

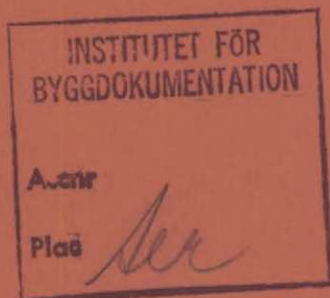
# Rapport

# R43:1982

## Risikanalys av fönster

### En metod för utvärdering av krav

**Ann-Charlotte Andersson**  
**Lars Sentler**



Byggeforskningsrådet

**BYGGDOK**

Institutet för byggdokumentation

Hälsingegatan 49

113 31 Stockholm SWEDEN

Tel. 08-3401 70 Telex 12563

R43:1982

# RISKANALYS AV FÖNSTER

## EN METOD FÖR UTVÄRDERING AV KRAV

ANN-CHARLOTTE ANDERSSON

LARS SENTLER

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 791266-0  
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen  
för byggnadsteknik, Lunds Tekniska Högskola.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R43:1982

ISBN 91-540-3688-7  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

LiberTryck Stockholm 1982

## FÖRORD

Föreliggande arbete är en tillämpning av riskanalys på fönster. Avsikten med rapporten är att visa att krav bör utformas utifrån en kunskap om de risker som kan påverka ett fönster. Enbart risken för rötskador är beaktad.

Synpunkter har tillförts av Prof. Lars Erik Nevander, Prof. Lars Östlund och T.D. Per-Gunnar Burström. Manuskriptet har renskrivits av Birgitta Salmi och Inger Karlsson. Figureerna har ritats av Fru Ingbritt Larsson. Till alla dessa framförs ett varmt tack.

NYCKELORD: Analys; Funktionsduglighet; Fönster;  
Krav; Risk; Rötskador; Varaktighet.

SAMMANFATTNING: Rötskador i fönster har blivit ett stort och omfattande problem. En riskanalys av de faktorer som påverkar tillväxten av rötsvampar är en möjlig metod för utvärdering av hur rötskadeproblemet kan bemästras. Risker är uppdelade på yttre påverkan, t ex slagregn, och inverkan av fönstrets egenskaper, t ex dåliga fogar. Påverkan av händelser och inverkan av fel analyseras i kombinerade händelse- och felträdsanalyser. Resultatet, risken för att en viss konsekvens skall inträffa används för att ställa lämpliga krav.

## INNEHÅLL

1.	INLEDNING .....	7
1.1	Allmänt .....	7
1.2	Riskanalys av fönster .....	8
1.3	Riskkaraktisering .....	9
1.4	Riskvärdering .....	13
2.	RISKER SOM PÅVERKAR FÖNSTER .....	17
2.1	Allmänt .....	17
2.2	Yttre påverkan .....	20
2.3	Inre påverkan .....	24
3.	RISKBESTÄMNING .....	35
3.1	Allmänt .....	35
3.2	Fel i fönstret-analys på komponentnivå ...	35
3.3	Inverkan av byggnadens utformning och läge .....	45
3.4	Kvalitativ diskussion av orsaker till fönsterskador .....	46
3.5	Orsakssamband mellan påverkan, fel och konsekvenser .....	49
3.5.1	Slagregn mot fönstret .....	51
3.5.2	Ytkondensation på fönsterglasen .....	53
3.5.3	Byggfukt i väggen .....	56
3.5.4	Slagregn mot ytterväggen .....	58
4.	KVANTITATIV UPPSKATTNING AV RISKER .....	61
4.1	Allmänt .....	61
4.2	Risker från yttre påverkan .....	65
4.2.1	Slagregn .....	66
4.2.2	Luftfukt .....	72
4.2.3	Byggfukt .....	77
4.2.4	Samverkan av flera fuktkällor .....	78
4.3	Fönstrets reaktioner på klimat- påfrestningarna .....	79
4.4	Förutsättningar för röta .....	88
5.	RISKVÄRDERING .....	95
5.1	Allmänt .....	95
5.2	Riskvärdering med avseende på balanserade risker .....	95

5.2.1	Utvärdering av yttre påverkan .....	99
5.2.2	Utvärdering av inverkan av fönsters egenskaper .....	101
5.2.3	Utvärdering med avseende på rötkriterier .....	103
5.3	Riskvärdering med avseende på beslutsteori .....	104
5.4	Slutsatser .....	114
	REFERENSER .....	117

## 1. INLEDNING

### 1.1 Allmänt

Rötskador på fönster har behandlats i ett flertal rapporter som dels har redovisat problemets omfattning och dels möjliga orsaker till problemet. I denna rapport behandlas rötskador på fönster ur risksynpunkt. Detta innebär att i den mån det är möjligt karakteriseras olika orsaker som kan leda till rötskador som risker och utvärderas i en riskanalys.

Riskanalys i dess allmänna form har utvecklats för att på ett "objektivt" sätt kvantifiera och värdera risker som direkt eller indirekt påverkar människor. Metoden har framför allt använts av försäkringsbolag för att bestämma premier men har även tillämpats vid utvärdering av speciella tekniska problem. Exempel på detta är utvärderingen av risker för civila atomkraftverk i USA, WASH-1400 och för bestämning av krav på utförande och material för rymdfarkoster. I båda fallen har målsättningen varit att sammanställa olika konsekvenser och sannolikheten för att en konsekvens ska skall inträffa. Av naturliga skäl har tyngdpunkten legat på allvarliga konsekvenser.

Målet med en riskanalys varierar beroende på hur resultatet skall användas. För ett försäkringsbolag är avsikten med en riskanalys att skapa ett underlag för bestämning av premier. Vid tekniska tillämpningar är målet att antingen undvika en risk, till exempel genom bättre tekniska lösningar, eller att kontrollera en risk, till exempel genom krav på material eller kontroll av utförande. Detta innebär att riskanalysen skall ge underlag för utvärdering av lämpliga krav.

Vid tillämpning av riskanalys på fönster är målsättningen att studera faktorer som berör varaktigheten, dvs faktorer som påverkar livslängden hos fönster. Hur detta kan göras praktiskt redovisas här baserat på en mer allmän metod för byggnadskonstruktioner från Sentler (1980).



## 1.2 Riskanalys av fönster

Anledningen till att rötskador uppstår på fönster av trä är att tillväxtbetingelserna för olika rötsvampar är gynnsamma. Orsaken, eller orsakerna till varför tillväxtbetingelserna ofta är alltför gynnsamma kan relateras till en mängd olika faktorer som direkt eller indirekt berör ett fönster. Normalt samverkar flera orsaker och det är oftast inte direkt uppenbart hur och på vilket sätt varje orsak påverkar processen som leder till rötskador. Avsikten med en riskanalys av fönster är därför att dels klargöra olika samband på ett systematiskt sätt och dels att göra en bedömning av den information som kommer fram.

En riskanalys kan ses som en serie steg på det sätt som är åskådliggjort i FIG 1.1. En riskanalys börjar med en riskkarakterisering av olika orsaker som var för sig eller tillsammans kan medföra att rötskador uppstår. Sådana orsaker inkluderar den miljöpåverkan ett fönster är utsatt för, brister i material och utförande hos ett fönster och mänskliga fel i hantering och underhåll. Avsikten är att etablera samband mellan en eller flera orsaker och den konsekvens de kan leda till och att bestämma risken för att det skall inträffa.

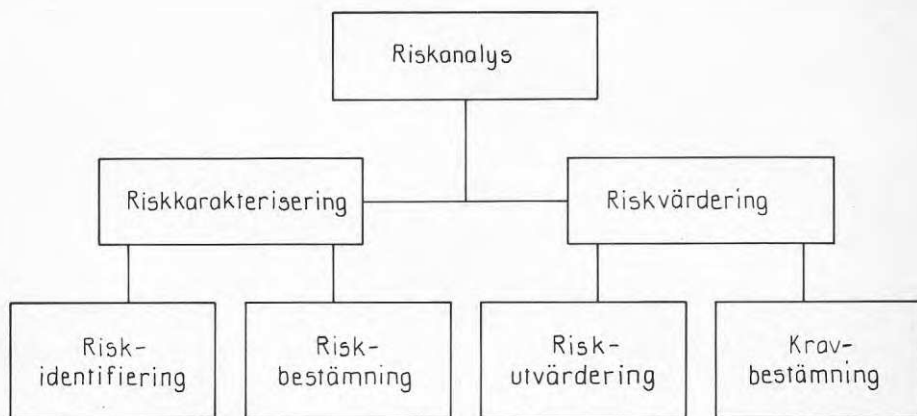


FIG 1.1 Olika delar av en riskanalys.

