

Optimering af termoruders montering i vinduer

Slutrapport omfattende fase 1 og fase 2

- J.nr. 75661/00-0020

**Udført for: Energistyrelsen
Amaliegade 44
1256 København K**

Att.: Sergio G. Fox

**Udført af: Civilingeniør Robert Knudsen
Diplomingeniør Pia Rostgaard
Konsulent Claus T. Jensen**

Århus, den 28. december 2002, revideret 27. august 2003
Projekt nr.: 1027980 og 1062484

Resultatet af undersøgelsen må kun gengives i sin helhed. I uddrag kun efter Teknologisk Instituts godkendelse

Byggekomponenter

Indholdsfortegnelse

| | |
|--|---------|
| Baggrund | side 1 |
| Projektets formål | side 1 |
| Teoretiske overvejelser | side 2 |
| Parametre der har nedbrydende virkning på termoruder | side 2 |
| Hvad sker der, når en termorude "punkterer"? | side 2 |
| Hvorfor holder termoruder ikke lige så længe som vinduer? | side 3 |
| Kunstig ældning af termoruder monteret i vinduer | side 3 |
| Rudemontering | side 4 |
| Korrekt rudemontering | side 4 |
| Mangelfuld rudemontering | side 5 |
| Testrudernes indbygning i prøvestanden | side 6 |
| Klimapåvirkning | side 7 |
| Vurdering af klimapåvirkningen | side 8 |
| Klimapåvirkningens indflydelse på vandindholdet i ruderne | side 8 |
| Revision af klimapåvirkningen | side 10 |
| Kunstig ældning af termoruder | side 12 |
| Nedbrydningen af rammerne ved klimapåvirkningen | side 13 |
| Konklusion | side 14 |

Optimering af termoruders montering i vinduer

Denne rapport er en sammenfattende slutrapport for fase 1 og fase 2.

Baggrund

I Danmark er der kun én anerkendt måde at montere termoruder i vinduer på, og metoden er angivet i Glasindustriens monteringsanvisning. Manglen på alternative monteringsmetoder er med til at bremse produktudviklingen af nye og bedre ramme/karmprofiler hos vinduesproducenterne. Ved den anerkendte monteringsmetode er der mellem ruden og rammen/glaslisten et glasisætningsbånd af blødt gummi, som har til formål at modvirke koncentrerede laster på ruden. I de seneste år er der i praksis udført flere rudemonteringer uden det bløde glasisætningsbånd og med direkte kontakt mellem ruden og rammen (træ). Metodens indflydelse på rudernes holdbarhed er endnu ikke dokumenteret, og erfaringerne med rudernes holdbarhed er utilstrækkelige til officielt at ændre i den anerkendte monteringsmetode.

Energistyrelsen har gennem Projekt Vindue ønsket at stimulere udviklingen af nye vinduer, og for at råde bod på de forannævnte uklarheder omkring ruders montering har Energistyrelsen finansieret dette projekt med j.nr. 75661/00-0020.

Projektets formål

Formålet med projektets fase 1 har været at udvikle en prøvningsmetode, som med sikkerhed er i stand til at afgøre, om en ny monteringsmetode ville være skadelig for rudernes holdbarhed.

Gennem teoretiske overvejelser og orienterende undersøgelser er der udarbejdet forslag til en metode, der antages at give accelererede og realistiske påvirkninger på ruden.

Den udviklede prøvningsmetode er afprøvet i fase 1 på ruder monteret i trærammer dels efter den korrekte monteringsmetode og dels efter en ukorrekt montering, som erfaringsmæssig giver ruderne en kort levetid.

Fase 1 gav – mod forventningen - ikke en hurtig nedbrydning af de ukorrekt monterede ruder, hvorfor fase 2 efter samråd med følgegruppen blev ændret til at undersøge muligheden for at give klimasimuleringen en kraftigere nedbrydende effekt på ruderne.

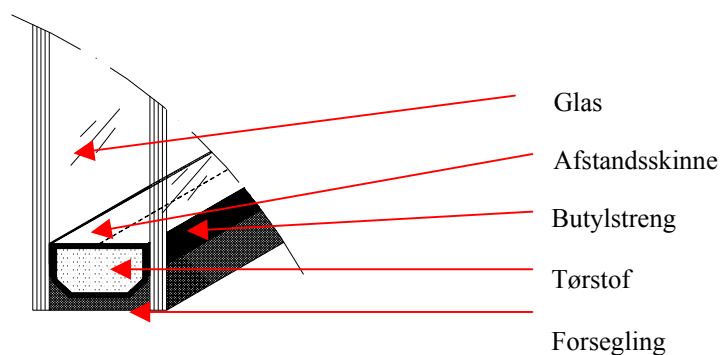
Teoretiske overvejelser

Parametre der har nedbrydende virkning på termoruder

Termoruders holdbarhed er afhængig af mange forskellige parametre lige fra de materialer, der anvendes ved fremstillingen, til hvorledes ruden indbygges, og hvilken grad af vejrligseksposering vinduet får, samt hvorledes vinduet vedligeholdes. Disse parametre er belyst i efterfølgende afsnit, der er et uddrag fra rapporten "Energiforbedringer af termoruder – Fase 1".

Hvad sker der, når en termorude "punkterer"?

