LUND UNIVERSITY

Materialproblem vid enkelglasning av fönster

Burström, Per Gunnar

1982

Link to publication

Citation for published version (APA):
Burström, P. G. (1982). *Materialproblem vid enkelglasning av fönster*. (Rapport TVBM; Vol. 3010). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Download date: 20. Dec. 2025

AVDELNINGEN FÖR BYGGNADSMATERIALLÄRA
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
DIVISION OF BUILDING MATERIALS
LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY

MATERIALPROBLEM VID ENKEL-GLASNING AV FÖNSTER

MATERIAL PROBLEMS AT SINGLE GLAZING OF WOODEN WINDOWS

PER GUNNAR BURSTRÖM

RAPPORT TVBM-3010
LUND SWEDEN 1982

CODEN: LUTVDG/(TVBM-3010)/1-31/(1982)

MATERIALPROBLEM VID ENKEL-GLASNING AV FÖNSTER

MATERIAL PROBLEMS AT SINGLE GLAZING OF WOODEN WINDOWS

PER GUNNAR BURSTRÖM

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 800451-6 från Statens råd för byggnadsforskning till avdelningen för Byggnadsmateriallära, LTH, med titeln "Provningsmetoder för kitt".

ISSN 0348-7911

FÖRORD

Denna undersökning har ursprungligen initierats av Byggstandardiseringens kommitté TK 7/AG 14, Glasningsmetoder.

Projektet har finansierats till hälften av Statens råd för Byggnadsforskning och till hälften av fem olika kittillverkande industrier.

Förutom TK 7/AG 14 har under projektets gång ett stort antal företag och personer bidragit med synpunkter, material, hjälp vid genomförandet etc. Bland sådana företag vill jag särskilt nämna

Hohultslätt Glas AB, Alstermo (Poul Poulsen)
EtriFönster AB, Uddevalla och Stockholm (Bernt Andersson resp Anders Browall)
AB Kvillsfors Träindustri, Kvillsfors (Ingvar Holmsand och Nils-Olof Pettersson)
Myresjöfönster AB, Vetlanda (Rolf Karlsson)
SP-snickerier AB, Edsbyn (Josef Höbenreich)
AB Torups Snickerifabrik, Torup (Bo Andersson)
Beckers, Stockholm (Åke Andersson)
Nordsjö AB (Nils Sundén)
Interlimex AB, Malmö (Sven-Åke Johansson)
Perennatorwerk, Wiesbaden (Andreas Wolf)
AB Adheseal, Simrishamn (Tönis Ennet)
Götakemi AB, Hisings-Kärra (Jarl Ringström)
Hagmans Kemi AB, Fritsla (Håkan Mattsson)
RELITO, Hälsingborg (Anders Hagermark)
Wennergrens färg-och kittfabrik, Göteborg (hr Wennergren)

En stor del av laboratorieförsöken har utförts av Wojciech Roszak. Arbetet kring utomhusexponeringarna av bågar har, oftast i bistert klimat, dessutom engagerat Leif Erlandsson, Ragnar Hedström, Ingemar Larsson och Sture Sahlén. Birgitta Salmi har renskrivit manuskriptet. Britt Andersson har ritat figurerna.

Till alla ovan nämnda riktas ett stort tack.

Lund i juni 1982

Per Gunnar Burström

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD		I
INNEHÅLLSFÖRTECKNING		II
SAMMANFATTNING		III
1.	INLEDNING	1
2.	PROBLEMSTÄLLNING	2
3.	SYFTE	3
4.	FÖRSÖKSUPPLÄGGNING	3
4.1	Allmänt	3
4.2	Laboratorieförsök	4
4.2.1	Provningsprogram laboratorieförsök	5
4.3	Utomhusexponering	6
4.4	Kittkvalitéer till 0-test	7
4.5	Kommentarer	8
5.	UTFÖRANDE	8
5.1	Urval och förbehandling av trä	8
5.2	Laboratorieförsök	8
5.3	Utomhusexponering	10
6.	RESULTAT	10
6.1	Allmänt	10
6.2	Laboratorieförsök	11
6.3	Utomhusförsök	16
6.4	Jämförelser mellan laboratorie- och utomhusförsök	23
7.	DISKUSSION	23
7.1	Allmänt	23
7.2	Beräkning av rörelser i kittfalsen	23
7.3	Utformning av kravnivåer	25
8.	LITTERATURFÖRTECKNING	27

SAMMANFATTNING

Föreliggande rapport behandlar ett till synes trivialt problem, nämligen kitters egenskaper. Problemen med kitt och rötskador i fönster har dock alltmer tilltagit i omfattning. Målet med denna undersökning har därför varit att ta fram provningsmetoder, med vilka det skall vara möjligt att förutsäga ett kitts funktion då det används tillsammans med trä med olika typer av för- och ytbehandling.

Provningar har genomförts dels i laboratorium och dels via utomhusförsök. I laboratoriet har provkroppar med kitt mellan glas och trä med olika förbehandlingar tillverkats. Dessa har utsatts för accelererad åldring. Sambandet mellan kraft och töjning har bestämts efter olika former av åldring.

Till utomhusexponeringarna har glasade provbågar med samma materialkombinationer som vid laboratorieförsöken tillverkats. Bågarna har orienterats mot söder på en ställning lutande 60° mot horisontalplanet. Okulärbesiktning av bågarnas kondition samt mätning av fuktinnehållet i bågträet har utförts.

De första sprickbildningarna i glasningsmaterialen visade sig efter knappt två veckors utomhusexponering! Efter sju veckors exponering hade ca 50% av bågarna sprickbildningar.

För resultaten från laboratorie- coh utomhusprovningarna har det varit möjligt att skapa ett samband. De kitter som klarat utomhusexponeringarna bäst har i laboratorieundersökningarna också visat sig ha den största töjbarheten. Samtidigt måste då också hårdheten efter åldring understiga ett visst värde. Bl a med utgångspunkt från resultaten av de olika genomförda undersökningarna föreslås i rapporten lämpliga kravnivåer kopplade till de använda provningsmetoderna.

Ett kvarstående intryck från de genomförda försöken är att dagens kittkvalitéer icke fungerar tillfredsställande tillsammans med trä med moderna förbehandlings- eller ytbehandlingsmetoder. Detta är i och för sig ingen sensationell nyhet. De praktiska erfarenheterna har redan pekat i samma riktning. Här finns dock nu en metod med vilken man kan formulera vissa fundamentala krav på ett glasningsmaterial.

För att i fortsättningen kunna förbättra enkelglasningens beständighet finns i huvudsak två vägar att gå: Det första alternativet innebär användning av glasningsmaterial med bättre beständighet och bättre deformationsegenskaper än vad konventionella kitter har. Sådana material kan

t ex vara vissa typer av fogmassor. Man måste dock då ha kontroll på hur fogmassan i fråga fungerar tillsammans med t ex ett impregneringsmedel i träet.

Det andra alternativet förutsätter användning av de bästa av dagens kittkvalitéer. För att dessa skall kunna fungera under acceptabelt lång tid måste dock vissa villkor uppfyllas. Glasningsfalsen måste på något sätt primerbehandlas eller spärrgrundas innan glasningen sker. Dessutom måste förbehandlingen av träet och ytbehandlingen vara av sådan kvalitet att fuktrörelserna minimeras. Detta kan i vissa fall, t ex laserade fönster, ställa ett krav på årligt underhåll av ytbehandlingen inklusive kittfalsen! Alternativt kan en användning av kitt förutsätta täckmålning av fönstret.

Det är egentligen helt ofattbart att man på grund av en överdriven spariver i produktionsledet (?) fortfarande använder material med så begränsade tekniska kvalitéer. En kittfog i ett fönster hör till en byggnads mest utsatta fogar. Träet är i många fall dåligt dimensionsstabiliserat. Migreringsfenomen uppstår mellan kitt och den otillräckligt behandlade träytan. Temperaturvariationerna och fuktbelastningarna är stora. Där förväntas kitt kunna vidhäfta och täta mot glas och trä. Det är inte speciellt förvånande att kittskador så ofta och efter så kort tid uppstår i praktiken.

1. INLEDNING

I samband med den kraftiga ökningen av målnings- och rötskador på fönster, bl a dokumenterat i Rapport R150:1979 från Byggforskningen, har även konstaterats kitternas viktiga roll i sammanhanget. På ett flertal ställen i rapporten finns problem i samband med kitter omnämnda. Problemen handlar ofta om bristande beständighet. Detta leder till sprickbildningar med ökande vatteninsugning i bågträet som följd. I ogynnsamma fall kan detta senare leda till rötskador.

Problemet kan synas trivialt och genant. Kitt i någon form har med hyggligt resultat använts i Sverige sedan ungefär mitten av 1700-talet! Man har under årens lopp vant sig vid att via regelbundet underhåll hålla kittfogarna funktionsdugliga.