Risikvärderingen innebär att olika risker och konsekvenser ställs mot varandra och utvärderas. Utvärderingen kan ske som en ren jämförelse av risker och konsekvenser och målsättningen är då att etablera generella krav om acceptabla risker. En annan utvärderingsprincip bygger på att risker och konsekvenser utvärderas i en beslutsprocess. I det här fallet kvantifieras konsekvenser i till exempel förväntad livslängd hos olika fönster eller totala fönsterkostnaden under ett hus ekonomiska livslängd inklusive underhåll och eventuellt utbyte av fönster.

Risikvärderingen är till stor del baserad på subjektiva värderingar. Detta beror på att hänsyn ska tas till riskkarakteriseringen där en kvantitativ analys enbart kan utföras om tillräcklig kunskap och information finns tillgänglig. När riskkarakteriseringen är baserad på en kvalitativ analys, vilket oftast är fallet med nya eller dåligt förstådda risker, förs subjektiva värderingar in i riskkarakteriseringen och detta skall beaktas vid risikvärderingen. Detta kan ses som en svaghet i metoden men också som en styrka om riskanalysen utförs på ett riktigt sätt.

### 1.3 Riskkarakterisering

Riskkarakteriseringen innebär dels att olika orsaker som risker skall indentifieras och karakteriseras och dels att samband skall etableras mellan en orsak och möjliga konsekvenser.

Orsaker som kan innebära risker kan karakteriseras i tre grupper:

- o Miljöpåverkan av omgivningen
- o Inverkan av materialegenskaper
- o Mänskligt beteende

Miljöpåverkan är till exempel vind, nederbörd i form av regn och snö, byggfukt osv. Fel i konstruktionen kan vara olämpligt virke med för många knastar, olämplig utformning av karm, dålig impregnering osv. Mänskligt beteende styr till viss del fel i en konstruktion och kan vara svåra att separera från fel i materialegenskaper. I det här fallet är mänskligt felbeteende tänkt att inkludera fel som t ex olämpligt val av täckfärg och brist på underhåll. Ur riskanalyssynpunkt innebär både inverkan av materialegenskaper och mänskligt felbeteende att risken för ett fel skall

beaktas och de kan därför behandlas på principiellt samma sätt. Med utgångspunkt från de orsaker som kan innebära risker leder de till påverkan av händelser eller inverkan av fel på det sätt som visas i FIG 1.2.

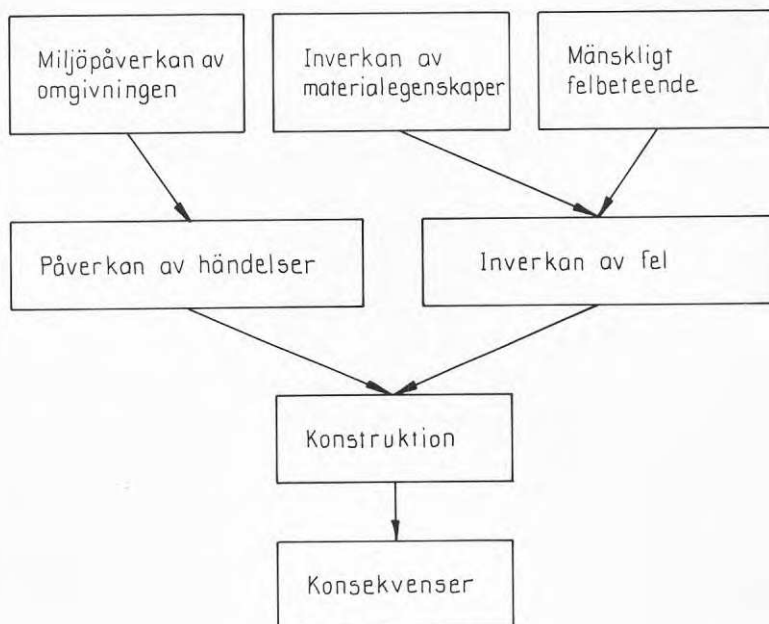


FIG 1.2 Principiell uppdelning av riskkaraktiseringen.

För att ta reda på hur påverkan av en händelse kan leda till olika konsekvenser är det nödvändigt att ha information om både händelser och påverkan. Första steget är att göra en kvalitativ analys av hur en påverkan kan leda till olika konsekvenser. Detta kan göras med hjälp av ett händelsetråd eller någon annan lämplig metod. För ett händelsetråd, se FIG 1.3, kan till exempel händelsen vara slagregn och varje steg i trädet representerar olika former av påverkan på vägg och fönster som leder till olika konsekvenser. I verkligheten behöver ett händelsetråd oftast göras betydligt mer omfattande än vad som är visat i FIG 1.3.

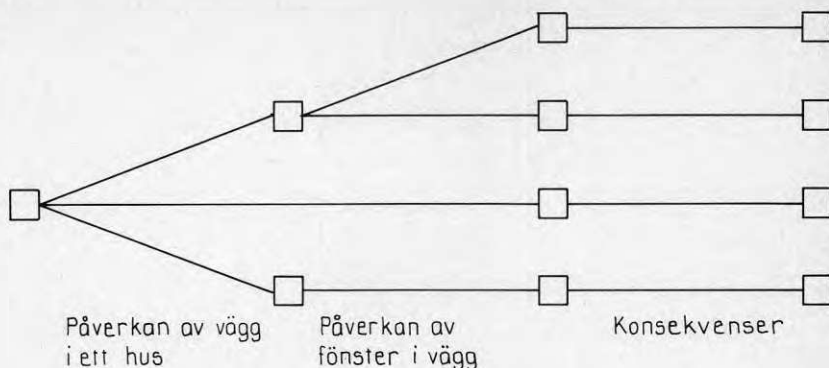


FIG 1.3 Pricipen för ett händelseträd.

Andra steget i en analys av ett händelseträd är en kvantitativ analys av att en given händelse ska leda till en viss konsekvens. Dels gäller det att kunna ange sannolikheten för att olika former av påverkan ska inträffa och dels vad påverkan innebär i konsekvenser. För att kunna bestämma detta krävs information som kan ge underlag för en sådan analys.

Inverkan av fel innebär att information behövs både om fel och den inverkan de kan ha. Inverkan av ett fel kan utvärderas med felträd. Principen för felträd överensstämmer med händelseträd men utgångspunkten är ett fel som först inverkar på en eller flera komponenter. Dessa i sin tur kan inverka på funktionen hos ett fönster och konsekvensen kan vara ökad skadekänslighet. Ett felträd ger primärt bara kvalitativ information och behöver därför kompletteras i en kvantitativ analys.

Enskilda händelser och fel kan i sig ge upphov till allvarliga konsekvenser men betydligt vanligare är att händelser och fel tillsammans leder till allvarliga konsekvenser. Att behandla påverkan av händelser och inverkan av fel samtidigt innebär att händelseträd och felträd skall kombineras så att dessa kombinerade risker kan utvärderas. I praktiken innebär detta att man utgår från en händelse på samma sätt som i FIG 1.3 och för in fel som ytterligare alternativ som kan inverka. Motsvarande princip kan också användas om utgångsläget är en analys av inverkan av fel.

Ett problem med händelseträd, felträd och kombinationer av dem är att de är diskreta till sin natur. Detta är åskådliggjort i FIG 1.4 där en händelse kan vara slagregn. Konsekvensen av ett fel, som i det här fallet är representerat med en spricka i en fog, varierar med sprickans egenskaper. Denna kontinuerliga variation är svår att beakta om ytterligare fel skall föras in i analysen.