I daglig tale anvendes udtrykket, at en termorude er "punkteret", når den ikke længere er i stand til at forhindre kondensdannelse på hulrumssiden af det yderste stykke glas. De gængse termoruder, der anvendes i vinduer, er opbygget af mindst 2 stykker plant glas, der holdes adskilt af en afstandsskinne - normalt af aluminium eller stål. Glasset "limes" i de fleste rudekonstruktioner til afstandsskinnen med en tynd butylstreng og en rygdekning med en forseglingsmasse af polysulfid eller polyuretan. I fig. 1 er vist et snit i en traditionel termorudes kantkonstruktion.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.. Snit i traditionel kantkonstruktion

Hulrummet mellem de 2 stykker glas er enten fyldt med almindelig atmosfærisk luft eller gas (argon eller krypton). Almindelig luft indeholder større eller mindre mængder vanddampe, som - hvis det ikke blev fjernet - ville give kondens på hulrumssiden af det yderste glas. Den forseglingsmasse, der anvendes ved samlingen af en rude, er ikke 100% tæt over for vanddampe, og gennem tiden diffunderer der meget langsomt en lille mængde vanddampe ind i hulrummet. For at sikre, at der altid er tør luft i hulrummet, indbygges der tørstof i de hule afstandsskinner.

I termoruder er der indbygget så meget tørstof, at det i mange år (50-100) er i stand til at opsuge den fugt, som måtte diffundere gennem den intakte forsegling. Svinger derimod vedhæftningen mellem forseglingsmassen og glasset, ændres situationen voldsomt, idet der nu bliver adgang for direkte luftstrømning ind og ud af rudens hulrum. Når der er atmosfærisk højtryk, eller det er koldt, vil der strømme luft ind i hulrummet på grund af undertrykket i ruden, og når der er atmosfærisk lavtryk, eller det er varmt, vil luften i ruden blive presset ud. Denne transport frem og tilbage af atmosfærisk luft resulterer i en transport af vanddampe ind i ruden, som i begyndelsen optages af tørstoffet, men når tørstoffet er "mættet", vil der kunne ses kondensvand på hulrumssiden af det yderste glas. Denne proces dækker over det, der kaldes en "punkteret" termorude. Processen kan strække sig over et par år. Efterhånden er perioden med kondens så lang, at der begynder at ske en kemisk nedbrydning af glassets overflade, som resulterer i en mat hvid belægning, der ikke kan fjernes.

Hvorfor holder termoruder ikke lige så længe som vinduer?

I forrige afsnit er beskrevet den proces, der forløber, når en termorude "punkterer" og dermed mister en del af sin funktion. Erfaringer fra praksis viser, at der er meget store variationer i levetiden af termoruder. Der er flere årsager hertil. Nogle af årsagerne skal søges i vejrliget, som ruderne udsættes for, andre i måden, hvorpå ruden er monteret og andre i måden, hvorpå ruden er udført.

Erfaringer fra praksis viser, at det er muligt at "slå gode termoruder ihjel" på få år, hvis de monteres, så der er risiko for ophobning af fugt omkring rudens forsegling. En korrekt montering med god dræning og ventilation af luftspalten langs termorudens kanter og med god UV-lys beskyttelse af kanten er med til at sikre en optimal levetid.

En optimal montering kan dog ikke forhindre, at en mangelfuld udført termorude ikke nedbrydes, idet selv korrekt monterede ruder udsættes for vejrligets påvirkninger i form af variationer i lufttrykket og varierende temperaturer.

Kunstig ældning af termoruder monteret i vinduer

Der findes flere forskellige internationale prøvningsstandarder til accelereret ældning af termoruder i **ikke-indbygget** tilstand, bl.a. er der en europæisk harmoniseret produktstandard (prEN 1279-2) for termoruder på vej. Fælles for disse prøvningsstandarder er, at de ikke tager hensyn til, at rudens kanter er beskyttet ved monteringen, så direkte sollys undgås og store vandmængder ledes bort.

Der findes ingen kendte metoder til at undersøge monteringsmetodens indflydelse på rudernes holdbarhed. Første del af fase 1 har været gennem teoretiske overvejelser at udvikle en metode, der med stor sandsynlighed vil kunne afgøre, om en monteringsmetode er velegnet eller ej.

Den nye ældningsmetode tager i størst mulig udstrækning afsæt i de påvirkninger, som vinduerne og ruderne får i virkeligheden, ved at vinduernes yderside udsættes for et accelereret og intensiveret udeklima, mens vinduernes indvendige side udsættes for almindelig rumtemperatur. De påvirkninger, som prøvningsmetoden kaldet "de fire årstider" opererer med, har dannet grundlag for den nye ældningsmetode. Endvidere er der taget hensyn til de parametre, som, i de "rene" prøvningsmetoder for termoruder, vurderes at have den største nedbrydende indflydelse på termoruderne.

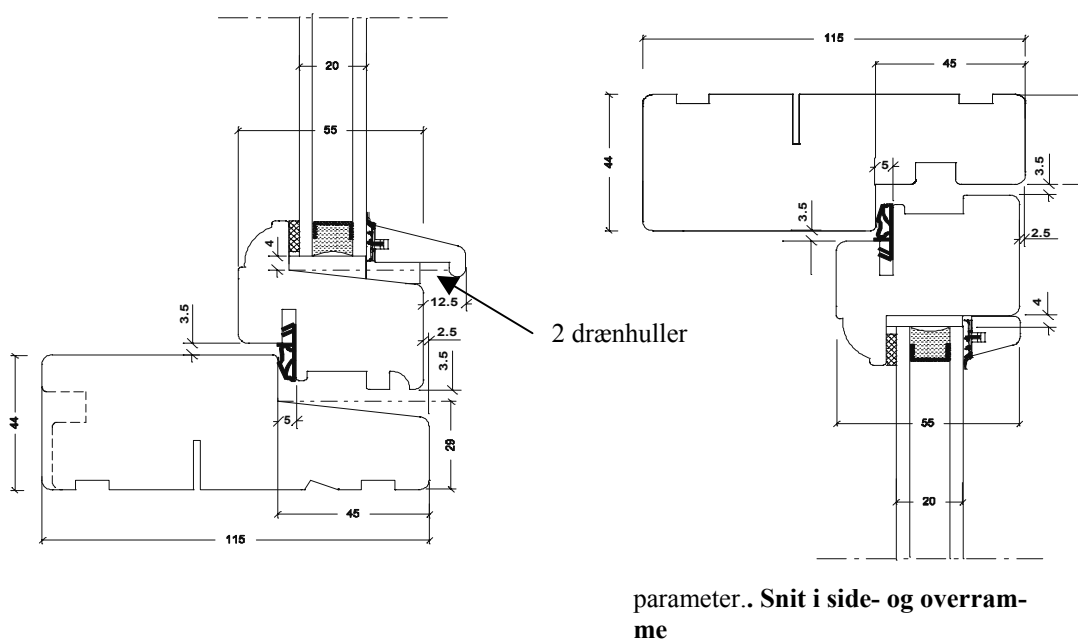
Længden af den accelererede prøvning skal modsvare den nedbrydende påvirkning, som ruderne får, når de er indbygget i et traditionelt trævindue, og hvor erfaringerne viser, at ruderne har en lang levetid. Prøvningsperiodens varighed kan derfor først fastlægges, når resultaterne foreligger.

