fugtes op og derved yderligere gøre træet vådt, så det begynder at rådne. I tagkonstruktioner vil der ofte begynde at dryppe vand ned gennem loftet gennem utætheder i dampspærren. Forekomsten af sommerkondens er derfor et af argumenterne for ikke at opsætte tætte dampspærrer i klimaskærmen på eksisterende bygninger – og heller ikke at benytte hygroskopiske isoleringsmaterialer som f.eks. mineraluld til efterisoleringen. Se nærmere side 30-33.

Sorption: Et materiales sorptionskurve angiver sammenhængen imellem materialets fugtindhold og den relative luftfugtighed (RF), som materialet er i ligevægt med ved en given temperatur. Fugtindholdet kan enten opgives i vægtprocent eller i kg/m³. Se også fugt.

Sprosse: Efter tysk: 'sprosse' = tynd, nyspiret sidegren. En sprosses vigtigste funktion er at opdele en vinduesramme i mindre felter, hvori ruderne sidder. Sprosser kan være af træ, smedejern eller støbejern. En typisk træsprosse med udvendig kitfals og indvendig profilering er 25 x 25 mm. Såkaldte 'københavnersprosser' tilhørende de første klassicistiske vinduer fra omkring 1812-20, er 25 x 45 mm.

Spånplade: Stiv plade af hårdt sammenpressede og -limede træspåner. Bruges som byggemateriale, bl.a. til skillevægge og til møbler. I forhold til 'rigtigt' træ, f.eks. en bræddebeklædning, er spånplader imidlertid et fuldstændigt 'dødt' materiale, der tilmed holder dårligt, fordi det ikke tåler fugt. Spånplader harmonerer derfor dårligt med ældre huse.

Stanglås, paskvil: Låsemekanisme på en dør eller et vindue bestående af to metalstænger der ved vippe- eller drejebevægelse af et håndtag midt på rammen skydes henholdsvis op i overkarmen og ned i bundkarmen. Kaldes også en fransk stanglås eller paskvil (fra fransk: bascule = 'vippe', afledt af basculer = vippe bagover, falde på halen).

Stuk: Gipssten (calciumsulfat) forekommer i naturen i de fleste bjergområder. Stenen kan 'brændes' ved en ret lav temperatur og pulveriseres. Når pulveret blandes med vand, hærder det til gipssten igen på meget kort tid. Gips forhandles under betegnelserne stukgips og modelgips. Modelgips bruges primært til at udføre afstøbninger af dekorationer eller andet, f.eks. rosetter, friser og blomsterranker, ud fra en negativ form. Stukgips bruges til at trække eller dreje 'trukne' stukdekorationer, f.eks. loftgesimser i bygninger. Stukdekorationer er for det meste hvide og males yderligere hvid med limfarve, men kan også blandes med pigmenter og derved bl.a. imitere marmor. Stukdekorationer blev især anvendt i 15-, 16- og 1700-tallet og var især egnet til barokkens og rokokoens dekorative udsmykninger. Under historicismen, i midten og slutningen af 1800-tallet, blev stuelofter med kraftige stukudsmykninger meget udbredt i hovedstadsområdet, hvor de fleste stukkatørfirmaer i 1800- og 1900-tallet holdt til. I byer som Aarhus, Aalborg og Odense m.fl. boede der ingen eller få stukkatører, så her finder man sjældnere stukdekorationer i husenes interiører.

Støbejern: Støbejern er råjern, der er smeltet i en højovn/kupolovn og støbt i en sandform. Materialet kan f.eks. anvendes til bygningsdele som vinduer, trapper, eller afløbsrør m.m., eller maskindele, ankre, kakkelovne, brændekomfurer m.m. Støbejern har et kulstofindhold på over 2 % og er derfor generelt meget 'skørt' og knækker let. Til gengæld er det et brandsikkert materiale i sig selv og behøver ikke brandmaling. Se nærmere side 48.

Støjisolering/støjdæmpning: Trafikstøj er et stort problem i mange byer ud til gader med stærk trafik. Det er derfor interessant, at den mest effektive måde at dæmpe trafikstøj i rum ud til trafikerede gader er ved at benytte forsatsvinduer på de eksisterende vinduer af træ – i stedet for at skifte disse ud med nye, såkaldte 'lydvinduer' med energiruder. Se nærmere side 61.