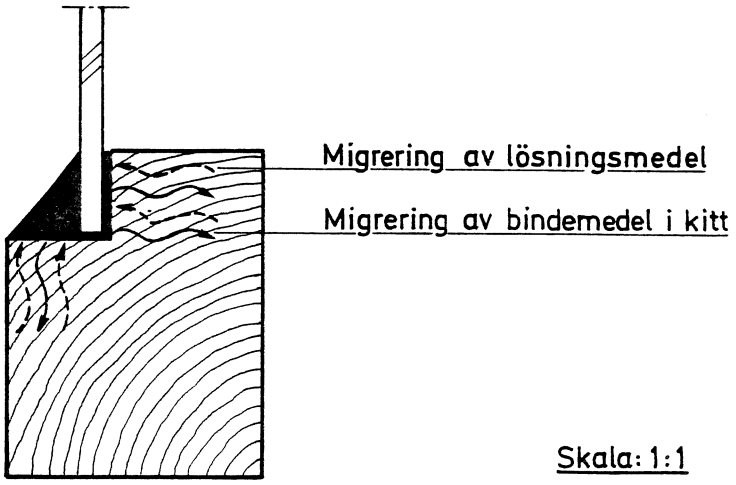
Ungefär vid mitten av 1970-talet började emellertid kittskadornas omfattning att markant öka. Det finns sannolikt ett flertal faktorer som successivt har bidragit till detta:

- nya impregneringsmetoder av träet (samverkan impregneringsmedel/kitt?)
- mörkare kulörer till ytbehandlingen användes (större temperaturbetingade rörelser och snabbare åldring/nedbrytning av kitt och ytbehandling)
- mer lasyrfärg, mindre täckmålning (större fuktbetingade rörelser)
- snabbare och rationellare glasning (sämre förbehandling av falsen med migreringsfenomen som följd)
- asbestförbud (förändring av kittets bindemedelshållande förmåga)
- osv, osv

Problemen tilltog alltmer. Detta fick bl a till följd att Byggstandardiseringens kommittē "TK 7/AG 14 Glasningsmetoder" tog upp kittproblematiken till behandling. Vid ett sammanträde i Lund i slutet av 1979 åtog jag mig att utarbeta ett förslag till provningsmetoder för kitt mot olika träunderlag. Sommaren 1980 anslog Byggforskningsrådet ett mindre belopp för genomförandet av ett nolltest kring detta förslag. Kittindustrin, 5 olika tillverkare, tillsköt tillsammans motsvarande belopp.

2. PROBLEMSTÄLLNING

Fig 2.1 visar ett snitt genom en enkelglasad fönsterbåge av trä. För att kunna ställa rimliga krav på de ingående delmaterialen är det viktigt att veta hur denna enhet fungerar.



FIGUR 2.1 Enkelglasad fönsterbåge av trä. Sannolika migreringsfenomen.

Glaset utsätts för temperaturbetingade rörelser och rörelser orsakade av vindbelastning.

Träet utsätts för temperatur- och fuktbetingade rörelser. Eftersom trä är ett anisotropt material kommer rörelsemönstret att variera beroende på hur årsringsorienteringen ser ut. Vidare finns självfallet stora variationer inom själva träråvaran.

Träets förbehandling kan vara av olika slag: Doppgrundning, vacuumimpregnering osv. Ytbehandlingen kan varieras inom vida gränser.

Glasningsmaterialets, kittets, sammansättning, bindemedelsinnehåll och bindemedelstyp kan ävenså varieras mycket fritt.

Problematiken kan belysas med ett antal frågeställningar. Dessa måste på ett rimligt sätt kunna besvaras om framtida problem i möjligaste mån skall kunna undvikas.

1. Hur är kitternas åldrings- och deformationsegenskaper?
2. Hur samverkar kitt och träunderlag (migrering av bindemedel och/eller lösningsmedel o dyl)?
3. Hur är kitternas vidhäftning mot glas och trä med olika förbehandlingar?
4. Vilka fuktvariationer uppstår i trä med olika för- och ytbehandlingar?
5. Vilken är storleksordningen på rörelserna i kittfalsen?

I Rapport R150:1979 (sid 31-61) finns en bra genomgång av vissa egenskaper hos trä, impregneringsmedel, ytbehandlingsmaterial, glas och kitt.

Kunskaperna kring vissa av de ovan ställda frågorna är dock synnerligen bristfälliga. Förhoppningen är att denna rapport skall bringa mer kunskap i dagen.

3. SYFTE

Syftet med föreliggande undersökning har varit att

- utarbeta provningsmetoder med vilka kitternas deformationsegenskaper, vidhäftning och åldringsegenskaper i kombination med moderna impregnerings- och ytbehandlingsmetoder kan bestämmas
- med ovan nämnda provningsmetoder undersöka egenskaperna hos ett antal på marknaden vanliga kittyper använda på träunderlag med olika frekventa förbehandlingar.

4. FÖRSÖKSUPPLÄGGNING

4.1 Allmänt

Som tidigare nämnts uttrycktes ursprungligen nödvändigheten av undersökningen av Byggstandardiseringens TK 7/AG14, Glasningsmetoder. Vid försökens uppläggning har därför denna kommittē fungerat som referens- och styrgrupp. Dessutom har ett flertal andra personer med olika bakgrund konsulterats.

Enl kapitel 2 finns ett flertal faktorer som bidrar till nedbrytningen av en kittfog. De olika elementen samverkar på ett mycket komplext sätt. I laboratorium är det möjligt att via relativt renodlade försök undersöka t ex kittets förmåga att ta upp deformationer. Även migreringsfenomen och olika former av åldring kan simuleras. Den sammanlagda effekten kan dock vara svår att uppskatta.

Bl a mot denna bakgrund framstod det på ett tidigt skede klart att någon form av utomhusexponering av de olika materialen borde utföras. Försöken utformades därför enligt två olika linjer: Dels laboratorieprovningar, bl a innehållande accelererad åldring, dels utomhusexponering av glasade provbågar.

4.2 Laboratorieförsök

För att utröna kittets deformationsegenskaper tillverkas provkroppar med kitt mellan olika sidomaterial. Dessa är av glas och trä med olika förbehandlingar. Mot trä kan olika migreringseffekter uppstå, jfr kapitel 2. För att undersöka kitternas egenskaper utan uppträdande migreringseffekter tillverkas även provkroppar med sidomaterial av aluminium, kvalitet SIS 41 04-6.

De viktigaste åldringsfaktorerna som påverkar polymera material är värme, fukt, UV-ljus, alkali och ozon, jfr Burström (1979). Dessa faktorer samverkar på ett mycket komplext sätt.

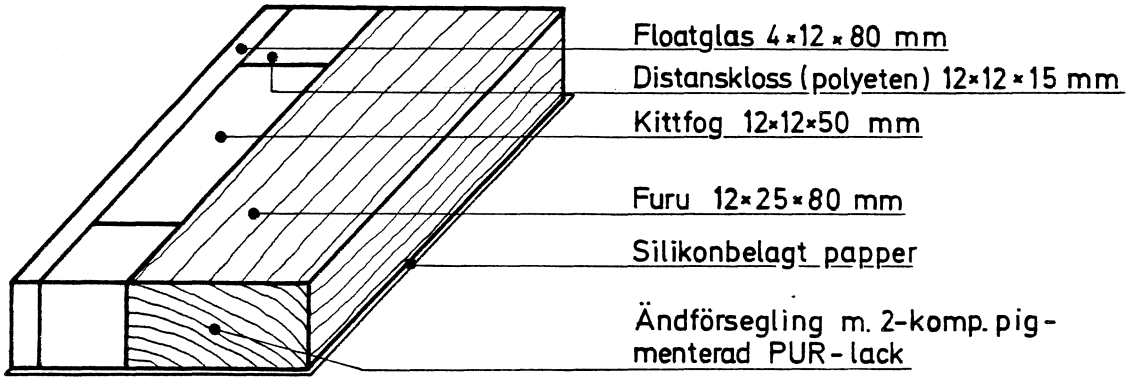
I detta sammanhang har sannolikt värme den största inverkan på kitternas egenskaper. Vid värmepåverkan accelereras bl a den oxidation som normalt sker med bindemedlet i ett kitt. Det är även sannolikt att eventuella migreringseffekter accelereras och förstärks.

UV-ljusets inverkan är av mycket ytlig natur.

Om vatten absorberas av kitt kommer detta att ha en mjukgörande effekt. Så länge bindemedlet i största möjliga utsträckning finns kvar i kittet så kommer bindemedlets hydrofoba egenskaper att minimera vattenupptagningen. Vattnets största negativa inverkan finns sannolikt i gränsskiktet kitt/trä. Där kan eventuellt vidhäftningen gå förlorad. Denna effekt kan dock vara svår att reproducera i laboratorium.

Ett mycket stort antal olika medel för behandling av fönsterträ finns på marknaden. För att i möjligaste mån kunna begränsa undersökningens omfattning utväljs fem olika varianter. Eftersom erfarenheterna från praktiken visat att täckmålning ger de minsta påkänningarna på kittfogen utesluts denna variant.

Mot bakgrund av de ovan förda diskussionerna utformades ett provningsprogram enligt nedan.



FIGUR 4.1 Laboratorieprovkropparnas utformning.

4.2.1 Provningsprogram laboratorieförsök

Provkroppar: Provkroppar med väggmaterial av floatglas och trä tillverkas enligt figur 4.1. Observera årsringsorienteringen, som skall möjliggöra maximal migreringseffekt.

Materialet "trä" definieras på följande sätt: Splint av furu, årsringsbredd <3 mm, fuktkvot 9-14 vikt-%.

Dessutom tillverkas provkroppar med väggmaterialen aluminium/aluminium.

Förbehandling av trä:

0. Obehandlat
1. Doppgrundning (VINDU doppgrund AA150, fabrikat Beckers)
2. Vacuumimpregnering (Protim 130 WR Alkyd, fabrikat KenoGard)
3. Royalbehandling, brun pigmentering
4. Lasyr, brun pigmentering (VINDU Lasyr AX-100 kulör 5034 + VINDU Sprutlasyr AM-105).

Antal kittkvalitéer: Två olika kvalitéer från fem olika tillverkare, dvs totalt tio olika kvalitéer.

Konditionering och accelererad åldring: Provkropparna konditioneras 7 dygn i +20°C/50% RF. För varje variabel sker därefter accelererad åldring, 56 dygn i 70°C av tre provkroppar. Tre andra provkroppar lagras ytterligare 56 dygn i +20°C/50% RF.