Rudemontering

Korrekt rudemontering

Som reference for en god rudemontering blev anvendt et trævindue, hvor ruderne blev monteret efter den gældende anerkendte metode, som erfaringsmæssigt giver lang holdbarhed. I figur 2 og 3 er vist et principsnit i bund- og sideramme, hvor rudemonteringen er i overensstemmelse med den anerkendte metode. Ruden står på klodser, som giver 4 mm luft langs rudens kanter. Glasfalsen i bunden er med 7 % fald udefter, og glaslisten dækker 12 mm af rudens kanter. Luftspalten langs rudens kanter er trykkudlignet til udvendig side via 2 drænhuller under bundglaslisten.

Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.. **Snit i bundramme** **Figur Fejl!** Ukendt argument for

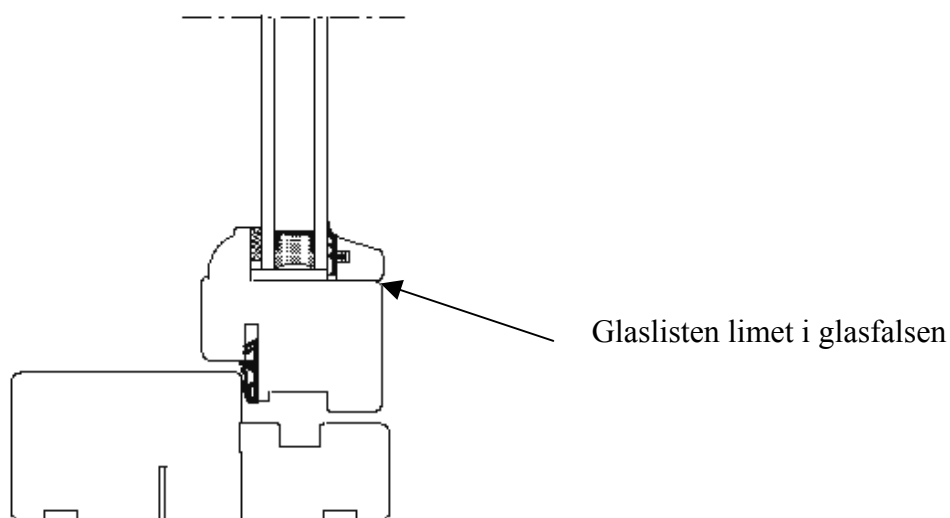


Rammerne var fremstillet af imprægneret træ og opfyldte kravene til klasse B i henhold til DS 2122. Rammernes overfladebehandling bestod af en grundmaling og en

færdigmaling med en samlet tykkelse på 100-120 μm . Bundglaslisten blev valgt ubehandlet, for at variationerne i vandindholdet i hver prøvningscyklus skulle blive ca. 3 vægt% svarende til den fugtvariation, som normalt forekommer over året i en malet træglasliste.

Mangelfuld rudemontering

Instituttet har set mange eksempler på, at en ukorrekt rudemontering har resulteret i, at termoruderne punkterer i løbet af få år. Som regel er årsagen en mangelfuld eller ingen udluftning af luftspalten omkring rudens kanter. Som yderpunkt for en dårlig rudemontering blev anvendt den samme træramme, men med en montering, hvor bundglaslisten var uden drænhuller, og hvor listen blev limet til glasfalsen. Udformningen af montagen er vist på figur 4.



Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.. **Ukorrekt monteret termorude uden trykudligning af glasfalsen**

Testrudernes indbygning i prøvestanden

I prøvestanden blev monteret en fast karm med plads til 12 rammer. Ud for hver ramme blev, i en afstand af 0,3 m, placeret en UV-lampe (Osram Ultra-Vitalux 300W). Vandpåsprøjtningen skete gennem et dysearrangement med en dyse ca. på midten af hver rude. Vandmængden blev justeret til ca. 0,75 l/min. pr. dyse.



| | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Ramme 1 Rude 3/- 1)* | Ramme 2 Rude 16/- 2)* | Ramme 3 Rude 8/11 1)* |
| Ramme 4 Rude 2/20 2)* | Ramme 5 Rude 9/12 1)* | Ramme 6 Rude 18/24 2)* |
| Ramme 7 Rude 10/15 1)* | Ramme 8 Rude 17/21 2)* | Ramme 9 Rude 1/7 1)* |
| Ramme 10 Rude 14/23 2)* | Ramme 11 Rude 4/22 1)* | Ramme 12 Rude 19/5 2)* |