Svejfet: Svunget, kurvet eller buet form. Ses ofte på synlige spærender i udhængsspær, f.eks. på huse i schweizerstil.

T

Tapetklister: Se: Celluloselim.

Tavl: De udmurede partier mellem bindingsværkstømmeret i et bindingsværkshus.

Temperafarve: Efter latin = temperare: blande i rette forhold. Linoliemaling kan iblandes en vandig lim, hvorved linolien emulgerer, det vil sige pulveriserer til bittesmå fedtperler, der svømmer rundt i vandet (lim-i-olie-tempera). Temperafarver, også kaldt emilsionsfarver, kan også fremstilles ved at blande en smule linolie i en vandig limfarve, f.eks. en kaseinfarve eller en fustagelimfarve (olie-i-lim-tempera), hvorved virkningen er den samme. Den klassiske temperafarve, kendt siden oldtiden, er en æggeolietempera, der fremstilles af æg (hviden, blommen eller begge dele) iblandet linolie og lidt vand. I alle temperafarver indgår der pigmenter, der doseres efter vurdering af helt optørrede prøveopstrøg.

Termografisk fotografering: Termografi er en målemetode, hvor temperaturforskelle, f.eks. i en bygnings facader, kan ses på et infrarødt kamera. Temperaturforskelle på blot 0,1 grad celsius afsløres tydeligt, så man kan se små utætheder og kuldebroer i vægge, lofter, ved gulve m.v. Se nærmere side 71.

Termorude, termovindue: I 1930 udviklede den amerikanske ingeniør C.D. Haven en isoleringsrude, der blev patenteret i 1938. Ruden fik betegnelsen 'Thermophane'. Glassene i ruden blev holdt fra hinanden med afstandsprofiler i metal, der var loddet til glasset med bly, og mellemrummet var fyldt med tør og affugtet luft. Isoleringsruden blev i 1941 registreret som varemærke af koncernen Libbey-Owens-Ford Glass Company. Isoleringsruden lagde navn til begrebet 'termorude', som for alvor vandt frem i 1950'erne og 60'erne, og som i Europa blev produceret i Belgien. (Villum Window Collection). Se også: Energirude.

Totaløkonomi: Med virkning fra den 1.1.1998 indførte By- og Boligministeriet et krav om totaløkonomiske vurderinger i forbindelse med offentligt støttet byggeri, og den 1.5.2000 blev der fastsat et tilsvarende krav om totaløkonomiske vurderinger af bl.a. statsligt byggeri. En beregning af totaløkonomien for et byggeri omfatter de samlede udgifter til anlæg og drift i brugstiden, dvs. den periode byggeriet forventes at blive anvendt til

det samme formål. Totaløkonomien beregnes og opgøres i faste nutidspriser på baggrund af det vedtagne indeks, dvs. at der ikke tages hensyn til inflation. På nuværende tidspunkt indgår eventuelle kapitaludgifter i forbindelse med forrentning ikke i beregningerne. Se en totaløkonomisk beregning for nye og gamle vinduer på side 62. Den viser, at det totaløkonomisk er markant billigere at bevare og energiforbedre eksisterende, gamle vinduer af træ frem for at udskifte disse med nye tilsvarende vinduer med selv de bedste lavenergiruder.

Transformation: Herved forstås en større eller mindre ombygning, omdannelse eller tilbygning af en eksisterende bygning, ofte til et nyt formål eller til samme formål, men med væsentlige funktionsmæssige eller indretningsmæssige ændringer. En transformation repræsenterer løsninger, design og arkitektoniske valg, der er indlevet i husets arkitektur, historie og bærende bevaringsværdier - ud fra en forudgående analyse og værdisætning af disse. En transformation kan omfatte fjernelse af eksisterende bygningsdele i bygningen, hvis indgrebet kan begrundes arkitektonisk eller funktionelt.

Tredjegenerations vinduer: Når de oprindelige vinduer i en ældre bygning er udskiftet med nye vinduer i 1980'erne og 90'erne, skal disse vinduer erfaringsmæssigt igen skiftes i 2020'erne, på grund af deres generelt meget ringe kvalitet og holdbarhed. De nye tredje sæt/generations vinduer til huset skulle gerne være af samme udformning og kvalitet som de oprindelige vinduer, der uden tvivl sagtens kunne have været istandsat og holdt endnu. Se tegninger m.v. side 47.