Evalueringsmetod

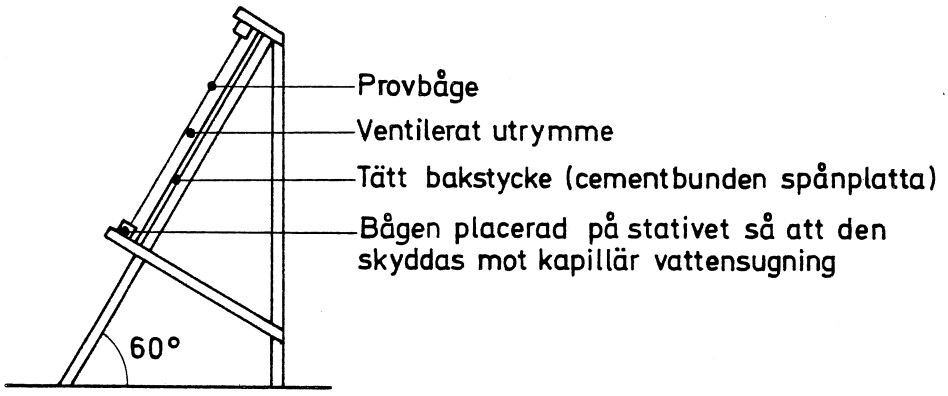
Efter avslutad konditionering resp åldring töjs provkropparna till brott vid en hastighet av 0.2 mm/min och vid en temperatur av +20°C. Sambandet mellan kraft och deformation registreras.

4.3 Utomhusexponering

För utomhusexponeringen av provbågar tillverkas bågar med yttermått 400 x 600 mm. Materialet "trä" definieras på samma sätt som under punkt 4.2.1. Bågträets dimensioner och årsringsorientering framgår av figur 2.1.

Beträffande förbehandling av träet och antalet kittkvalitéer, se även här punkt 4.2.1.

Efter glasningen förkonditioneras bågarna 7 dygn inomhus innan utplacering sker för utomhusexponering. Bågarna orienteras mot söder på en träställning. Denna lutar 60° mot horisontalplanet, se figur 4.2.



FIGUR 4.2 Principen för utomhusexponering av provbågar.

Mot bakgrund av tidigare erhållna erfarenheter för en kittillverkare och en snickerifabrikant bestämdes att utplaceringen skall ske under våren. Då erhålls de största påkänningarna på kittfogen.

Okulärbesiktning av kittfogarna sker med jämna mellanrum. Eventuella förändringar (kohesions- och/eller adhesionsbrott) noteras och fotograferas. Bågbottenstyckets fuktinnehåll mäts med elektrisk resistansmätare.

4.4 Kittkvalitéer till 0-test

Som ovan framgick skall 10 olika kittkvalitéer, 2 från varje företag, ingå i 0-testen. För att öka påkänningen på kittfogen bestämdes att kulören hos kitterna skulle vara så mörk som möjligt. I ett mörkare kitt uppstår vid solbestrålning högre temperaturer. Detta leder i sin tur bl a till snabbare oxidation av bindemedlet, och alltså ökad hastighet på kittets åldring.

Sådana kvalitéer som vid försöksstart användes av glasmästare och/eller snickerifabrikanter skulle utväljas. Således inga produkter som var i ett utvecklingsskede och som senare skulle komma ut på marknaden. Tanken var nämnligen att försöka korrelera resultaten från laboratorie- och utomhusprovningarna med den information som erhålles från kittade fönster i befintlig bebyggelse.

I tabell 4.1 visas en sammanställning av de olika kitterna ingående i undersökningen (jfr också beteckningarna i resultatredovisningen kapitel 6).

De kittillverkare som dels tillsköt medel till undersökningen, dels tillhandahöll kitt var (i bokstavsordning): AB Adheseal, Simrishamn, Götakemi AB, Hisings-Kärra, Hagmans Kemi AB, Fritsla, RELITO, Hälsingborg, Wennergrens färg- och kittfabrik, Göteborg.

Observera att i tabell 4.1 är ordningen A-E lottad.

TABELL 4.1 I undersökningen ingående kitter

Kitt nr	Kulör	Tillverkare
0	∿ Mörkgrå	A
1	-"-	B
2	Naturell	C
3	Svart	D
4	-"-	C
5	-"-	D
6	∿ Mörkgrå	A
7	-"-	E
8	-"-	B
9	-"-	E

4.5 Kommentarer

Den ovan redovisade försöksuppläggningen innebär att 360 st provkroppar skulle testas i laboratoriet. Vidare skulle 50 st glasade provbågar exponeras utomhus. Vid laboratorieprovningarna utförs alltid trippel-provning medan endast en "provkropp" per variabel tillverkas för utomhusprovningarna.

5. UTFÖRANDE

5.1 Urval och förbehandling av trä

I avsnitt 4.2.1 gjordes ett försök till att definiera materialet trä. Med hjälp av denna definition erhålles tyvärr ej alltid trä med helt identiska egenskaper. I avsaknad av bättre urvalskriterier användes dock denna definition.

Vid urvalet av trä och tillverkning av träprofiler och bågar erhölls mycket god hjälp av AB Kvillsfors Träindustri AB (Ingvar Holmsand och Nils-Olof Pettersson). Dessa ställde upp på ett förtjänstfullt sätt.

Beträffande förbehandlingen av träet, kapitel 4.2.1, så utfördes vacuumimpregneringen i befintlig anläggning i Kvillsfors. Samma sak gäller för lasyrbehandlingen.

Doppgrundningen utfördes på LTH. Bågar och träprofiler doppades i 10 sek. Därefter avrinning och lufttorkning vid ung 20°C.

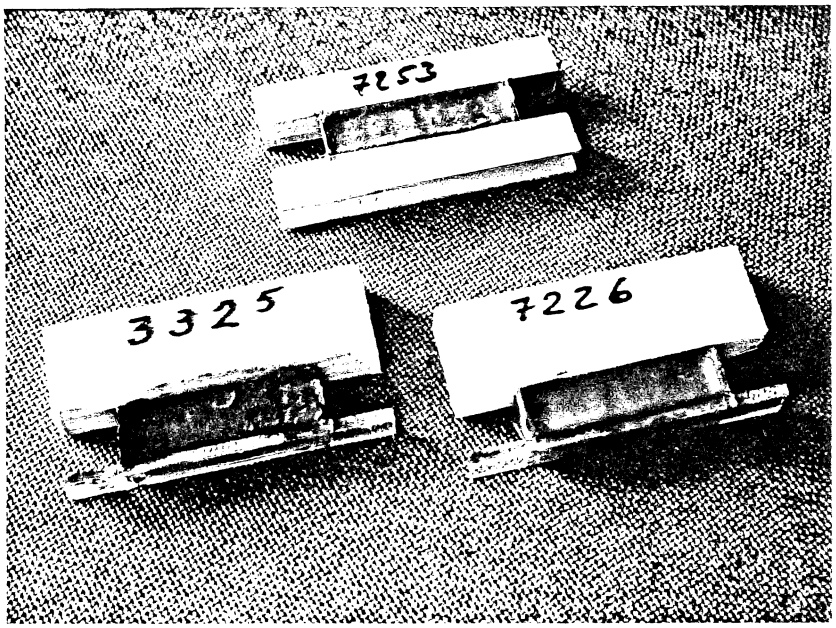
Efter doppgrundningen resp vacuumimpregneringen lufttorkades bågar och träprofiler under ca 7 dygn. Därefter inkapslades det behandlade träet i dubbla lager PE-folie, 0.2 mm tjock. Träet förvarades inkapslat fram till provkroppsberedningen.

För royalbehandlingen erhölls mycket god hjälp av EtriFönster AB i Uddevalla (genom Bernt Andersson).

5.2 Laboratorieförsök

För laboratorieförsöken tillverkades provkroppar enligt figur 4.1. Sidomaterialen var trä med olika förbehandlingar och glas eller aluminium/aluminium. På figur 4.3 visas ett foto av olika provkroppar.

För att minska avdunstningen av eventuellt kvarvarande lösningsmedel i träet ytbehandlades ändträet med 2-komponent polyuretanlack. I verklig båge är ju nämligen avdunstningen i fiberriktningen förhindrad (med undantag av ändträet i hörnen).



FIGUR 4.3 Foto av laboratorieprovkroppar.

Kitterna applicerades med kittkniv direkt mot det på olika sätt förbehandlade träet. Inte i något fall användes t ex någon form av spärrgrundning.

För varje variabel tillverkades sex provkroppar. Samtliga konditionerades först 7 dygn i +20°C / 50% RF. Därefter placerades tre av dessa i värmeskåp med temperaturen +70°C (accelererad åldring). De övriga tre förvarades fortfarande i +20°C.

För kemiska reaktioner används ofta tumregeln att reaktionshastigheten ungefär fördubblas om temperaturen ökar 10°C. Vi antar att den väsentligaste åldringsmekanismen hos ett kitt är bindemedlets oxidation. Med hjälp av den ovan nämnda tumregeln kan vi då uppskatta att den accelererade åldringen i +70°C ökar oxidationshastigheten med en faktor 32 jämfört med temperaturen +20°C. 56 dygn i den högre temperaturen skulle då alltså nästan motsvara fem år i normal temperatur. De nämnda siffrorna är dock bara riktvärden och får alltså ej betraktas som heliga.

Andra effekter som den högre temperaturen har är bl a att bindemedlens viskositet minskar. Detta ökar risken för migrering in i det porösa träet.