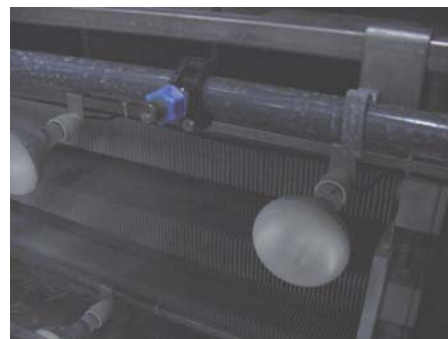
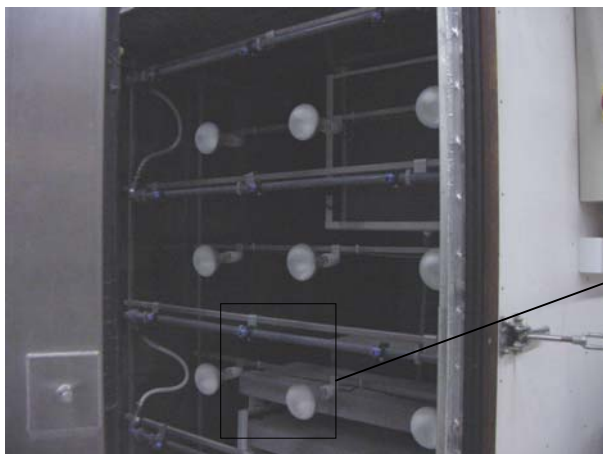
Rude 1. montering / 2. montering

1)* monteret efter GS' anvisninger med dræn

2)* monteret uden dræn

Figur Fejl! Ukendt argument for parameter.. UV-lamper tændt i prøvestand **Figur Fejl!** Ukendt argument for parameter.. Rudeplacering i prøvestand

UV-lamper blev placeret ca. 300 mm fra rudens overflade og midt for rammen. Vanddyserne blev placeret over og foran lamperne, som det kan ses på figur 7.



Figur 7. Placering af UV-lamper og vanddyser

Klimapåvirkning

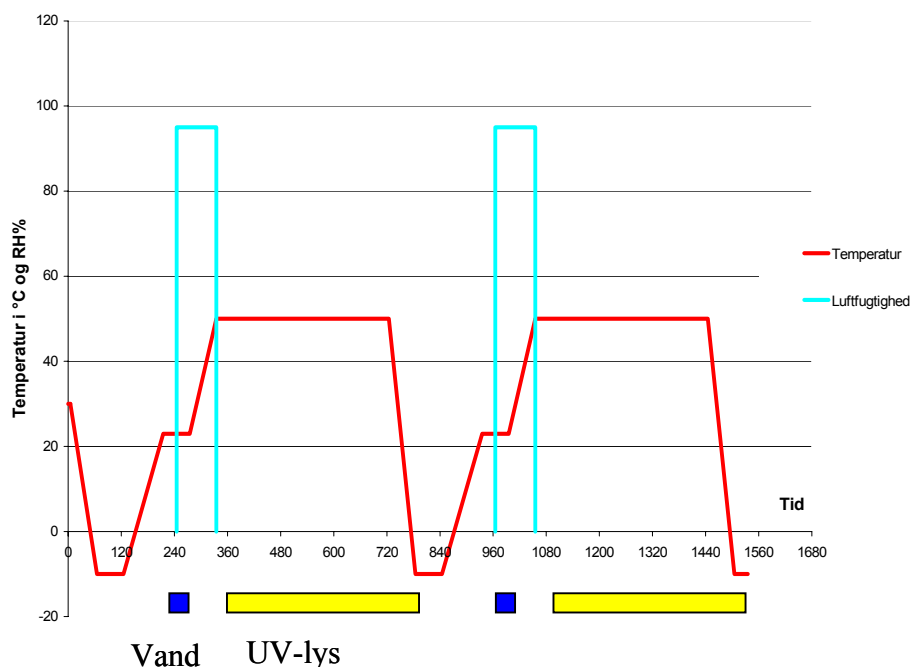
Instituttets erfaringer fra ældning af termoruder er, at høj luftfugtighed, varme og UV-lys – specielt i kombination – virker stærkt nedbrydende på termoruders forsegling, hvorfor disse parametre i videst mulig grad udgør metoden.

I figur 8 er skematisk vist den påvirkning, som blev anvendt ved forsøgets start. Når rammerne har opnået en temperatur på 23°C påbegyndes en ½ times vandpåsprøjtning med almindeligt ledningsvand. I løbet af den ½ time opfugtes de ikke-malede bundglaslister ca. 3 vægt%. Herefter opvarmes rammerne med UV-lys til en overfladetemperatur på ca. 50°C, mens rumtemperaturen holdes på 30°C i en periode på 5 timer. For at kunne holde rumtemperaturen på 30°C var det nødvendigt at åbne og lukke for luger ind til klimaskabet.

Efter perioden med høj temperatur blev temperaturen i løbet af ½ time sænket til -10°C, som blev holdt i 1 time.

Efter en opvarmningsperiode på ½ time gentages ældningsprocessen. I løbet af et døgn gennemløber rammerne 2 ældningscykler.

Ved at vælge en lang periode med UV-lys tændt og en høj temperatur efter en opfugtningssperiode forventedes det, at der ville være et meget stort damptryk på rudekanten, idet glasfalsen antages at være opfugtet.



Figur 8. Klimapåvirkning fra start

Vurdering af klimapåvirkningen

I den kommende harmoniserede produktstandard for termoruder (prEN 1279 del 2) er kravet til termoruder, at I-indekset - vandindholdet i rudens tørstof efter en accelereret ældning - ikke er øget mere end 20% af tørstoffets kapacitet. Ved leveringen havde tørstoffet i termoruderne et vandindhold på ca. 2,6 vægt%, og det maksimale vandindhold angives til 20 vægt%, hvilket giver, at ruderne vil blive betegnet som udtjente, når vandindholdet i tørstoffet når ca. 6,1 vægt%¹⁾.