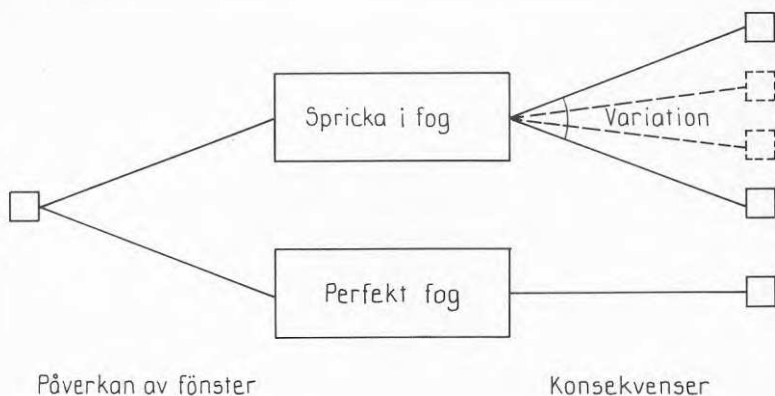


FIG 1.4 Konsekvensen av ett fel kan vara kontinuerlig vilket gör den svår att beakta.

Ett sätt att kringgå det här problemet är att använda fler diskreta konsekvenser vilket i figuren skall representeras som streckade konsekvenser. Detta kan innebära att antalet alternativ som skall beaktas blir ohanterligt stort och en statistisk bearbetning mycket svår. Detta är emellertid fullt möjligt men har inte utnyttjats i denna studie av problem med fönster.

Händelseträd, felträd och kombinationer av dem ger enbart kvalitativ information om de inte kompletteras med statistisk information. Sådan statistisk information kan antingen vara objektiv, dvs bearbetad information från verklighet och laboratorieförsök, eller subjektiva uppskattningar av sannolikheter. Ur analysynpunkt är det önskvärt med objektiv information men ofta är det inte möjligt att finna den lämpliga informationen för detta. Det är då nödvändigt att uppskatta sannolikheter på något sätt.

Subjektiva uppskattningar av sannolikheter innebär att en händelse eller ett fel ges en viss sannolikhet för att inträffa. Metoden för att göra detta kan vara direkt, dvs en kvalificerad gissning, eller vara baserad på en metod där annan information också kan beaktas. Exempel på detta är Bayes metod och en metod kallad "Fuzzy sets". Uppskattningen av sannolikheter är till för att skapa ett underlag för riskutvärderingen och metoden som används för att ge detta underlag skall också beaktas vid riskutvärderingen. Detta kan vara en god anledning till att använda en enkel metod för att uppskatta sannolikheter.

#### 1.4 Riskvärdering

En riskvärdering består av två delar, nämligen en riskutvärdering och en kravbestämningsdel. Riskutvärderingen innebär att den information som kommit fram i riskbestämningen skall sammanställas och utvärderas. Denna utvärdering ligger sedan till grund för de krav som kan behövas för att eliminera eller kontrollera risker.

Den information som kommit fram ur händelsetråd, felträd och kombinationer av dem utgör i sig ett underlag för beslut men behandlar var för sig bara en del av den totala risken. För att få en samlad bild av de risker som påverkar ett fönster eller inverkar på dess funktion behövs en systematiserad utvärdering. Två olika principer för riskvärdering presenteras här.

- o Balanserad riskvärdering
- o Beslutsteori

Balanserad riskvärdering innebär att risker och möjliga konsekvenser ska vägas mot någon acceptabel risknivå. Principen är enkel i teorin men svår att tillämpa i praktiken eftersom det kan vara svårt att bestämma en acceptabel risknivå. Följande steg används i tillämpningen på fönster : (1) En referensnivå för acceptabla konsekvenser etableras. Eftersom den slutliga konsekvensen är rötskador kan referensnivån i stället anges som en förväntad brukstid, t ex 30 år. (2) Bestäm hur olika orsaker som händelser och fel påverkar risken för rötskador. Resultatet bör helst vara baserat på en statistisk utvärdering som ger sannolikheten för att livslängden är längre än den förväntade brukstiden. En alter-

nativ metod som kan användas om den nödvändiga statistiska bakgrundsinformation är bristfällig är subjektiv uppskattning av hur olika orsaker påverkar risken för rötskador. Detta ger en grov uppskattning om hur olika händelser och fel påverkar livslängden. (3) Jämför olika risker och dra slutsatser om de orsaker som är beaktade i riskanalysen. Hänsyn bör då tas till den osäkerhet som utvärderingsmetoden innebär. (4) Bestäm de krav som behövs. Ett krav kan innebära att en riskorsak skall elimineras därför att dess inverkan på sannolikheten för rötskador är för hög. I andra fall kanske krav på kontroll är bättre eller det enda möjliga om en riskorsak inte kan elimineras.

Vid tillämpningen på fönster är flera orsaker som påverkar risken för rötskador dåligt kända men det finns god anledning att misstänka att en del av dessa orsaker inte kan försummas. I dessa fall, där kunskapen är mycket bristfällig, är det bara möjligt att peka på att ett bättre underlag behövs för att uppskatta dessa orsakers influens på livslängden för fönster.

Beslutsteori är en annan metod för att värdera risker. Denna metod skiljer sig från den ovan beskrivna på flera sätt men huvudsakligen i målformuleringen som inte innebär att krav skall utvärderas utan att ett direkt beslut skall fattas om lämpligt val av fönster. Ett sådant beslut är oftast baserat på någon nyttofunktion, t ex minimering av investerat kapital i fönster. Som metod är beslutsteori lämpligast för enskilda i deras värdering av risker i ett speciellt projekt.

Beslutsteori innebär praktiskt för fönster att olika alternativ ställs mot varandra. Dessa kan vara fönstrets placering och montering i fasaden, olika fönstertypers egenskaper osv. Olika alternativ innebär olika risker för rötskador och oftast olika kostnader. Målet är att för varje alternativ sammanställa kostnader och ange förväntad livslängd. Detta ger ett underlag för beslut.

De krav som kan ställas på en byggnad eller byggnadsdels funktion berör

- o säkerheten
- o funktionsdugligheten
- o varaktigheten

Säkerheten för en konstruktion är av primärt intresse för de bärande delarna och behandlas inte här. De andra två funktionskriterierna är däremot väsentliga för fönster. Funktionsdugligheten är normalt säkerställd vid ett fönsters tillverkning genom olika krav. Däremot är varaktigheten inte beaktad på samma sätt. Riskvärdering av fönster bör därför i första hand beakta detta funktionskriterium.





## 2. RISKER SOM PÅVERKAR FÖNSTER

### 2.1 Allmänt

I detta kapitel skall göras en riskidentifiering, d v s en sammanställning av de olika faktorer som ensamma eller kombinerade med andra faktorer kan leda till att en rötskada uppstår. Ett rimligt antagande då det gäller rötskador i fönster är att det inte finns någon faktor som ensam kan ge upphov till en rötskada. Uppkomsten av rötskador beror på att flera faktorer samverkar på ett visst sätt. Ett annat antagande som verkar rimligt att göra är att det finns flera olika händelseförlopp som kan ge slutresultatet rötskador i fönster.

Allmänt kan man säga att för att en rötskada skall kunna uppstå måste följande förutsättningar vara uppfyllda:

- o hög fukthalt i virket
- o lämplig temperatur
- o tillgång till syre
- o tillgång till svampsporer

De två sista förutsättningarna är troligen alltid uppfyllda för trä i fönster. Beträffande klimatbetingelserna för rötsvampstillväxt varierar dessa med typen av svamp. De temperaturer som fordras ligger dock i det område man kan vänta sig att fönsterträ åtminstone under delar av året befinner sig. Man kan därför, något förenklat, säga att virke som utsätts för lämplig fukthalt kan få rötskador. Kunskaperna om vad som är lämplig fukthalt och om det för rötskador krävs en viss exponeringstid för denna "lämpliga fukthalt" är dock bristfälliga.