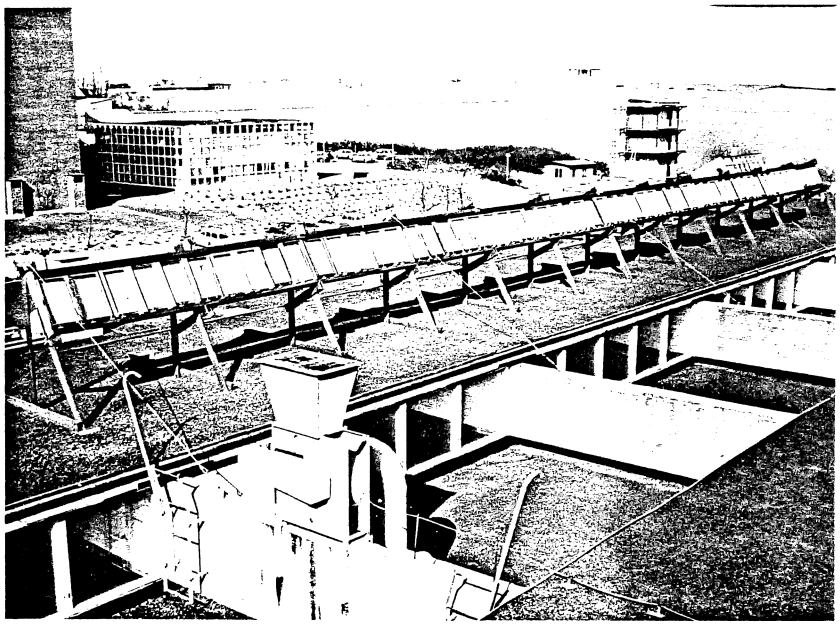
Efter avslutad lagring i rumstemperatur eller accelererad åldring töjdes provkropparna till brott vid en temperatur av 20°C och hastigheten 0.2 mm/min. Sambandet mellan kraft och deformation registrerades med hjälp av skrivare.

5.3 Utomhusexponering

Provbågarna för utomhusexponering sammanfogades i hörnen medelst itappning. Hörnen limmades och spikades vardera med två stjärnstift. Allt detta utfördes av Kvillsfors Träindustri AB.

Glasningen av de femtio provbågarna utfördes av Hohultslätt Glas AB (Poul Poulsen). Företaget ställde upp på ett mycket generöst sätt. Glasningen utfördes av två "proffsglasare". Glasen fixerades med hjälp av häftklammer. Kittet applicerades med kittkniv.

Efter glasningen konditionerades bågarna nästan 7 veckor i laboratoriet. Två mätstift för resistansmätning av fuktkvoten i träet slogs in i bågarnas nedre högra hörn, 50 mm från sidan. Bågarna utplacerades på ställningen (figur 4.2) på LTH:s tak 810108, se även figur 4.4.



FIGUR 4.4 Foto av träställningen för utomhusexponering av provbågar.

6. RESULTAT

6.1 Allmänt

Nedan redovisas resultaten dels från laboratorieundersökningarna och dels från takprovningarna. I kapitel 6.4 diskuteras om någon korrelation finns mellan laboratorie- och takresultaten.

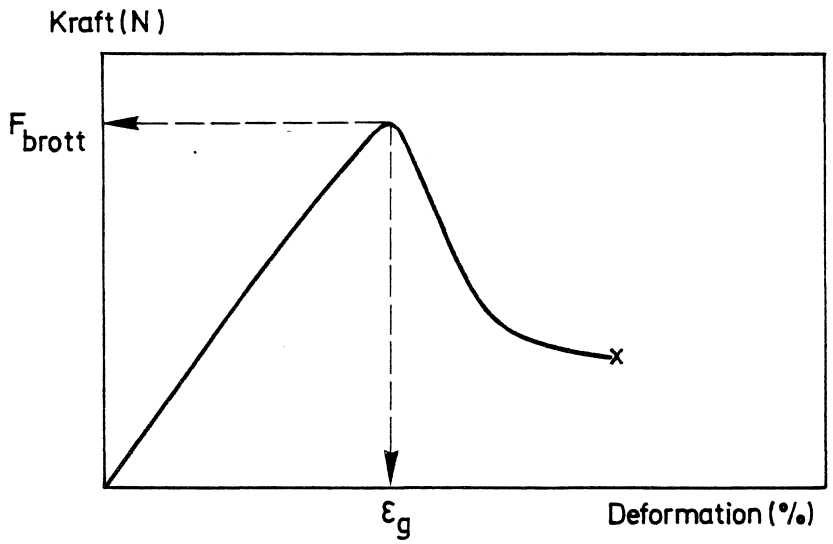
En idé från början var även att via en begränsad fältinventering av de

nu undersökta kittkvalitéerna kartlägga konditionen i befintlig bebyggelse. Sådana data hade tillsammans med laboratorievärdena kunnat ge värdefull information. På grund av resursknapphet har tyvärr detta ej låtit sig göras.

6.2 Laboratorieförsök

Den vägledande principen för laboratorieundersökningarna har varit att bestämma kitternas kraft - deformationsegenskaper.

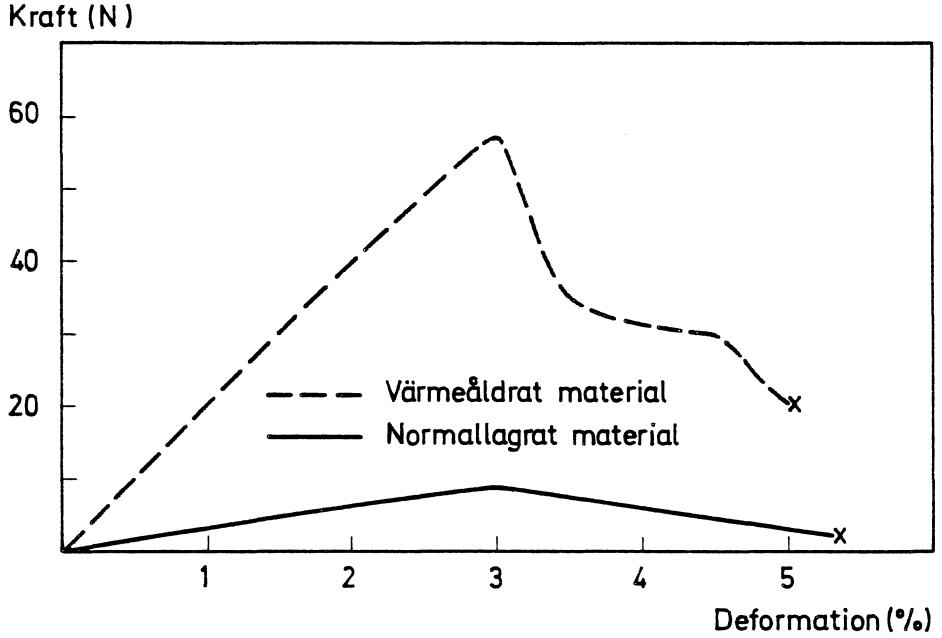
Vid provningarna enligt avsnitt 5.2 erhölls (efter omräkning till procentuell deformation) ett kraft - deformationssamband i princip enligt figur 6.1. Den maximala kraften, brottgränsen, har här betecknats med "F_{brott}". Den procentuella töjningen vid vilken brottgränsen nås, gränstöjningen, har betecknats med "ε_g". Vanliga värden på ε_g låg i området 2-3%.



FIGUR 6.1 Typiskt samband mellan kraft och deformation för de provade kitterna.

Kurvförloppen bestod av en i inledningsskedet relativt rak, elastisk gren. Därefter erhölls en mycket markerad topp. I denna punkt skedde någon form av brott. Antingen en sprickbildning i kittet, kohesionsbrott, eller ett vidhäftnings - (adhesions-)brott mot glas eller trä.

Markeringen av peaken blev än mer accentuerad då värmeåldrade provkroppar töjdes. Samtidigt ökade erforderlig kraft, ofta högst avsevärt. Ett exempel på detta ges i figur 6.2.



FIGUR 6.2 Exempel på samband mellan kraft och deformation för kitt nr 8 mellan glas och vacuumimpregnerat trä.

Som framgår av figur 6.1 sjönk ej kraften helt till noll efter passeringen av max-punkten. Fullständigt adhesions- eller kohesionsbrott hade alltså ej uppstått. Vid ökande deformation sjönk dock kraften successivt tills fullständigt brott uppstod.

Orsaken till att kurvorna erhöll detta utseende är att bindemedlet oxiderar mer fullständigt i kittets yttre del. Detta innebär att den yttre delen, "huden", erhåller andra egenskaper jämfört med kittets inre del. De brott som erhålls i huden är dock av så förödande karaktär att brottet här har definierats som den punkt där maximal kraft uppstår.

TABELL 6.1 Samhörande värden på F_{brott}/ε_g (N/%) för olika materialkombinationer.