Note 1. 20% af (20 - 2,6) + 2,6 = 6,1 %

De samme kriterier er valgt som grundlag for vurderingen af ruderne i dette forsøg, og ældningsforsøget var planlagt at forløbe, indtil vandindholdet i de monterede ruder nærmede sig 6,1 vægt%. Varigheden for at nå denne fugtoptagelse kendes ikke, men med jævne intervaller blev der udtaget rammer fra prøvestanden, og nye blev monteret som erstatning for de udtagne. Herved opnås en dobbeltbestemmelse på hver periodelængde.

Klimapåvirkningens indflydelse på vandindholdet i ruderne

I starten blev der med ca. 5 ugers intervaller udtaget rammer med en korrekt og en ukorrekt monteret termorude. De udtagne rammer blev visuelt undersøgt, hvorefter ruden blev taget ud og ligeledes visuelt undersøgt for begyndende skader på forseglingen. Herefter blev ruderne adskilt og tørstoffet udtaget for bestemmelse af vandindholdet ved udtørring til 950°C.

I tabel 1 er angivet resultaterne af de første 15 ugers påvirkning på ruderne.

| Rude placering i ramme nr. | Antal uger | Vandindhold i tørstoffet i vægt% | | Visuelle tegn på skader | Bemærkninger |
|----------------------------|------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------|
| | | Korrekt montering | Ukorrekt montering | | |
| 11 | 5 | 2,6 | | Ingen | |
| 12 | 5 | | 2,7 | Ingen | |
| 9 | 10 | 2,6 | | Ingen | |
| 10 | 10 | | 2,7 | Ingen | |
| 7 | 15 | 2,8 | | Ingen | |
| 8 | 15 | | 2,7 | Ingen | |
| | | | | | Midlertidig stop |

Tabel Fejl! Ukendt argument for parameter.. Vandindhold i tørstoffet efter ældning i 15 uger

De første tegn på begyndende nedbrydning kunne ses på de rammer, hvor ruderne var ukorrekt monteret. I løbet af få dage begyndte der at ske en udpresning af rammens bundstykke, og som det ses på figur 9 fortsatte udpresningen, indtil luftspalten mellem ramme og karm var nul. Resultatet blev, at rammen mistede sin tæthed, og vand kunne trænge igennem. Det samme fænomen kunne i starten ikke observeres i de rammer, hvor ruderne var monteret korrekt.

Efter 17-29 uger kunne der på alle rammernes ”udvendige” side ses flere tegn på nedbrydning. På figur 10 og 11 ses, at den ubehandlede bundglasliste var begyndt at revne i enderne, samt at de malede sideglaslister for neden begyndte at få små revner i malingslaget.

På ruderne var der ingen tegn på begyndende nedbrydning. I starten blev der hver uge fra den indvendige side målt dugpunkt, når udetemperaturen var 23°C. Der blev ikke i de første 15 uger målt ændringer i dugpunktet.



Figur 9. Udpresning af bundstykke ved ukorrekt rudemontering



Figur 10. Revner i bundglasliste



Figur 11. Revner i malingen på glaslisterne



Figur 12. Slip mellem glasisætnings-bånd og rude i ukorrekt monteret

I løbet af de første 15 ugers accelereret ældning kunne der ikke konstateres begyndende nedbrydning i nogen af ruderne. For at give en kraftigere påvirkning blev det besluttet at hæve overfladetemperaturen i prøvningscyklussen fra 50°C til 70°C.

I løbet af de efterfølgende 2 uger begyndte UV-lamperne at falde ud af soklen, og vandrørerne begyndte at deformere. Prøvningen blev efter 2 uger stoppet for en mindre ombygning af udstyret, så det kunne tåle den kraftigere klimabelastning.

For opnå større effekt på ruderne blev der først udtaget ruder igen efter yderligere 12 uger (sammenlagt 29 ugers ældning). Vandoptagelse efter 29 uger er angivet i tabel 2. I denne periode blev dugpunktet på ruderne målt regelmæssigt, men der kunne ikke konstateres stigning i dugpunktet.

| Rude placering i ramme nr. | Antal uger | Vandindhold i tørstoffet i vægt% | | Visuelle tegn på skader | Bemærkninger |
|---|------------|----------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------|
| | | Korrekt montering | Ukorrekt montering | | |
| Overfladetemperaturen hævet fra 50°C til 70°C | | | | | |
| | 17 | | | | Stop for ombygning af udstyret |
| 5 | 29 | 2,7 | | Ingen | |
| 6 | 29 | | 2,8 | Ingen | |
| Midlertidig stop | | | | | |

Tabel Fejl! Ukendt argument for parameter.. **Vandindhold i tørstoffet efter ældning i 29 uger**

Den højere overfladetemperatur resulterede ikke i en begyndende nedbrydning af ruderne, hvilket foranledigede et midlertidigt stop for at vurdere de opsamlede resultater, idet en accelereret ældningsperiode længere end 29 uger eller mere ikke vil være acceptabelt.

Revision af klimapåvirkningen

En kunstig ældningsprocedure, hvor der efter 29 ugers påvirkning endnu ikke kunne konstateres begyndende nedbrydning af ruderne, er ikke acceptabelt, hvorfor en markant ændring af metoden blev overvejet. En af grundene til, at der – mod forventningerne – ikke skete en begyndende nedbrydning af termoruderne i de ukorrekt monterede ruder antages at skyldes, at glasisætningslisterne ”rev” sig løse med det resultat, at der skete en trykudligning mellem glasisætningsbånd og rude. Herved antages det, at der i perioden med UV-lys og høj temperatur skete en udtørring af glasfalsen på samme måde som i de korrekt monterede ruder med dræn og ventilation.