Då det gäller att bedöma vilken fukthalt virke i fönster kan få är svårigheterna också mycket stora. För vissa typer av påverkan kan man beräkna fukttinnehållet i virket. Ett stort problem är emellertid att man har mycket dålig kännedom om hur mycket slagregn som kan träffa ett fönster och hur fukten kan transporteras in i virket. De skadeutredningar och inventeringar av fönsterskador som gjorts innehåller ofta kvalitativa analyser av skadorna. Systematiska analyser av olika faktorerers inverkan har emellertid gjorts i mycket liten utsträckning. Detta gör att man inte har

något begrepp om storleksordningen av olika risker. Som exempel kan tas utvändigt fogning mellan fönsterkarm och vägg. Denna bedöms ofta fukttekniskt på samma sätt som t ex en yttervägg. Enligt dessa principer skall den utvändiga fogningen ha hög ånggenomsläpplighet så att fukt som tillförs fogen kan torka ut utåt. Detta är principiellt riktigt, men man kan med en enkel överslagsberäkning visa att ånggenomsläppligheten hos utvändigt fogning måste ha en mycket liten inverkan på fukttinnehållet i virket. I den fortsatta riskidentifieringen görs dock inget försök att uppskatta storleksordningen för olika risker. I KAP 3 och 4 kommer riskernas storleksordning att diskuteras något ytterligare.

På grund av bristen på information om olika faktorerers kvantitativa inverkan måste analysen i denna rapport dock bli huvudsakligen kvalitativ.

Uppkomsten av rötskador i fönster är ett mycket komplext problem, vilket avspeglas i den situation man befinner sig i idag. Det är omöjligt att göra en riskanalys för fönster fullständig, inte enbart för att möjligheter till kvantitativa bedömningar saknas utan också för att alla risker troligen inte kan identifieras. För befintliga fönsterkonstruktioner ger erfarenheten hjälp till riskidentifiering men nya konstruktioner kan medföra nya, oförutsedda risker. Uppgiften för en riskanalys är dock just att förhindra detta. I fortsättningen av detta kapitel görs försök att identifiera så många risker som möjligt och sammanställa deras möjliga inverkan.

Riskerna har delats in i risker som beror på yttre påverkan och risker som beror på egenskaper hos konstruktionen. I begreppet "konstruktionen" har här hela byggnaden ansetts ingå. Egenskaper hos byggnaden som till exempel dess höjd och förekomsten av taksprång kan ju påverka risken för rötskador. Vidare kan ytterväggs-konstruktionen och egenskaper hos denna ha betydelse för fönsterträets fukttinnehåll.

I riskidentifiering brukar man också ange risker som beror på mänskligt felbeteende. De allra flesta risker som beror på egenskaper hos konstruktionen kan ha sitt ursprung i mänskligt fel-

beteende på planerings-, projekterings-, tillverknings-, byggnations- och underhållsstadierna. I fortsättningen anges därför inte speciellt vilka risker vars ursprung är mänskligt felbeteende.

Av de i fortsättningen angivna riskerna kan vissa faktorer inverka både positivt och negativt på risken för rötskador i fönster. Detta kan bero på att en faktor kan medföra flera olika typer av effekter varav några inverkar positivt och några negativt på slutresultatet och man vet inte vilken av effekterna som är dominerande i ett visst fall. Exempel på en sådan faktor är solstrålning mot en fönsterkarm. Strålningen höjer karmens temperatur och ökar därmed hastigheten för uttorkning av fukt, vilket minskar risken för rötskador.

A andra sidan kan solstrålningen medföra att färgskikt bryts ner och slagregn därmed lättare kommer in i virket.

En annan situation är då en faktor kan inverka positivt i ett händelseförlopp och negativt i ett annat. Ett exempel är ånggenomsläpligheten hos fönsterfärg på insidan av fönstret. Om fukt tillförs virket utifrån kan en ånggenomsläpplig färg invändigt medföra att fukten kan torka ut inåt. Om inneluftens ånghalt däremot är mycket hög kan hög ånggenomsläpplighet hos färgen medföra att virkets fukthalt ökar.

Om det finns en tänkbar möjlighet för att en faktor i någon situation kan öka risken för rötskador har denna tagits med i den fortsatta sammanställningen över risker. En viss begränsning av faktorer har dock fått göras. Faktorer som bedömts som mycket långsökta med hänsyn till den kunskap man har idag har inte tagits med. Ett sådant urval blir naturligtvis alltid subjektivt.

## 2.2 Yttre påverkan

I en riskanalys är yttre påverkan ofta laster som påverkar byggnadsdelen eller byggnaden. I en riskanalys för rötskador i fönster motsvaras laster närmast av fuktkällor d v s slagregn, luftens innehåll av vattenånga och läckage. Fukttransport i en byggnadsdel är emellertid ett komplext fysikaliskt förlopp som påverkas av en mängd olika klimatfaktorer. I sammanställningen av påverkande faktorer ingår därför även dessa faktorer. Försök görs också att ange påverkande faktorerers fördelning i tiden. För varje faktor som tagits med i sammanställningen anges kortfattat på vilket sätt den kan påverka risken för rötskador i ett fönster. För flera faktorer kan man tänka sig mer än en typ av påverkan. För faktorer som kan inverka både positivt och negativt på risken för rötskador anges endast negativ inverkan.

Påverkande faktorer har delats in i

- o A. Påverkan från uteklimatet
- o B. Påverkan från inneklimatet
- o C. Övrig påverkan

Angivelsen av olika faktorerers tidsvariation är ofta mycket förenklad. Som exempel tas utetemperaturen vars variation över året naturligtvis inte är periodisk i den meningen att temperaturen två olika år är ungefär samma vid samma tidpunkt. Med årsperiodisk menas här i stället att om man betraktar en följd av år är exempelvis medelvärdet av dygnsmedeltemperaturen för de olika åren ungefär periodiskt. Man kan med ganska stor sannolikhet anta att dygnsmedeltemperaturen den 15 januari är lägre än dygnsmedeltemperaturen den 20 april på en viss ort.

## A. PÅVERKAN FRÅN UTEKLIMATET

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER	FÖRDELNING I TIDEN
Regn	Träffar fönstret, absorberas av fasaden, rinner ner för fasad och glasytor.	Diskret
Vind	Ger tillsammans med regn slagregn, ger tryckskillnader över byggnadsdelarna, kan deformera delar av fönstret	Kontinuerlig (diskret om man betraktar en viss nivå av vindhastigheten)
Sol- och himmelsstrålning	Bryter ned färgskikt, ger ev lämplig temperatur för rötsvampstillväxt även vintertid, ger temperaturrörelser i t ex färgskikt, fönsterbleck och fasadmaterial.	Kontinuerlig med varierande nivå dagtid, (beroende i hög grad på molnigheten). Års- och dygnsperiodisk.
Temperatur	Bestämmer tillsammans med strålning och innetemperatur temperaturen i fönstrets olika delar. Låg temperatur kan ge kondensrisk och dålig uttorkning av slagregn, hög temperatur kan ge temperaturrörelser och betingelser för röt-skador.	Kontinuerlig. Års- och dygnsperiodisk.
Luftfuktighet	Påverkar byggnadsdelarnas fukttinhåll, hastigheten för uttorkning av ex.vis slagregn och byggfukt samt luftfuktigheten inomhus.	Kontinuerlig. Årsperiodisk.
Luftföroreningar	Bryter ner färgskikt.	Kontinuerlig, varierande nivå.

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER	FÖRDELNING I TIDEN
Molnighet	Bestämmer intensitet av strålning som träffar byggnaden. Bestämmer långvägig utstrålning (motstrålande temperatur).	Kontinuerlig, i viss mån årsperiodisk.
Snö	Kan vid smältning tillföra fukt.	Diskret.

#### B. PÅVERKAN FRÅN INNEKLIMATET

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER	FÖRDELNING I TIDEN
Temperatur	Bestämmer tillsammans med utetemperatur och strålning temperaturen i fönstrets olika delar.	Kontinuerlig, konstant eller periodisk (vid exempelvis nattsänkning).
Fuktproduktion	Bestämmer tillsammans med ventilation och luftfuktighet ute ånghalten inomhus vilken i sin tur påverkar risk för ytkondens och fukttransport mellan virke och inneluft.	Kontinuerlig, varierande nivå och diskret (vid enstaka aktiviteter). Kan vara dygnsperiodisk.
Luftomsättning	Påverkar ånghalten inne, se fuktproduktion.	Kontinuerlig, varierande nivå beroende på ventilationssystemets utformning och användning.

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER	FÖRDELNING I TIDEN
Lufttryck	Trycket inne i förhållande till trycket ute påverkar risken för fuktkonvektion. Övertryck inne kan ge kondensrisk i springor. Tryckskillnaden bestäms av ventilationssystemets utformning, vinden, ev termisk drivkraft m m.	Kontinuerlig, varierande nivå.
Luftströmmar från radiatorer o dyl	Höjer fönstrets temperatur. Minskar bl a risken för ytkondens.	I princip kontinuerlig under eldningssäsongen. Varierande nivå.