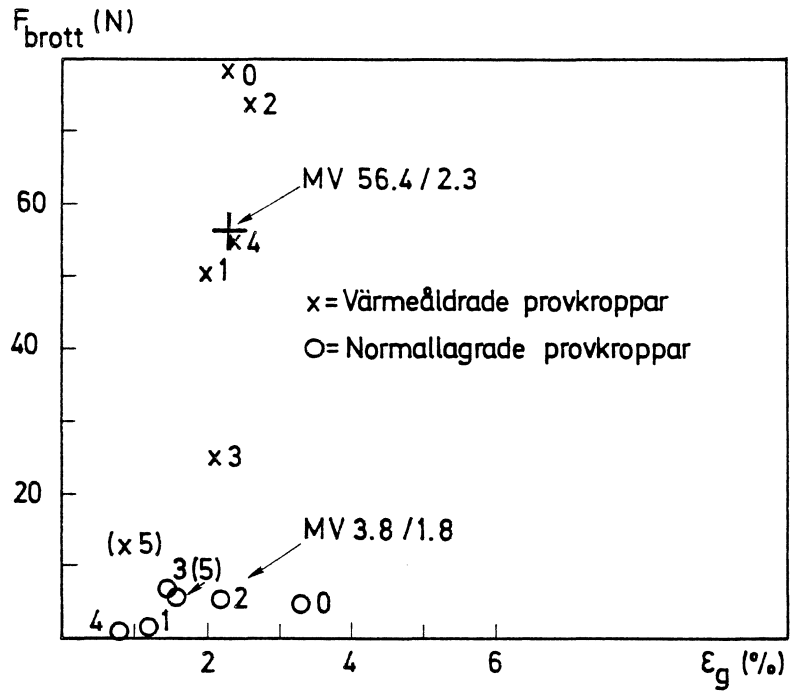
Kitt nr \ Sidomaterial		Glas - obeh. trä 0	Glas - doppgr. trä 1	Glas - vac.impr. trä 2	Glas- royalimpr. trä 3	Glas - lasyrbeh. trä 4	Alum.- alum. 5
0	Ej åldrat	10.1/2.0	9.8/1.8	6.2/4.1	8.3/2.1	7.5/2.9	5.4/1.7
	Åldrat	62.8/3.7	58.6/3.6	64.5/2.9	68.7/2.9	61.1/4.0	74.4/3.2
1	Ej åldrat	21.8/3.0	8.7/2.6	9.9/1.7	12.0/2.4	4.2/1.8	5.2/2.6
	Åldrat	78.7/3.1	70.1/3.6	61.8/2.1	72.8/3.0	52.9/3.2	51.4/4.1
2	Ej åldrat	4.6/3.3	1.4/1.2	5.3/2.2	6.9/1.5	0.8/0.8	5.4/1.6
	Åldrat	78.3/2.3	50.2/2.0	73.4/2.6	25.0/2.1	54.9/2.4	12.6/0.9
3	Ej åldrat	8.9/3.4	6.3/1.8	5.8/1.4	9.9/7.2	13.8/5.6	10.0/3.6
	Åldrat	67.8/2.3	47.3/2.6	8.5/0.8	39.7/2.1	33.4/1.3	79.3/4.8
4	Ej åldrat	4.1/1.5	2.4/1.4	2.2/1.4	3.0/2.6	2.0/1.7	3.9/2.3
	Åldrat	100.4/2.8	65.8/2.8	39.8/2.0	46.1/2.1	59.4/2.5	43.1/2.1
5	Ej åldrat	8.2/3.2	1.5/3.7	1.4/5.4	9.3/3.6	0.9/4.9	11.0/7.2
	Åldrat	63.8/5.0	38.4/4.6	46.8/4.1	44.8/5.0	26.5/4.0	52.6/6.8
6	Ej åldrat	16.8/2.7	7.0/1.8	4.7/3.2	3.2/2.0	2.5/1.5	mjuk omöjlig mäta
	Åldrat	83.5/2.4	50.4/3.7	51.1/2.8	39.8/4.3	35.0/3.2	28.0/3.6
7	Ej åldrat	17.1/3.2	15.0/4.0	4.7/3.0	22.2/3.7	8.9/2.6	22.1/4.5
	Åldrat	83.4/4.0	96.9/5.0	97.3/4.5	80.7/2.9	114.9/4.4	124.4/2.9
8	Ej Åldrat	19.9/2.7	4.8/2.1	9.0/3.0	10.1/2.7	4.2/1.5	12.0/3.4
	Åldrat	99.0/3.2	72.5/5.0	57.0/3.0	60.8/4.2	56.9/5.0	23.4/5.3
9	Ej åldrat	7.3/2.3	4.4/2.7	3.9/2.8	4.4/1.7	2.8/1.4	5.7/2.5
	Åldrat	53.3/1.6	67.5/3.3	75.4/3.2	51.6/2.9	66.2/1.5	39.6/1.9

I tabell 6.1 har kraft- och töjningsvärden för samtliga materialkombinationer redovisats. Töjningsvärdena avser gränstöjningen. Vid detta värde kan antingen adhesivt eller kohesivt eller blandade brott ha börjat uppstå. Varje värde utgör medelvärdet av tre provkroppar. Några slutsatser av mer allmän karaktär kan dras:

* I samtliga fall har värmeåldringen haft en mycket kraftig inverkan, innebärande framför allt att brottgränsen har ökat markant

* För några material, bl a kitt nr 2, 4 och 8, har kraftiga migreringseffekter uppstått vid värmeåldringen. Detta framgår speciellt klart om provkroppar mot aluminium/aluminium jämförs med provkroppar mot glas/obehandlat trä.

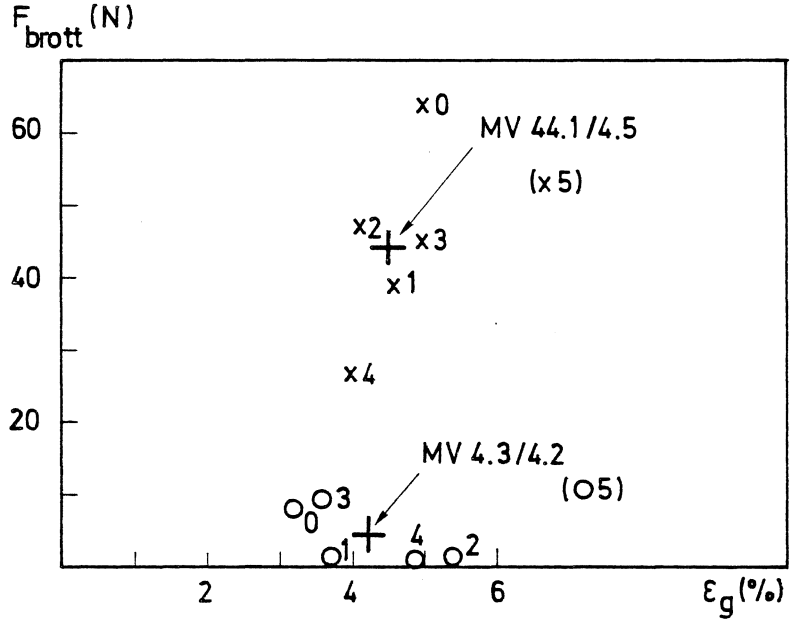
* Material 5 har genomgående den klart högsta gränstöjningen av samtliga undersökta kittkvalitéer.



FIGUR 6.3 Samhörande värden på brottgräns och gränstöjning för kitt nr 2. Siffrorna 0-5 anger sidomaterial (jfr TABELL 6.1, tabellhuvudet). Vid medelvärdesbildningen har aluminium (5) exkluderats.

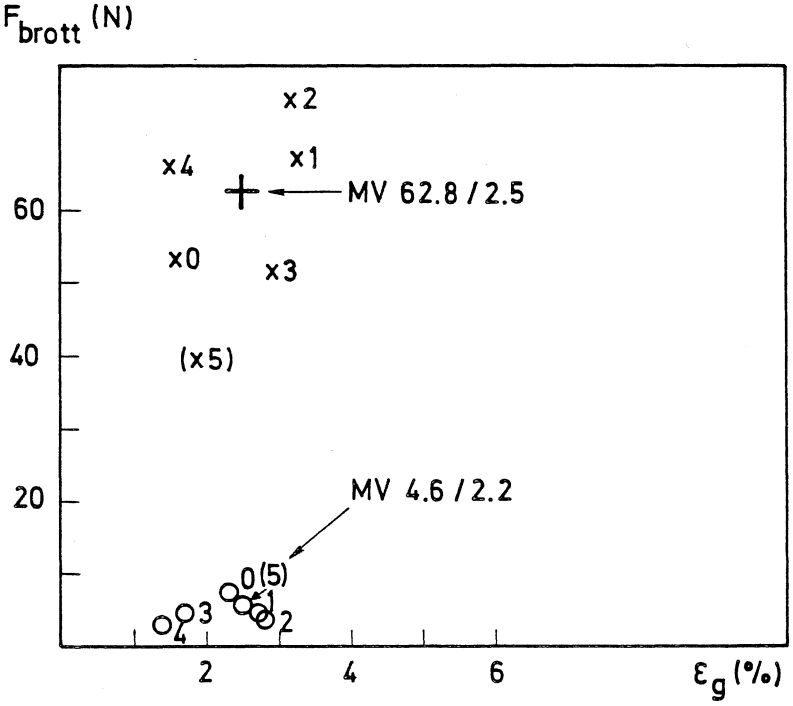
I figurerna 6.3 - 6.5 har brottgräns och mot denna svarande gränstöjning plottats för några valda exempel på kittmaterial. Värdena har hämtats ur tabell 6.1. I figurerna redovisas även det aritmetiska medelvärdet för kraft och gränstöjning för icke åldrade resp åldrade material. Provkropparna med aluminium som sidomaterial har vid denna beräkning exkluderats. Förfarandet är något tvivelaktigt eftersom trä med olika typer av förbehandlingar inverkar på kittet på olika sätt. Förfaringssättet ger dock en viss uppfattning om resp kitts deformations- och åldringsegenskaper.

Figuren 6.3 visar t ex att material nummer 2, ett linoljebaserat kitt, har mycket ringa töjbarhet och en mycket kraftig hårdhetsökning vid värmeåldringen.



FIGUR 6.4 Samhörande värden på brottgräns och gränstöjning för kitt nr 5. Betr övrig figurtext, se figur 6.3.