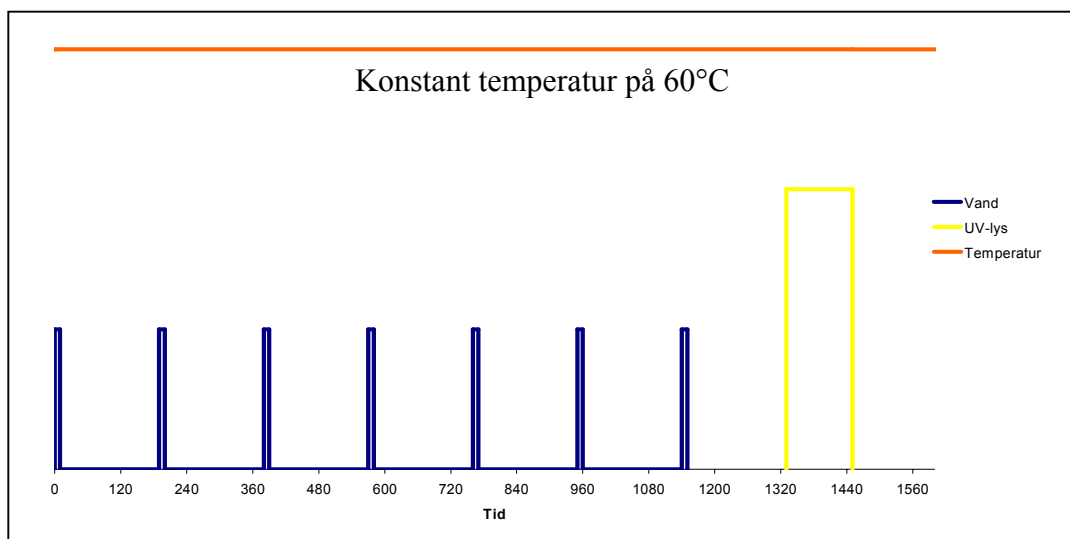
Samtidig med at UV-lyset var tændt, blev rumtemperaturen holdt på den ønskede temperatur ved at åbne og lukke lugerne ind til skabet. Derfor var det ikke muligt at opfugte luften i perioden med UV-lys, hvorfor perioden – mod hensigten - har virket kraftigt udtørrende på rammerne.

Det blev et par gange forsøgt at måle luftfugtigheden i glasfalsene, men hver gang dannedes der kondens på sensorerne, som derved blev ødelagt. Det bekræftede, at der i løbet af perioden havde været 100% luftfugtighed i glasfalsene, både ved de

korrekt og de ukorrekt monterede ruder. Desværre var det ikke muligt at måle, hvor længe der var høj luftfugtighed i glasfalsene.

Afslutningen på fase 1 blev, at der endnu **ikke** var udviklet en egnet accelereret ældningsmetode, som kunne afsløre, om en rudemontering var god eller dårlig for termorudernes holdbarhed. Derfor blev det aftalt med følgegruppen, at fase 2 blev ændret i bestræbelsen på at nå en brugbar ældningsmetode. I stedet for at gennemføre forsøg med nye monteringsmetoder blev den endnu ikke færdige metode forsøgt ”strammet” op ved forskellige ændringer i klimapåvirkningen.

For at modvirke den kraftige udtørring blev perioden med UV-lys gjort kortere og perioden med varme og høj luftfugtighed tilsvarende længere. Det nye forløb er vist i figur 13.