#### C. ÖVRIG PÅVERKAN

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER	FÖRDELNING I TIDEN
Läckage	Här avses läckage av andra orsaker än slagregnsinträngning, t ex från rörljedn. i väggen. Ökar verkets fukthalt.	Diskret.
Slag och stötar	Ger deformationer, springor i konstruktionen.	Diskret.
Tvättning av fönstren	Vatten avlägsnas ej tillräckligt, tränger in i springor.	Diskret.



### 2.3 Inre egenskaper

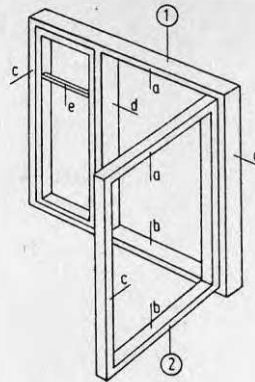
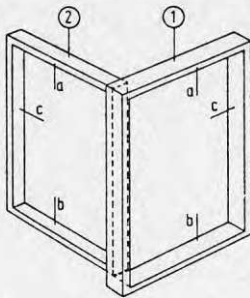
I detta avsnitt anges hur egenskaper i fönstret, ytterväggen och byggnaden kan påverka risken för rötskador. En och samma egenskap eller fel kan ha olika ursprung. Detta anges inte här. I KAP 3 kommer möjliga orsaker till olika fel att analyseras närmare. För varje typ av fel anges kortfattat felets möjliga konsekvenser. De egenskaper som kan påverka risken för rötskador har delats upp i följande grupper:

- o A. Egenskaper hos fönstret
  - A.1 Träråvaran
  - A.2 Fönsterkonstruktionen
  - A.3 Ytbehandlingen
  - A.4 Övrigt
- o B. Egenskaper hos fogen mellan karm och vägg
- o C. Egenskaper hos ytterväggen
- o D. Egenskaper hos byggnaden

Liksom för yttre påverkan har en faktor tagits med om den kan medföra risk för rötskador utan hänsyn till storleksordningen av denna risk eller värdering av positiva effekter jämfört med negativa effekter. Existensen av tänkbar risk medför alltså att faktorn tas med i riskidentifieringen.

I sammanställningen över inre egenskapers inverkan på risken för rötskador i fönster förekommer benämningar på fönstrets olika delar. FIG 2.1, hämtad från Bjerking (1979) ger en översikt över terminologin för slagfönster.

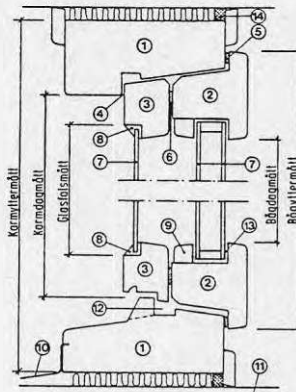
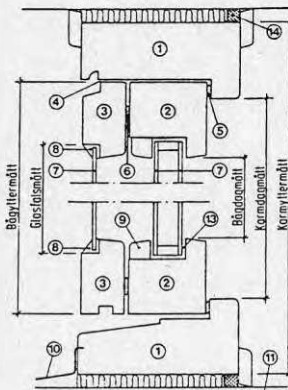
Slagfönster, inåtgående bågar.



- ① karm  
a överstycke  
b bottenstycke  
c sidstycke  
d post
- ② båge  
a överstycke  
b bottenstycke  
c sidstycke  
e spröjs

utåtgående

inåtgående



- ① karm  
② innerbåge, kopplad vid ytterbågen  
③ ytterbåge (bärbåge)  
④ fogöppning  
⑤ fogöppning m tätn.list  
⑥ fogöppning m dammlist  
⑦ glas (enkel- resp för-seglade)  
⑧ kitt (fogmassa)  
⑨ glaslist  
⑩ fönsterbleck  
⑪ fönsterbänk  
⑬ fogmaterial  
⑭ tätning kring fönster

- ① karm  
② innerbåge (bärbåge)  
③ ytterbåge, kopplad vid innerbågen  
④ fogöppning  
⑤ fogöppning m tätn.list  
⑥ fogöppning m dammlist  
⑦ glas (enkel- resp för-seglade)  
⑧ kitt (fogmassa)  
⑨ glaslist  
⑩ fönsterbleck  
⑪ fönsterbänk  
⑫ ränna för vatten (och luft)  
⑬ fogmaterial  
⑭ tätning kring fönster

FIG 2.1 Benämningar på olika delar i slagfönster.

Från Bjerking (1979).

## A. EGENSKAPER HOS FÖNSTRET

## A.1 TRÄRÄVARAN

<u>FAKTOR</u>	<u>TÄNKBARA KONSEKVENSER</u>
Liten kärn- vedsandel	Dålig motståndskraft mot röta. Kraftig kapillärsugning. Dålig hållfasthet.
Mycket kvistar	Kvistlagningar kan ge springor där vatten kan komma in.
Sprickor	Vatten kan tränga in.
Hög fukthalt	Byggfukt i fönstret som ev stängs inne. Vid uttorkning krymper träet vilket medför springor.
Mycket låg fukthalt	Sväller i naturligt klimat. Ger deformationer.
För snabb- vuxet och poröst trä	Dålig hållfasthet, tar upp mycket vatten.
Ej eller otill- räckligt im- pregnerat	Rötrisk.

## A.2 FÖNSTERKONSTRUKTIONEN

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER
Klena profiler	Deformeras av ex.vis egenvikt, vid montering o dyl. Inläckande vatten fördelas på liten trävolym.
Profilerna hoplimmade av virkesdelar	Limfogar kan släppa, vatten tränger in.
Kvistlagningar placerade i utsatt läge	Svagheter där vatten kan tränga in.
Lim i utvändiga fogar ej vattenfast	Limmet släpper.
Sammanfogningar olämpligt utformade	Vatten tar sig in, träffar ev oskyddat ändträ och sugs upp i karm eller båge.
Springor mellan ex.vis karm och båge eller karmsidostycke och karmbottenstycke för smala	Kapillärsugning in i springorna. Problem vid virkets svällning.
Beslag för klena eller felaktigt insatta	Bågen "hänger" ner på karmen.
Spår för fönsterbleck ej ytbehandlat	Vatten kan tränga in.
Skarpa hörn hos fönsterprofilerna	Målningsskikt blir för tunna.
Profilerna har fall mot hörnsammanfogarna	Vatten rinner in i fogarna.

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER
Drivvattenränna olämpligt utformad	Vatten rinner inte ut genom slitsarna utan drivs i sidled mot hörnen.
Dåliga eller felaktigt monterade tätningslistor mellan karm och båge	Fuktig luft inifrån kommer in mellan glaset. Luftläckage. Regninträngning.
Felaktig anslutning av glasningslistan mot bågen	Vatten kan tränga in.
Täckskenorna har litet avstånd till poster och/eller sidostycken	Vatten sugts upp i ändträet.
Täckskenan är en köldbrygga	Låg temperatur i karmbottenstycket.
Anslutning mellan täckskena och karm olämpligt utformat	Vatten kan tränga in.
Enbart glasningsskena på bågens utsida	Skadas lätt, deformeras, vatten tränger in i bågen.
För stora lufter i förhållande till bågens dimensioner	Deformationer, springor.
Utvändigt kitt eller fogmassa som lätt försprödas	Kittet spricker, vatten kan tränga in.
Tixotropiskt kitt	Blir flytande p g a vibrationer i glaset.

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER
Olämplig anslutning av glasningsskena till bågens insida	Kondens på glaset rinner ner i träet.
Otillräckligt fall utåt på karm- och/eller bågbottnestycket	Vatten och snö blir stående.