Kitt nummer 5 har enligt figur 6.4 en väsentligt högre gränstöjning och är samtidigt mindre påverkat av värmeåldringen jämfört med material nr 2.



FIGUR 6.5 Samhörande värden på brottgräns och gränstöjning för kitt nr 9. Betr övrig figurtext, se figur 6.3.

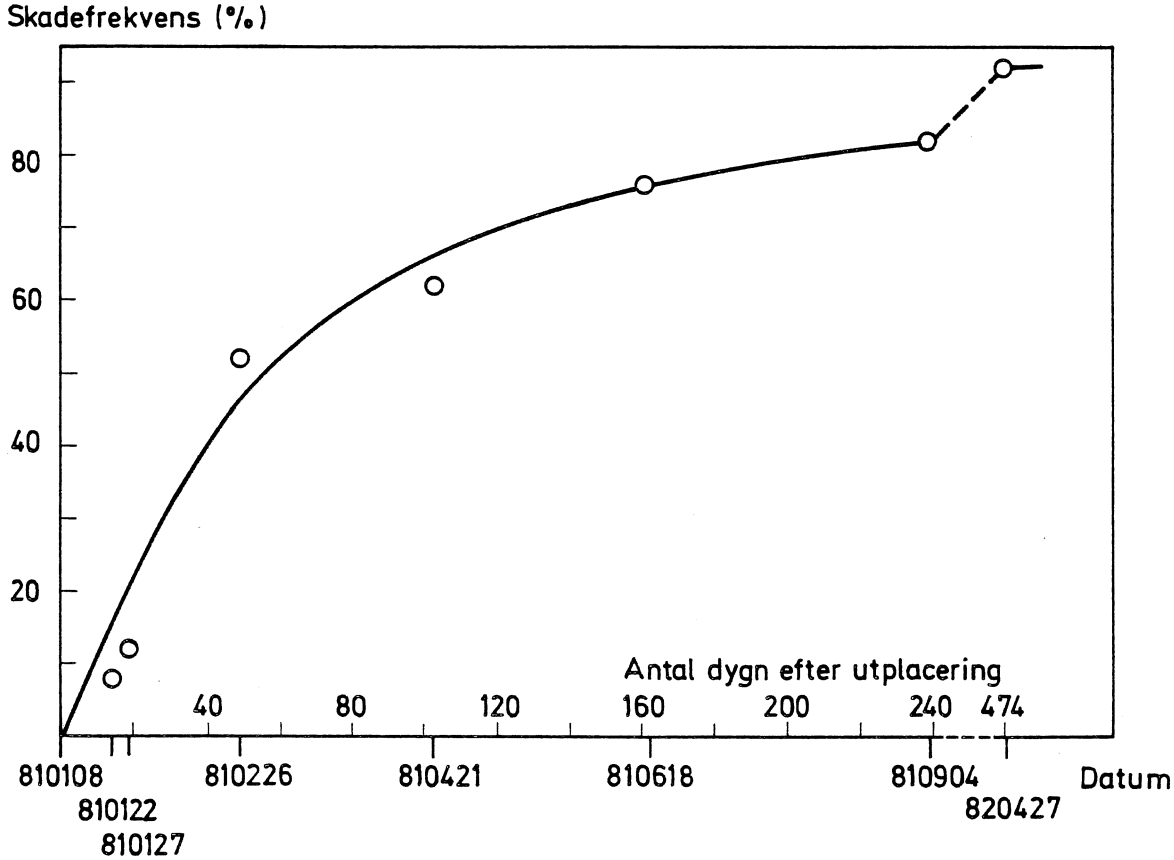
Figuren 6.5 visar motsvarande värden för kitt nr 9. Detta material är hårdare än de båda övriga exemplen. Detta ställer bl a större krav på vidhäftningen mot angränsande material. I detta fallet var vidhäftningen mot glas den svaga länken. Detta medförde i sin tur en blygsam gränstöjning.

Ovanstående presentation visar att de undersökta materialen har väsentligt olika egenskaper. I kapitel 6.4 diskuteras detta i samband med resultaten från utomhusprovningarna.

6.3 Utomhusförsök

Som tidigare nämnts utplacerades provbågarna 810108. Den första besiktningen av bågarnas kondition utfördes 810122. Redan då fanns defekter på 4 av bågarna. 810127 bedömdes 6 st, dvs 12% av bågarna uppvisa någon form av brott i kittfogen!

Bågarna har under en tidsrymd av drygt 15 månader kontinuerligt besiktigats. Skadefrekvensen har successivt ökat. Förvånande är dock det stora antalet skador som uppstod under det första halvåret. Det som senare har hänt är i huvudsak att skadornas omfattning har ökat på respektive båge. Antalet skadade bågar har ej ökat i så stor omfattning. Man kan med andra ord säga att de sämre materialen slås ut på ett mycket tidigt stadium. Detta framgår också tydligt av figur 6.6.



FIGUR 6.6 Antalet skadade provbågar som funktion av exponeringstid utomhus.

Tabellen 6.2 visar ett exempel på noteringar som gjorts vid en besiktning av bågarna 810904, dvs efter 240 dygns utomhusexponering. Av figur 6.6 framgår att 82% av bågarna uppvisade någon form av kittskador vid denna besiktning. "Rynkig yta" har vid denna bedömning ej klassats som skada.

TABELL 6.2 Noteringar betr provbågar 810904.

Plats nr	Båge nr	Notering
1	113	OK
2	724	A mot glas runt om
3	922	A mot glas och trä, kraftiga tvärsprickor
4	431	Delvis A mot glas
5	331	A glas bottenstycke, K höger sida + övre höger hörn
6	433	K i båda nedre hörnen
7	201	Delvis A glas runtom. K höger sida + bottenstycke. Blåsbildning i "huden".
8	612	Delvis A trä
9	533	Rynkig yta, i övrigt OK
10	532	Rynkig yta, K nedre höger hörn + vänster sida
11	614	K + hål i luftfickor
12	012	A trä uppe och nere. K nere + vänster sida
13	430	Delvis A trä nere + vänster sida
14	013	K runt om. Längs- och tvärgående.
15	920	A glas runt om
16	014	Delvis A trä höger sida. K båda nedre hörnen.
17	534	Rynkig yta, i övrigt OK
18	333	K nere + vänster sida
19	204	Delvis A glas runt om. K i "huden" runt om
20	923	Delvis A glas runt om. K i samtliga hörn
21	110	Små K vänster nere
22	722	Delvis A glas
23	924	A glas nere. Delvis A glas övriga sidor
24	530	Rynkig yta, K uppe
25	723	Delvis A glas
26	611	Små K nere. A trä vänster nere
27	531	Rynkig yta, i övrigt OK
28	111	OK
29	334	OK

forts TABELL 6.2

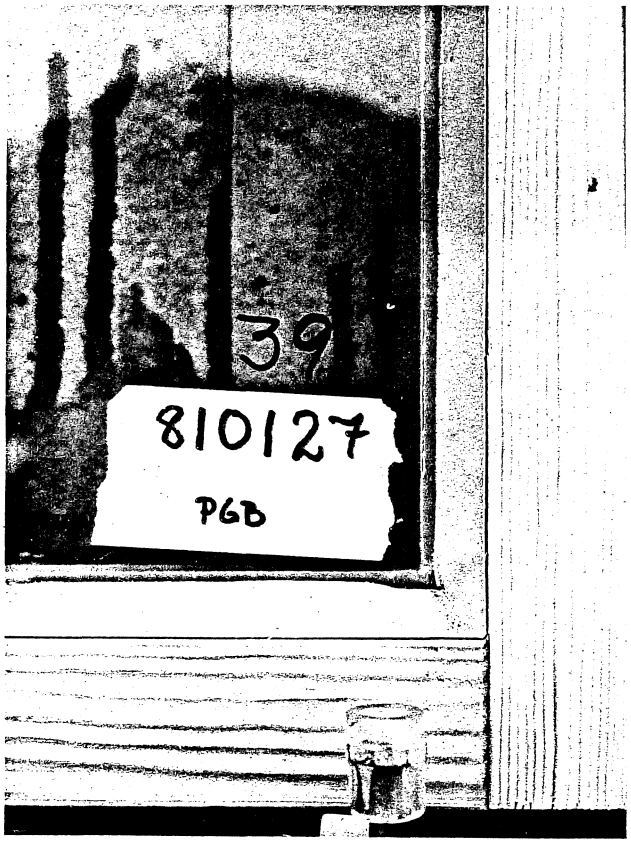
Plats nr	Båge nr	Notering
30	200	A trä runt om. K vänster sida
31	812	OK
32	810	A trä nere
33	613	OK
34	721	Delvis A glas vänster sida + nere
35	720	Delvis A glas runt om. K i hörnen
36	813	Delvis K höger sida
37	811	Delvis A trä vänster sida. K vänster sida + nere
38	114	OK
39	202	A trä runt om. K höger sida + nere
40	432	A trä nere + höger sida. K höger sida
41	010	A trä nere. K i samtliga hörn
42	203	A glas nere. Delvis A glas övriga sidor. K nere + vänster och höger sida.
43	610	A trä nere + vänster och höger sida. K nere + vänster och höger sida.
44	434	Delvis A glas vänster nere. A trä vänster sida + nedre högra hörnet
45	330	A trä nere. K uppe + vänster och höger sida
46	011	K nere
47	921	A glas runt om. K i samtliga hörn
48	814	K i nedre, högra hörnet
49	112	A trä nere + vänster och höger sida. K nere + vänster och höger sida.
50	332	K vänster och höger sida. K i hörnen

Anm: A = adhesionsbrott, K = kohesionsbrott.
Första siffran i "Båge nr" anger kitt nr enl tabell 4.1. Andra siffran är en kulörbeteckning. Tredje siffran anger behandlingsmetod för träet enligt kapitel 4.2.1.