Figur 13. Revideret klimapåvirkning

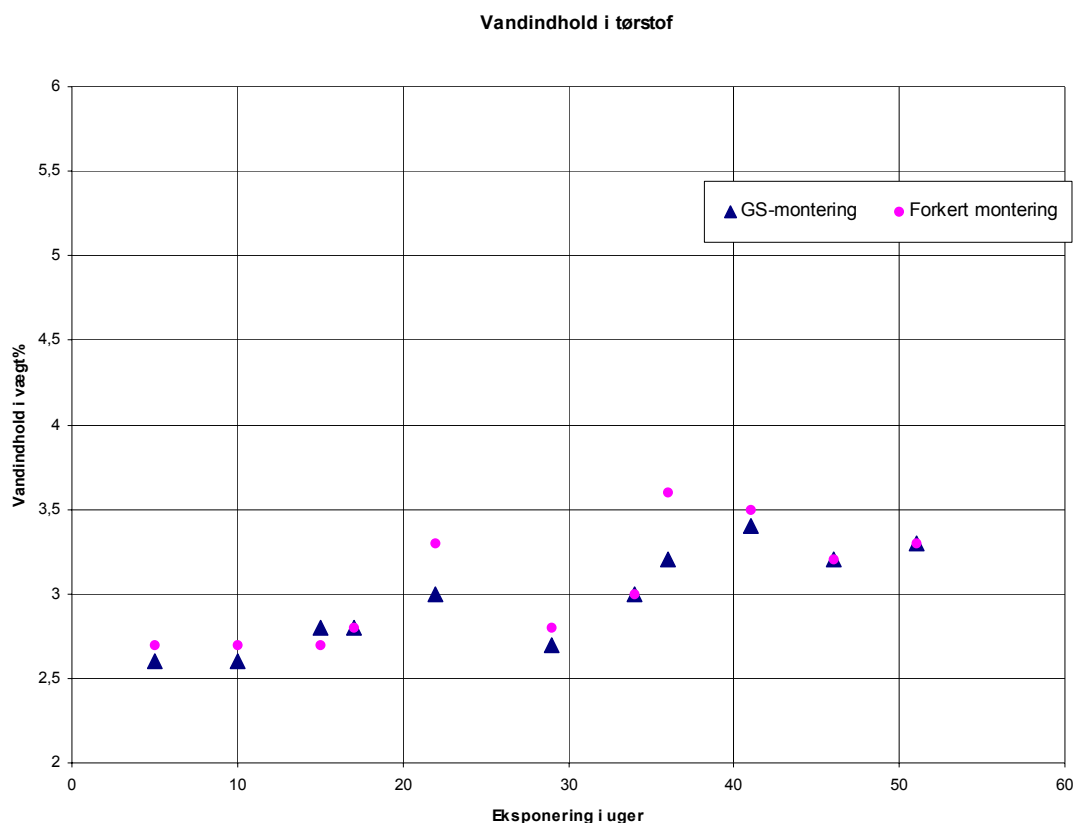
Tid i minutter

I fase 2 påførtes termoruderne fra fase 1 yderligere 22 uger med den skærpede klimapåvirkning. Resultatet er angivet i tabel 3.

| Rude placering i ramme nr. | Antal uger | Vandindhold i tørstoffet i vægt % | | Visuelle tegn på skader | Bemærkninger |
|-----------------------------------|------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------|
| | | Korrekt montering | Ukorrekt montering | | |
| Klimapåvirkningen ændret i uge 29 | | | | | |
| 3 | 34 | 3,0 | | Ingen | |
| 4 | 34 | | 3,0 | Ingen | |
| 9 | 41 | 3,4 | | Ingen | |
| 10 | 41 | | 3,5 | Ingen | |
| 12 | 46 | 3,2 | | Ingen | |
| 11 | 46 | | 3,2 | Ingen | |
| 1 | 51 | 3,3 | | Ingen | |
| 2 | 51 | | 3,3 | Ingen | |

Tabel Fejl! Ukendt argument for parameter..Vandindhold i tørstoffet efter 51 ugers ældning

Efter 51 ugers accelereret klimapåvirkning var der ingen tegn på begyndende nedbrydning af termorudernes forseglingsmasse. Alle kantforseglinger var visuelt intakt.



Figur 14. Vandindhold i tørstoffet i termoruder udsat for klimapåvirkning

I figur 14 er vist vandindholdet i rudernes tørstof som funktion af klimapåvirkningens længde. Der ses ingen forskel i vandindholdet i tørstoffet mellem de korrekt og ukorrekt monterede ruder. Der ses dog en meget svag stigning i begge ruderetyper vandindhold som funktion af eksponeringstiden.

Kunstig ældning af termoruder

For at kunne sammenligne den klimapåvirkning, som ruderne fik i vinduerne/rammerne med anden kendt accelereret klimapåvirkning, blev der sideløbende gennemført ældning af termoruderne efter den gældende danske standard for termoruder, DS 1094.4, og efter den kommende europæiske standard, prEN 1279 del 2. Ældningsperioden efter DS 1094.4 varer 5 uger, mens perioden efter prEN 1279 del 2 varer 11 uger.

Nogle ruder blev endvidere ældet flere gange efter den i standarden angivne ældningsperiode. Måleresultaterne er gengivet i tabel 5.

| Ældningsmetode | Ældningsperioden gentaget | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Start | 1 gang | 2 gange | 3 gange | 4 gange |
| DS 1094.4 | 2,6 vægt% | 2,8 vægt% | 2,7 vægt% | 2,7 vægt% | 2,6 vægt% |
| prEN 1279 del 2 | 2,6 vægt% | 3,4 vægt% | 3,9 vægt% | | |
| I-index efter prEN 1279-2 (<20%) | | 4,6 % | 7,5 % | | |

Tabel 5. Vandindhold i tørstoffet i termoruder ældet efter DS 1094.4 og prEN 1279 del 2

Af vandoptagelsen fremgår det tydeligt, at den nuværende ældningsmetode DS 1094.4 ikke resulterer i samme høje vandoptagelse som den kommende europæiske standard prEN 1279 del 2.

I prEN 1279 del 2 er kravet for en bestået ældningstest, at I-indekset er mindre end 20%, hvilket for de aktuelle ruder ville give et maksimalt tilladeligt vandindhold i tørstoffet efter ældningen på 6,1 vægt%. I alle ruderne, der har været udsat for kunstig klimaeksponering monteret i en ramme, er vandindhold under 3,6 vægt%.

Af figur 14 ses, at først efter 30-36 ugers eksponering når vandindholdet i tørstoffet et niveau, der kan sammenlignes med det vandindhold, som 1 gang ældning efter prEN 1279 del 2 giver anledning til.

De anvendte ruder har været af meget høj kvalitet, hvilket fremgår af, at vandindholdet i tørstoffet efter prEN 1279 del 2 - ældning kun var steget til 3,4 vægt%, svarende til et I-indeks på 4,6%, hvilket efter Institutets erfaringer er meget lavt i sammenligning med andre typer dobbeltforseglede ruder. Det formodes, at ruder med et I-indeks tættere på de 20% ville have været mere følsomme over for den gennemførte kunstige ældning.

Nedbrydningen af rammerne ved klimapåvirkningen

På alle rammerne kunne der ses en mere eller mindre kraftig nedbrydning forårsaget af klimapåvirkningen. På bilag 1 er vist billeder af rammerne med 17 til 51 ugers klimapåvirkning.