Træ-Alu vinduer: .Vinduer med ramme og karm i en kombination af træ og aluminium. .Det vejrbestandige og 'vedligeholdelsesfrie' aluminium sidder yderst, og den indvendige del af vinduet er af træ. I dag er de udvendige rammer af aluminium og karmene af træ. Fordelene er vedligeholdelsen, man dog ikke er helt fritaget for. Ulempen er, at man ikke har mulighed for at skifte farven på vinduerne. Da aluminium er en fremragende varmeleder og dermed også kuldeleder, har rammer og karme, der primært består af alu-profiler, en dårlig isoleringsevne, hvis forbindelsen mellem de udvendige og indvendige dele ikke brydes af isolerende elementer. Den lave indvendige overfladetemperatur på mange træ-alu-vinduer øger risikoen for fugtkondensering og skimmelvækst på de indvendige overflader. Se side 71.

Træpillefyr: Et fyr, fyret med træpiller, små, cylindriske 'piller, bestående af sammenpresset savsmuld. Fyring med træpiller opfattes af myndighederne som miljørigtigt og CO_2-neutralt, da disse restprodukter under alle omstændigheder skulle være brændt af eller komposteret. Ved at bruge træpiller frem for almindeligt brænde opnår man den fordel, at påfyldningen af brænde kan ske med lange mellemrum, da pillerne selv kan løbe ned i fyret.

Tætningslister: Tidligere blot bestående af tynde trælister, der kunne føje sig efter vinduers og døres skævheder. I dag forsynet med anslag af gummi eller andre bløde, syntetiske materialer.

U

Ubrændte lersten: Se soltørrede lersten.

U-værdi: Et byggemateriales varmetabskoefficient (transmissionskoefficient). Denne hed tidligere k-værdi. Transmissionskoefficienten angiver, hvor stor en varmemængde, målt i Wh, der i løbet af en time strømmer gennem 1 m^2 af konstruktionen, når temperaturforskellen mellem den indvendige og den udvendige side er 1°C. Jo mindre transmissionskoefficienten er, desto bedre isolerer konstruktionen. Enheden angives i W/m^2K.

V

Varmegenvinding: Varmegenvinding er en teknologi, der genvinder varme fra spildvarme, varme fra ventilation og varmt spildevand. Opvarmningen sker i en såkaldt varmeveksler, hvor de to luftstrømme eller vandstrømme glider tæt forbi hinanden, kun adskilt af tynde metalplader, som gør, at energien kan overføres fra den ene luftstrøm/vandstrøm til den anden.

Varmetab: Skema side 42. Se også: U-værdi.

Vedvarende energi: Energi fra en uudtømmelig kilde fx solenergi og vindenergi, evt. træ og biogas. Se side 21.

Ventilation, ventileret: Mekanisk eller naturlig udskiftning af luften i bygningers rum ved hjælp af et apparat, en luftkanal, f.eks. skorstenen eller et åbent vindue el.lign. Se side 65, 69 og 72. Ventilationsspalte, ventileret hulrum: Se: brystningsisolering, se: Fugt.

Vindfang: Se: Forstue.

Vinduesbrystning: Se: Brystning.

Vindueskarm: De faste tømmerstykker, som vinduets hængslede (gående) ramme er hængslet og falset til (indfaset i). Vinduets karme består af henholdsvis underkarmen, overkarmen og sidekarmene.

Vinduesplade: Vandret plade, der dækker oversiden af vinduesbrystningen. Kaldes af de fleste mennesker for vindueskarmen. Se side 60 og 105.

Vinduesrammer: De hængslede rammer i et vindue, hvor rudeglasset er kittet til rammernes kitfals.

Æ

Æggeolietempera: Se Temperafarver.

Ø

Østerbrovindue: Et tre-fags vindue af træ med en stor midterrude og to smalle sideruder, der især forekommer i etageejendomme på Frederiksberg og på Østerbro i perioden 1895 – 1930. Se også Chicago-vinduet samt illustration side 66, 76 og 78.