### A.3 YTBEHANDLINGEN

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER
Ytbehandlingen för tunn helt eller delvis	Vatten kan tränga in i virket.
Ytbehandling saknas på vissa delar av fönstret (ex vis ändträ)	Vatten sugs upp av virket.
Ytbehandlingen släpper lätt igenom vatten	Virket tillförs mycket fukt.
Ytbehandlingen har dålig beständighet mot UV-strålning	Spricker vid exponering för solstrålning, vatten kan tränga in.
Ytbehandlingen på utsidan har för låg ånggenomsläpplighet	Fukt kan ej torka ut utåt.
Ytbehandlingen på insidan har för låg ånggenomsläpplighet	Fukt kan ej torka ut inåt.
Ytbehandlingen på insidan har för hög ånggenomsläpplighet	Fukt tillförs virket inifrån.

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER
För tunn grundning	Dåligt regnskydd under transporten. Kittet försprödas.
Ytbehandlingen ej tillräckligt elastisk	Spricker då träet rör sig.

#### A.4 ÖVRIGT

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER
Fönsterblecket förvekt eller olämpligt anslutet till karmen	Vatten tränger in i spåret för fönsterblecket.
Fönsterblecket ansluter olämpligt mot smygens utsidor	Vatten kan tränga in bakom blecket.

## B. EGENSKAPER HOS FOGEN MELLAN KARM OCH VÄGG

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER
Drevningsmaterialet har olämpliga fuktegenskaper (hygroskopiskt, kapillärsugning, ånggenomsläplighet)	Fukt tillförs karmen via drevningen genom diffusion eller kapillärsugning.
Ångspärr mellan karm och vägg (ev kvarstående emballage)	Karmen kan ej torka ut mot väggen.
Ingen ångspärr mellan karm och vägg	Fukt tillförs karmen från väggen.
Utvändig fogmassa har dålig beständighet	Fogen spricker, vatten kan tränga in.
Utvändig fogtätning har för låg ånggenomsläplighet	Fukt kan inte torka ut utåt.
Invändig fogtätning har för låg ånggenomsläplighet	Fukt kan inte torka ut inåt.
Invändig fogtätning har för hög ånggenomsläplighet	Fukt tillförs fogen inifrån.
Fogen är ej lufttät	Nerkylning av fog, vägg och karm vid luftflöde utifrån och in vintertid. Fuktkonvektion vid luftflöde inifrån och ut.
Utvändig fogtätning ej regntät	Vatten kan tränga in i fogen.
Fogen ej ventilerad med uteluft	Fukt kan inte torka ut utåt.



## C. EGENSKAPER HOS YTTERVÄGGEN

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER
Sammansättningen av väggens skikt och ytbehandling olämplig m h t uttorkning av byggfukt och kondens	Hög fukthalt i ytterväggen.
Väggmaterialet innehåller mycket byggfukt	Hög fukthalt i ytterväggen då fönstret sätts in.
Dålig beständighet hos fogmassa i ytterväggens fogar	Sprickor i fogarna där vatten kan tränga in.
Felaktigt utformade fogar mellan ytterväggs-element	Sprickor i fogarna där vatten kan tränga in.
Sprickor i fasadmaterialet	Vatten kan tränga in.
Fasadmaterialet kapillärsugande	Regnvatten absorberas, kan sedan transporteras vidare till karmen.
Fasadmaterialet ej kapillärsugande	Stora ytströmmar bildas som träffar både och karm.
Fönstret placeras långt ut i ytterväggen	Mängden slagregn som kan träffa fönstret ökar eventuellt. Fönstret ligger kallt.
Inget droppbleck över fönstret	Mängden slagregn som kan träffa fönstret ökar.
Fönstersmygen på insidan är djup	Varm luft från radiatorer får svårt att passera förbi fönstret. Fönstret ligger kallt.
Fönsterbänkens anslutning till väggen olämplig	Varm luft får svårt att passera förbi fönstret.

## D. EGENSKAPER HOS BYGGNADEN

FAKTOR	TÄNKBARA KONSEKVENSER
Mycket hög byggnad	Stor vindlast och stora slagregnmängder på fasad och fönster. Termisk drivkraft kan ge övertryck på de övre våningarna.
Taksprång saknas	Slagregnmängden på de högst sittande fönstren ökar.
Täckning av väggkrön felaktig	Vatten läcker in i väggen och transporteras till fönstret.
Olämplig areodynamisk utformning av byggnaden	Stora tryckskillnader över byggnadsdelarna, möjligheter till vatteninträngning p g a vind.
Olämpligt utformat ventilationssystem	Ger övertryck inne och/eller låg luftomsättning. Ytkondens, hög luftfuktighet, fuktkonvektion m m.
Olämpligt utformat uppvärmningssystem (inga eller för små radiatorer)	Ingen varmluft förbi fönstret, ökad risk för ytkondens.



### 3. RISKBESTÄMNING

#### 3.1 Allmänt

I detta kapitel skall samband mellan olika risker och möjliga konsekvenser bestämmas. I KAP 2 har olika former av risker behandlats. För att få en bild av var och när olika risker kan uppträda bryts fönsterkonstruktionen ner på komponentnivå. För varje nivå anges vilka fel som kan uppstå. Konsekvensen av ett fel på en viss nivå kan sedan analyseras med en felträdsanalys. Eftersom ett fel knappast kan innebära en risk om inte någon påverkan uppträder måste händelser som innebär påverkan och inverkan av fel i konstruktionen behandlas med en kombinerad händelse- och felträdsanalys. Några exempel på en sådan analys för olika former av påverkan kommer att ges i detta kapitel.

Den metodik som används är generell men vissa typer av fel som anges är naturligtvis inte tillämpliga för alla fönsterkonstruktioner. Den typ av fönster som närmast avses här är ett öppningsbart träfönster med kopplade bågar. Variationerna i utförande kan likväl vara stora då det gäller exempelvis profilutformning, impregnering, plåtkompletteringar, målningssystem m m.

Vid en generell riskanalys för fönster bör inverkan av ytterväggskonstruktion och byggnadens utformning också beaktas. Eftersom det skulle föra alldeles för långt att göra detta i en analys på komponentnivå antyds i fortsättningen bara hur påverkan från byggnaden kan komma in.

#### 3.2 Fel i fönstret - analys på komponentnivå

I FIG 3.1 visas vilka olika moment som kan ingå i tillverkningen och användningen av ett fönster. Följden mellan olika moment kan variera och moment som kan komma in på olika ställen i kedjan eller som kan uteslutas helt ur kedjan markeras med boxar med streckade begränsningslinjer. Momenten användning och underhåll upprepas i en cykel tills fönstret byts ut eller byggnaden rivs.