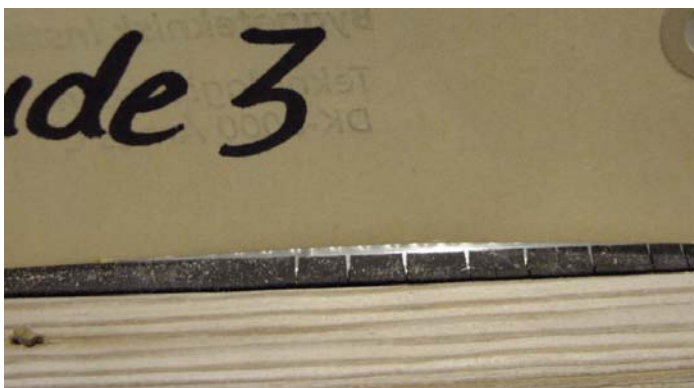
Efter 17-22 uger begyndte der at kunne ses en nedbrydning af malingslaget, specielt på de nederste ender af sideglaslisterne, og flere steder slap malingen over en knast. Efter 36 ugers klimaeksponering var malingen så nedslidt, at rammerne trængte til en overmaling.

Allerede efter få uger skete der en udpresning af tapsamlinger i hjørnerne i de rammer, hvor ruderne var monteret ukorrekt. Det samme fænomen fremkom senere i de korrekt monterede rammer, og efter 17-22 ugers eksponering var der ingen forskel i udpresningen, hvad enten der var tale om en ramme med en korrekt eller en ukorrekt rudemontering.

Efter 17-22 uger begyndte en udpresning af de isømmede glaslister. Der var ingen forskel mellem rammerne med de korrekt og de ukorrekt monterede ruder. Senere begynder sømmene at "vokse" ud af glaslisterne, og ved forsøgets afslutning efter 51 uger sidder flere søm så løse, at de kan trækkes ud med fingrene.

Ved de ukorrekt monterede ruder var bundglaslisten limet fast uden dræn, og ingen af disse lister var løse, heller ikke efter 51 ugers klimaeksponering.

Efter 41 ugers eksponering konstateredes begyndende revner i glasisætningsbåndet i de korrekt monterede termoruder, hvor bundglaslisten var valgt uden overflademaling. Revnedannelsen blev kraftigere, og efter 51 ugers eksponering var overfladen af glasisætningsbåndet stærkt revnet, som det ses på figur 15.



Figur 15. Nærbillede af revnet glasisætningsbånd efter 51 ugers klimaeksponering

En tilsvarende nedbrydning af glasisætningsbåndet i de ukorrekt monterede ruder med malede glaslister blev ikke observeret.

En visuel bedømmelse af nedbrydningen af de eksponerede rammer tyder på, at der efter 22-36 ugers klimapåvirkning er sket en så kraftig nedbrydning, at rammerne kræver en renovering med fastsømning af glaslister og ny maling for at undgå en varig forringelse af rammerne.

Konklusion

Fra praksis er det alment kendt, at korrekt monterede termoruder holder meget længe, mens ukorrekt monterede termoruder nedbrydes i løbet af få år.

Projektets fase 1 havde til formål at udvikle og dokumentere en ny prøvningsmetode til accelereret ældning af indbyggede termoruder. Det var forventet, at der kunne

udvikles en prøvningsmetode, som ville kunne afsløre, om monteringen var god eller dårlig for termorudernes holdbarhed.

Det var desværre ikke muligt under den accelererede ældning at skabe det samme mikroklima omkring ruden, som forekommer i praksis. Det var forventet, at der kunne opnås markante nedbrydninger af ukorrekte monterede termoruder efter 15-30 ugers ældning, men dette var ikke tilfældet.

Da den forventede effekt af prøvningsmetoden ikke var nået ved udgangen af fase 1 blev **programmet for fase 2** ændret i bestræbelsen på at finde en kraftigere kunstig klimapåvirkning. Den nye kraftigere påvirkning forløb i yderligere 22 uger – i alt 51 uger, hvorefter ældningen blev stoppet, da en laboratorieprøvning på op til 1 års varighed ikke er realistisk. Efter 51 ugers samlet ældning kunne der stadig ikke registreres forskelle i termorudernes nedbrydning. En væsentlig årsag til dette vurderes at være, at termorudernes kanter er så godt beskyttet, at det er svært at påføre en accelereret klimapåvirkning, som kan ”trænge” ind til rudekanterne.

På grund af ændringen i fase 2 blev der ikke – som oprindeligt planlagt - gennemført afprøvninger af nye monteringsmetoder, bl.a. uden brug af glasisætningsbånd, fordi prøvningsmetoden ikke kunne afsløre dårlige monteringsmetoder.

Gennem arbejdet med udvikling af prøvningsmetoden er der indsamlet erfaring om klimapåvirkningerne og mikroklimaet omkring termorudernes kanter, som tolkes derhen, at det ikke pt. er muligt ved laboratorieprøvning at simulere den påvirkning som termoruder får, når de er indbygget i et vindue.

Selvom det ikke var muligt at udvikle den ønskede simuleringsmetode, vil erfaringerne fra udviklingsarbejdet blive anvendt ved udarbejdelse af en evalueringsmetode for rudemonteringer. Indtil videre bør en sådan evaluering basere sig på observationer og analyser af feltforsøg af flere års varighed sammenholdt med teoretiske bedømmelser af monteringsystemet.

Udviklingsarbejdet afslørede behov for udvikling af udstyr og metode til registrering af mikroklimaet i luftspalten omkring en termorude. Gentagende forsøg på en sådan registrering mislykkedes, fordi det anvendte udstyr ikke kunne tåle 100% luftfugtighed. Det er vigtigt at vide, hvor hurtigt en udtørring foregår efter, at der er sket en opfugtning, som aldrig kan undgås. Grundlaget for at kunne bedømme nye monteringsmetoder vil være, at mikroklimaet ved disse kan sammenlignes med mikroklimaet ved den anerkendte monteringsmetode.

Teknologisk Institut, Byggeri

Robert Knudsen
Projektleder