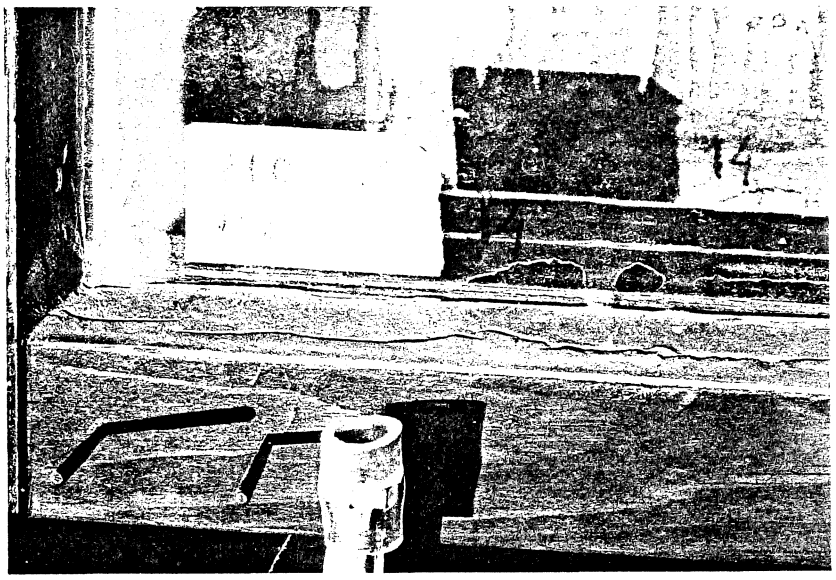
Under försöksperiodens gång har i många fall sprickor uppstått i bågträet. Detta har speciellt varit accentuerat i obehandlat, doppgrundat och vacuumimpregnerat bågträ. Dock har även lasyrbehandlat trä i alltmer ökad omfattning börjat visa dessa sprickbildningar.

Sprickbildningar har även i många fall uppstått kring de inslagna stiften avsedda för mätning av fuktkvoten i träet. Detta har därför stört mätningarna. Fuktkvoterna har dock i många fall varierat inom området 8-30 vikt-%.

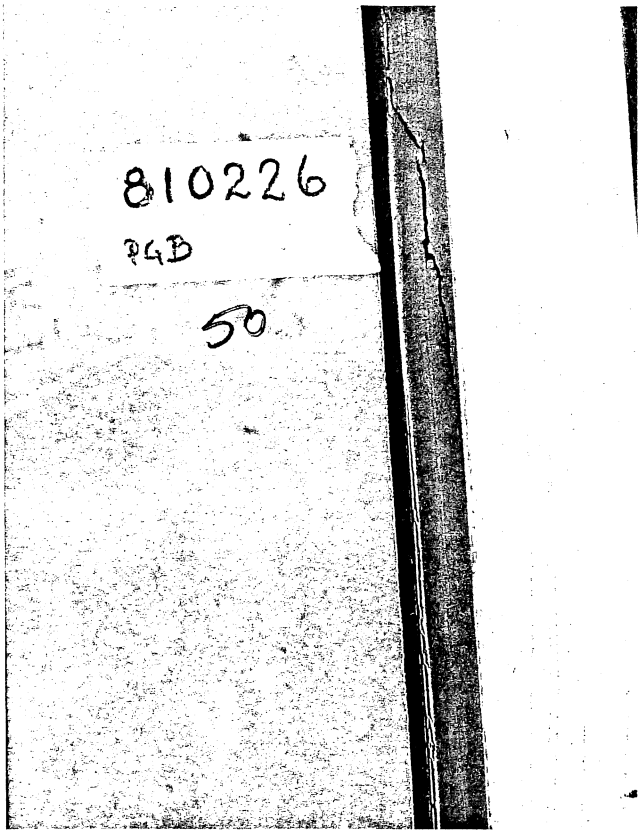
Figurerna 6.7 - 6.12 visar några exempel på kittskador vid olika tidpunkter.



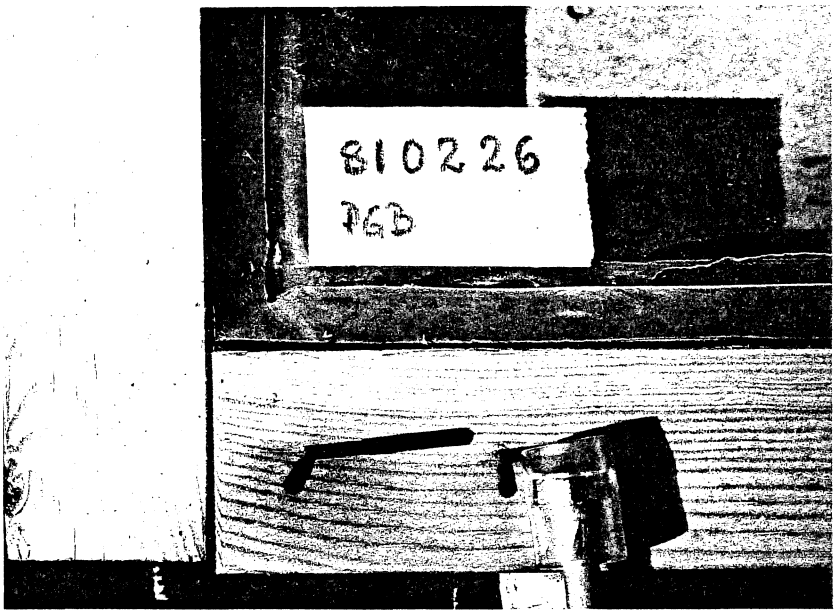
FIGUR 6.7 Detalj av båge nr 202 (kitt 2 och vacuumimpregnerat trä) efter 19 dygns utomhusexponering.Redan har omfattande adhesionsbrott mot trä uppstått.



FIGUR 6.8 Detalj av båge nr 013 (kitt 0 och royalimpregnerat trä) efter 49 dygns utomhusexponering. Kohesionsbrott har uppstått i nedre kittfalsen. Av fotot framgår även stiften för mätning av fuktkvoten i träet.

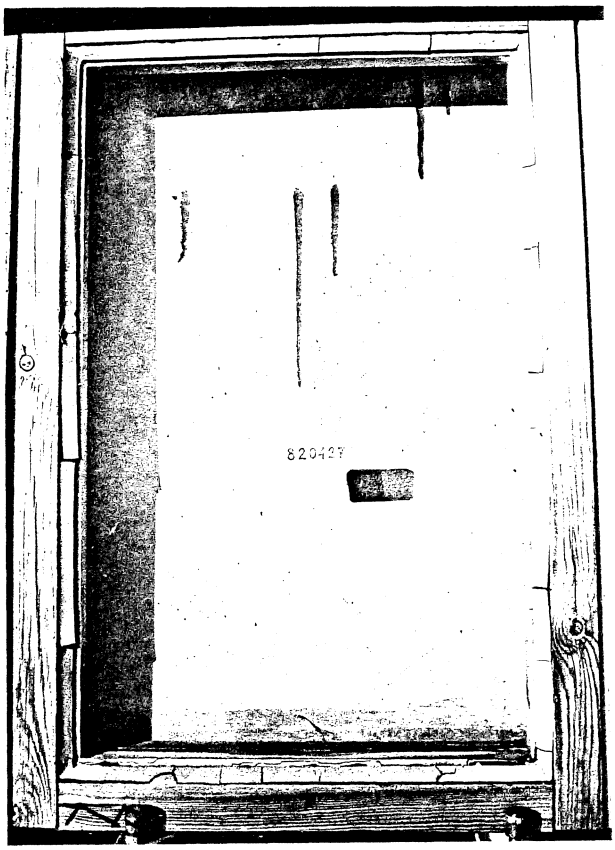


FIGUR 6.9 Detalj av båge nr 332 (kitt 3 och vacuumimpregnerat trä) efter 49 dygns utomhusexponering. Kohesionsbrott i kittet.



FIGUR 6.10 Detalj av båge nr 922 (kitt 9 och vacuumimpregnerat trä) efter 49 dygns utomhusexponering. Adhesionsbrott mot träet på grund av stor rörelse i träet, jfr dimensionsändringarna i bågens hörnsammansättning.

FIGUR 6.11 Detalj av båge nr 013 (kitt 0 och royalimpregnerat trä) efter 474 dygns utomhusexponering, jfr även figur 6.8.



FIGUR 6.12 Båge nr 922 (kitt 9 och vacuumimpregnerat trä) efter 474 dygns utomhusexponering, jfr även figur 6.10.

I några fall utfördes mätningar av temperaturen på trä och kitt av olika kulörer. Vid ett tillfälle då lufttemperaturen var +25°C uppmättes temperaturen på en vitmålad yta till +34°C. Den brunt lasyrbehandlade ytan hade temperaturen +43°C. Motsvarande värde för ett svart kitt var ca +44°C.

Det kan därför vara rimligt att antaga att en med vit färg täckmålad kittfals erhåller åtminstone 10 grader lägre temperatur jämfört med ett mörkt kitt i en mörk båge. Ur åldringssynpunkt skulle detta, något grovt räknat, kunna betyda att kittets livslängd i det senare fallet ung halveras jämfört med det vitmålade materialet.