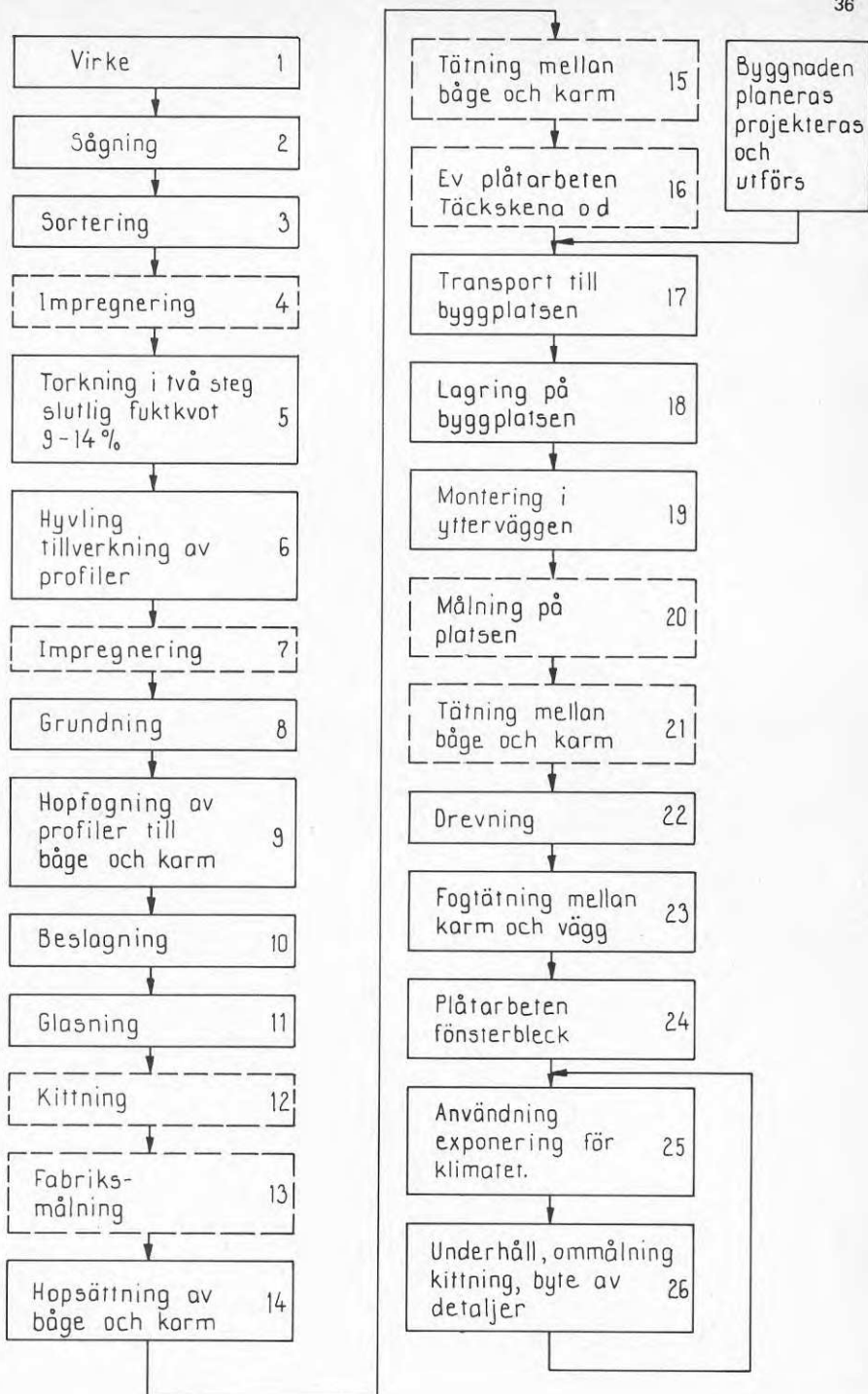


FIG 3.1. Översikt över moment i tillverkningen och användningen av ett fönster.

I det följande redovisas en sammanställning av vilka fel som kan komma in på de olika nivåerna i FIG 3.1. De flesta av dessa fel, nämligen de som finns angivna i sammanställningen över inre egenskapers inverkan i KAP 2.3, har angivits tidigare. Här tillkommer emellertid en del faktorer som är beroende av hantering och användning av fönstren. Påverkan under användningstiden har inte tagits med här.

<u>NIVA</u>	<u>TYP AV FEL</u>	<u>KONSEKVENSER</u>
<u>1. VIRKE</u>	Träden fälls vid fel års-tid.	Rötrisk.
	Snabbvuxet och poröst trä.	Mycket hygroskopiskt, stor kapillärsugning.
	Olämplig lagring.	Rötrisken ökar.
<u>2. SÄGNING</u>	Olämplig sågning m h t träets rörelser.	Profilerna slår sig.
	För små dimensioner på sågat virke.	Profilerna måste skarvas.
<u>3. SORTERING</u>	Virke med liten kärnvedsandel väljs.	Dåligt naturligt röt-skydd, stor kapillär-sugning.
	Virke med mycket kvistar väljs.	Kvistlagningar.
	Sågat virke med för små dimensioner i förh till profildimensionerna väljs.	Profilerna måste skarvas.
<u>4. IMPREGNE- RING</u>	Ofullständig impregnering.	Dålig effektivitet hos rötskyddet.

<u>NIVA</u>	<u>TYP AV FEL</u>	<u>KONSEKVENSER</u>
<u>5. TORKNING</u>	För snabb torkning.	Sprickor i träet.
	Otillräcklig torkning.	För hög fuktkvot.
	För kraftig torkning.	Träet krymper för mycket, sväller i naturligt klimat
<u>6. HYVLING, TILLVERK- NING AV PROFILER</u>	För klena dimensioner hos profiler.	Dålig bärförmåga, deformerar lätt, liten volym för inträngt vatten att fördelas på.
	Skarvning av profilerna med skarvar mot utsidan.	Svaghetszoner där springor kan uppstå.
	Limning med icke vattenfast lim mot utsidan.	Limfogarna släpper då de utsätts för fukt.
	Impregnerat ytskikt hyvlas bort.	Dålig effektivitet hos rötskyddet.
	Karmbottenstycket har ej tillräckligt fall utåt.	Vatten som tränger in mellan karm och båge kan ej rinna ut.
	Profilerna utformas med skarpa hörn.	Målningsovänligt.
	Drivvattenrännor utförs felaktigt.	Vatten blir stående i rännan.
	Limmade droppnäsor på utsidan av karmbottenstycket.	Mycket utsatt limfog.
<u>7. IMPREGNERING</u>	Ofullständig impregnering.	Dålig effektivitet hos rötskyddet.
<u>8. GRUNDNING</u>	För snabb doppning och/eller för tunn grundningsvätska.	Dåligt regnskydd under transporten. Fönsterkitt kan försprödas.

NIVA	TYP AV FEL	KONSEKVENSER
<u>9. HOPFOGNING</u> <u>AV PROFI-</u> <u>LER TILL</u> <u>BÅGE OCH</u> <u>KARM</u>	Oskyddat ändträ i hörnsammanfogningar.	Vatten sugts lätt upp i träet.
	Hörnsammanfogningar ej tillräckligt fasta.	Springor bildas vid träets rörelser, vatten löser upp lim m m.
	Sidostycken och mittposter ställs utvändigt på karmbottenstycket med små springor mellan bottenstycke och sidestycke.	Kapillärsugning av regnvatten upp i sidostycke eller post.
	Olämplig sammanfogning m h t fiberriktning och träets rörelser.	Båge och/eller karm slår sig.
	Kvistlagningar placeras på utsatta ställen i fönstret (bottenstycken, långt ner på sidostycken och poster).	Svaghetszoner där springor kan uppstå.
<u>10. BESLAGNING</u>	Fall mot hörnen på karm- eller bågbottnestycket.	Vatten rinner mot hörnsammanfogningarna.
	För klena hängningsbeslag.	Bågen hänger ner på karmen.
	Skruvdimensionen inte avpassad till träkvaliteten.	-"-            -"-
	För stor förborring för skruvarna.	-"-            -"-
	För djup islagning av skruvarna före iskruvning.	-"-            -"-
För klena dimensioner hos hopfogningsbeslag för fasta delar.	Deformationer.	



NIVA	TYP AV FEL	KONSEKVENSER
<u>11. GLASNING</u>	Enbart glasningsskena på utsidan.	Skadas lätt, deformeras, vatten kan rinna ner i bågen.
	Glasningsskenan har fall mot hörnen.	Vatten rinner mot hörnsammanfogningarna.
	Dålig stabilisering av glaset.	Svårt att applicera kittet.
	För snål tillskärning av glaset.	Förskjutningar, kittet spricker.
	Felaktig klossning av glaset.	-"-        -"-
	Glasningsskenans anslutning till bågens insida olämpligt utformad.	Ytkondens kan rinna ner i bågträet.
	Glasningsskenan ansluter olämpligt till bågsido-styckena.	Regnvatten rinner via skenan in i fogen.
Metalltäcklist köldbrygga i bågen (gäller isolerglas).	Konstruktionen kyls ner.	
<u>12. KITTING</u>	Kittets egenskaper olämpliga (ej tillräckligt plastiskt, tixotropt).	Kittingen spricker, vatten kan tränga in i bågen.
<u>13. FABRIKS- MÅLNING</u>	Färg med för högt ånggenomgångsmotstånd på utsida och ev insida.	Dålig uttorkning av inkommen fukt.
	Färg som lätt släpper igenom vatten på utsidan.	Dåligt regnskydd.
	Färg med dåliga åldrings-egenskaper på utsidan.	Med tiden dåligt regnskydd.