6.4 Jämförelser mellan laboratorie- och utomhusförsök

Två viktiga egenskaper hos ett åldrat kitt bör vara dels stor töjbarhet och dels lågt töjningsmotstånd. Ett lågt deformationsmotstånd minskar risken för kohesions- och adhesionsbrott. De material som enligt tabell 6.1 uppvisar de gynnsammaste värdena i dessa avseende är kitt nr 0, 1, 5, 6 och 8.

Av dessa har enligt tabell 6.2 kitt nr 1 och 5 klarat sig bäst vid utomhusexponeringarna. De övriga har ett synnerligen blandat resultat. Vid denna jämförelse bör man dock hålla i minnet att endast en provbåge per materialkombination har ingått vid takprovningarna.

Allmänt sett kan man dock säga att det finns ett klart samband mellan stor töjbarhet och lågt deformationsmotstånd å ena sidan och bra funktion i provbågarna å andra sidan. Problemet är bara att till provningsmetoden hitta lämpliga kravnivåer för töjbarhet och deformationsmotstånd. (se vidare avsnitt 7.3 nedan).

7. DISKUSSION

7.1 Allmänt

Om man antar att ett kitts goda funktionsegenskaper kan uttryckas via ett lägsta värde på töjbarhet och ett högsta värde på deformationsmotstånd så kan lämpliga nivåer på dessa parametrar bedömas på olika sätt. Man kan dels med utgångspunkt från ovanstående resultat, dels med hjälp av en teoretisk bedömning av storleken på de i kittfalsen uppträdande rörelserna göra denna uppskattning.

Nedan görs en beräkningsmässig bedömning av rörelsernas storlek och därefter diskuteras lämpliga kravnivåer.

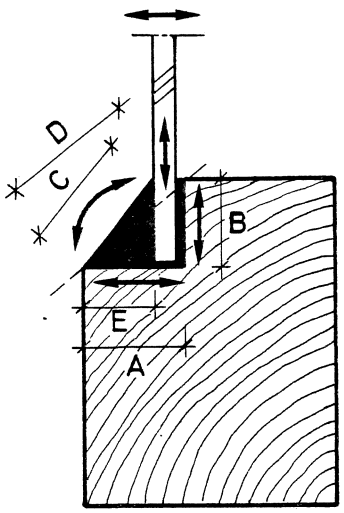
7.2 Beräkning av rörelser i kittfalsen

Det är känt att täckmålade fönster genomlöper mindre fuktkvotsvariationer och alltså erhåller mindre fuktbetingade rörelser än t ex laserade fönster. Samtidigt vet man av erfarenhet att kittfogen i täckmålade fönster också har längre livslängd. Vid beräkning av rörelserna i kittfalsen kan därför en rimlig approximation vara att enbart studera träets fuktbetingade rörelser.

De fuktbetingade rörelserna hos trä utspelar sig enbart inom det hygroskopiska området, Hillerborg et al (1974). Den s k fibermättnadspunkten uppnås då träet är i jämvikt med ∿100% RF. Fuktkvoten hos splintved av

barrträd är då ca 30%.

För furu brukar man räkna med att den maximala svällningen i tangentialriktningen från helt torrt material till fibermättnadspunktens fuktkvot är ca 7.7%. Motsvarande värde i radialriktningen är 4% och i fiberriktningen 0.4%. För fuktkvotsvariationer där emellan kan man linjärt proportionera den fuktbetingade rörelsen.



FIGUR 7.1 Rörelser i en enkelglasad fönsterbåge.

Betrakta nu figur 7.1. Sträckorna A och B har en orientering ungefär mellan tangentiell och radiell riktning. Maximalt svällningsvärde blir då ca 5.9% (= $\frac{7.7+4.0}{2}$). Sträckorna C och D har en orientering ungefär motsvarande tangentiell riktning. Antag att fuktkvoten i träet från början är 10% och att maximal fuktkvot blir ca 25%. Följande samband kan då ställas upp:

$$\Delta L_{A(B)(E)} \approx A(B)(E) \cdot \frac{25-10}{30} \cdot \frac{5.9}{100} = A(B)(E) \cdot 0.0295$$

$$\Delta L_{C(D)} \approx C(D) \cdot \frac{25-10}{30} \cdot \frac{7.7}{100} = C(D) \cdot 0.0385$$

$$C^2 = B^2 + E^2$$

Exempel

$A = 14$ mm

$B = 12$ mm $\Rightarrow$ $C = 15.62$ $\Rightarrow$

$E = 14-3-1 = 10$ mm

$\Delta L_A = 0.41$ mm		$A' = 14.41$ mm
$\Delta L_B = 0.35$ mm		$B' = 12.35$ mm
$\Delta L_C = 0.60$ mm	$\Rightarrow$	$C' = 16.22$ mm
$\Delta L_D = 0.71$ mm		$D' = 19.15$ mm
$\Delta L_E = 0.30$ mm		$E' = 10.30$ mm

Eftersom de procentuella svällningsrörelsernas storlek i sträckorna A:s och B:s resp C:s riktningar är olika stora uppstår en vinkeländring i kittfalsen. Den från början räta vinkeln öppnar sig ytterligare. Den för kittet intressanta töjningen är den längdändring som uppstår i riktningen C. Denna uppgår till 0.60 mm. Detta ger upphov till en procentuell deformation som blir $\frac{0.60}{15.62} \cdot 100\% \approx 3.8\%$.

Mindre fuktkvotsvariationer ger i motsvarande grad mindre procentuell deformation i riktningen C. För t ex en fuktkvotsändring från 10 till 20% blir den procentuella deformationen $\frac{0.40}{15.62} \cdot 100\% \approx 2.6\%$.

De beräknade värdena är självfallet behäftade med viss osäkerhet. De ger dock en antydan om storleksordningen på de fuktbetingade rörelserna i kittfalsen och rörelsernas beroende av fuktinnehållet. Temperaturbetingade rörelser kan anses i allmänhet ha en motriktad effekt på de fuktbetingade rörelserna.

7.3 Utformning av kravnivåer

Den i kapitel 7.2 beräknade deformationen i kittet utgår från det i verkliga fallet triangulära kittvärsnittet. Man kan därför självfallet invända mot att dessa beräknade värden skulle kunna jämföras med de i kapitel 6.2 visade resultaten gällande en fog med kvadratiskt tvärsnitt.

Den kritiska deformationen uppstår dock i ytskikten i båda fallen eftersom ytan har något sprödare egenskaper än de inre partierna av kittet. Vidare är brottöjningen mycket ringa. Detta betyder att kittytans töjning mycket nära svarar mot medeltöjningen av det kvadratiska tvärsnittet. Större deformationer hade givit upphov till insjunkning av kittytan och alltså större deformationer i ytan jämfört med medeltöjningen.

Ovanstående resonemang betyder att man även med provning av det kvadratiska tvärsnittet kommer mycket nära de egenskaper hos kittet, som är kritiska vad gäller en god funktion.

I tabell 6.2 redovisades noteringar betr provbågarnas kondition 810904. Nio bågar bedömdes vid detta tillfälle vara intakta. Vid motsvarande besiktning 820427 var antalet reducerat till fyra. Dessa bågar har sammanställts i tabell 7.1. Där visas även brottgräns och gränstöjning, som uppmätts för de accelererat åldrade laboratorieprovkropparna med motsvarande materialkombinationer.

TABELL 7.1 Godkända provbågar resp brottgräns/gränstöjning

Godkända provbågar vid besiktning		Brottgräns/gränstöjning vid laboratorieprovning (N/%)
810904	820427	(ur tabell 6.1)
111	-	70.1 / 3.6
113	113	72.8 / 3.0
114	-	52.9 / 3.2
334	-	33.4 / 1.3
531	531	38.4 / 4.6
533	-	44.8 / 5.0
534	534	26.5 / 4.0
613	613	39.8 / 4.3
812	-	57.0 / 3.0

Om de godkända provbågarna 820427 betraktas tillsammans med brottgräns/gränstöjning finner man, med något undantag, att lågt deformationsmotstånd tillsammans med stor gränstöjning också ger bra resultat vid takexponeringarna. Båge 533 är ett märkligt undantag. Detta beror dock på att en vertikalförskjutning av glaset har skett i bågen. Detta har lett till en viss sprickbildning i ovankanten.

Med hänsyn tagen till beräkningar i kapitel 7.2, till presenterade data i tabellerna 6.1 och 7.1 föreslås följande krav kopplade till laboratorieprovningarna: *Medelvärdet av brottgränsen vid provning av de accelererat åldrade provkropparna måste vara mindre än 60N. Gränstöjningens medelvärde skall samtidigt överstiga 3.0%.*

Kravet betr utomhusexponeringarna kan sammanfattas sålunda: *På provbågarna får inga synliga adhesions- eller kohesionsbrott uppstå inom 12 månader.*

8. LITTERATURFÖRTECKNING

Hasselblad, V, Andersson, KA, 1972, Fogar i betongelementfasader. Byggforskningen. Rapport R42:1972. Stockholm.

Bjerking, S-E, 1979, Fönster. Statens råd för Byggnadsforskning. Rapport R150:1979. Stockholm.

Burström, PG, 1979, Ageing and Deformation Properties of Building Joint Sealants. Avdelningen för Byggnadsmateriallära, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-1002. Lund.

Hillerborg, A, et al, 1974, Allmän kurs i Byggnadsmateriallära, kompendium. Avdelningen för Byggnadsmateriallära, Lunds Tekniska Högskola. Lund.

Nyström, F, Persson, I, 1974, Fönster - utbyte, renovering och underhåll. Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm. Examensarbete. Stockholm.

Rückeshäuser, KH, 1975, Verglasung bei lasurbehandelten Holzfenstern. "Glas + Rahmen" Heft 15/1975, sid 532-538. Verlag Karl Hofmann, Schorndorf.