NIVÅ	TYP AV FEL	KONSEKVENSER
	Kittet målas ej.	Snabbare åldring av kittet.
	Färg med dålig elasticitet på utsidan.	Spricker då träet rör sig.
	Målning med för tunna skikt.	Dåligt regnskydd.
14. <u>HOPSATT- NING AV BÅ- GE OCH KARM</u>	För små springor mellan båge och karm.	Kapillärsugning i springorna. Deformationer kan ej tas upp.
15. <u>TÄTNING MELLAN BÅ- GE OCH KARM</u>	Felaktigt monterad list.	Regninträngning, fuktig luft inifrån kan kondensera mellan glasen.
	Dålig beständighet, elasticitet eller täthet, hos tätningslistmaterialet.	-"-        -"-
16. <u>EV PLAT- ARBETEN</u>	Täckskenanans anslutning till karmsidostycket olämplig.	Vatten rinner in.
	Täckskenan går helt upp mot sidostyckenas och/eller posternas undersida.	Springor där vatten kan sugas in kapillärt.
17. <u>TRANSPORT TILL BYGG- PLATSEN</u>	Fönstren skadas mekaniskt under transporten.	Deformationer i karm och/eller båge.
	Fönstren utsätts för regnvatten under transporten.	Fukthalten ökar.
18. <u>LAGRING PÅ BYGG- PLATSEN</u>	Fönstren utsätts för regn.	Fukthalten ökar.
	Fönstren lagras länge i hög relativ luftfuktighet.	Fukthalten ökar.

NIVA	TYP AV FEL	KONSEKVENSER
<u>19. MONTERING AV YTTERVÄGGEN</u>	Ovarsam montering, karmarna förskjuts.	Springor.
	Karmarna kilas för hårt.	"-"
	Emballage tas inte bort på den sida som vetter mot väggen.	Uttorkning kan ej ske mot väggen eller genom fogen.
	Fönsterhålet utsatt för regn före fönstrets mon- tering.	Fukt som belastar karmarna.
<u>20. MÅLNING PÅ PLATSEN</u>	Målning vid för hög fukt- halt i träet.	Fukt stängs inne, färgen fäster dåligt.
	Övr fel se 13.	
<u>21. TÄTNING MELLAN BÄGE OCH KARM</u>	se 15.	
<u>22. DREVNING</u>	Drevningsmaterial med o- lämpliga fukttekniska egenskaper.	Fukt tas upp av drev- ningsmaterialet och på- verkar karmen.
<u>23. FOGTÄTNING MELLAN KARM OCH VÄGG</u>	Utvändig fogmassa med oläm- liga åldringsegenskaper.	Dålig regn- och luft- tätning.
	Fogen på insidan ej till- räckligt ångtät.	I mycket fuktiga utrym- men tillskott av fukt från inneluften.
	Fogen ej lufttät.	Fuktkonvektion, luftström- mar för med sig regn- vatten utifrån.
	Utvändig fogtätning för ång- tät.	Försämrar något uttork- ningsmöjligheterna av fukt som tillförts fogen.

NIVÅ	TYP AV FEL	KONSEKVENSER
<u>24. PLÅTARBETEN, FÖNSTERBLECK</u>	Droppbleck ovan fönster saknas.	Regnbelastning på fönstret.
	Fönsterbleckets anslutning mot karmunderstycket olämpligt utformat.	Vatten tränger in under blecket.
	Fönsterbleckets anslutning mot väggen olämpligt utformat.	-"-            -"-
	Fönsterblecket för vekt eller för glest spikat.	Fönsterblecket "fladdrar" och arbetar upp spåret.
	Fönsterblecket fästs ej i spåret i karmen utan under fönstret.	Fukt kan komma in i spåret.
<u>25. ANVÄNDNING</u>	Tvättning med olämpliga tvättmedel.	Bryter ner färgskikt.
	För flödig tvättning, vatten torkas inte av.	Vatten rinner ner i springor och ev genom färgskikt.
	Fönstret utsätts för våld.	Deformationer.
	Fönstret öppet i regnväder.	Vatten på normalt skyddade ytor, mellan båge och karm.
	Tjocka gardiner fördragna på insidan, ev ner bakom radiatorer.	Risk för ytkondens på glaset.
	Placering av många och fuktkrävande växter i fönstret.	-"-            -"-

NIVA	TYP AV FEL	KONSEKVENSER
<u>26. UNDERHÅLL</u>		
a) OMMÅLNING	Ommålning sker för sällan m h t ytbehandling och klimat.	Regnskyddet ej tillräckligt.
	Ommålning sker utan rengöring av underlaget.	Färgen fäster ej.
	Ommålning görs med färg vars egenskaper inte passar ihop med äldre, ej borttagen färg.	
	Ommålning görs strax efter regn.	För hög fukthalt i träet, färgen fäster inte.
	Ommålning görs på trä som redan är rötskadat.	Upptäckt av rötskada försenas.
	Tätninglistor målas över.	Vissa tätningsmaterial förlorar elasticiteten.
	Övriga fel, se 13.	
b) OMKITTNING	Omkittning göres ej i tid.	Träet exponerat för regn.
	Underlaget fett och smutsigt. Kittet fäster inte.	
	Övriga fel, se 12.	

### 3.3 Inverkan av byggnadens utformning och läge.

I FIG 3.1 antyds endast att byggnadens utformning påverkar fönstret. Man kan kanske inte tala om direkta "fel" här men olika egenskaper hos byggnaden påverkar klimatbelastningarna på fönstret och det är möjligt att det kan vara "fel" att använda en viss typ av fönster i en viss byggnad.

I KAP 2.3 angavs egenskaper hos ytterväggen och byggnaden som kunde medföra risker för fönstret. Utöver dessa faktorer tillkommer byggnadens läge i landet samt orientering i terrängen och i förhållande till andra byggnader. Dessa faktorer påverkar bl a vind- och regnbelastningens storlek.

### 3.4 Kvalitativ diskussion av orsaker till fönsterskador.

En rötskada i ett fönster beror alltid på att virket har hög fukthalt. Fuktkällorna kan därför ses som de primära orsakerna till rötskador. För fönster kan man särskilja följande fuktkällor, vilket också framgått av sammanställningen i KAP 2.2:

- o Slagregn direkt mot fönstret
- o Slagregn som tränger in i väggen genom läckage och transporteras till fönstret
- o Byggfukt i omgivande vägg
- o Byggfukt i fönstret (inberäknat vatten som tillförts under transport och lagring)
- o Slagregn som absorberats av väggen
- o Luftfukt
- o Vatten som tillförs genom tvättning
- o Läckage från rörledningar i ytterväggen
- o Snö som träffar fönstret och blir liggande t ex på karmbottenstycket

En lämplig strategi för riskbestämning är att utgå från en eller flera av ovannämnda fuktkällor och analysera vilka faktorer som leder till konsekvensen rötskada. I KAP 3.5 görs detta.

Rötskador uppträder i mycket skilda typer av byggnader, fönsterkonstruktioner och lägen. Det är vanskligt att generalisera alltför mycket om orsaker till rötskador eftersom dessa uppträder under så skilda förhållanden. Inventeringar av fönsterskador i flerbostadsområden har gjorts t ex av Billgren & Grönlund (1977), Billgren (1978) och Andersson & Gaffner (1980). Gemensamma drag för rötskadade fönster är att det nästan alltid är de nedre delarna av karmar och bågar som är skadade, d v s bottenstycken och nedre delarna av sidostycken och poster. Hörnförbindningar mellan de olika delarna är ofta angripna av röta. Fönster som sitter indragna innanför balkonger är praktiskt taget aldrig rötskadade. I vissa områden ökar antalet fönsterskador med höjden över marken. Det finns byggnader där fönster mot samtliga väderstreck är ungefär lika mycket skadade. I flera i litteraturen redovisade inventeringar överväger dock ofta väderstrecken söder, väster och ibland öster.

En mycket stor del av fönsterskadorna kan direkt kopplas till inträngning av slagregn i virket. Rötskador p g a fönstertvättning torde vara mycket sällsynta och diskuteras därför inte vidare. Byggfukten som ensam skadeorsak motsäges av det faktum att endast nedre delarna av fönstren är skadade och av att indragna fönster inte är skadade. Det hävdas ibland att fönster i betongelementväggar är mera skadade än fönster i andra typer av ytterväggar. Något statistiskt belägg för detta är inte känt. Om byggfukten i betongen är den dominerande skadeorsaken borde norrfasader ha minst lika många skadade fönster som fasader åt andra väderstreck eftersom byggfukten på grund av den mindre strålningen tor- kar ut långsammast i väggar som vetter mot norr. Om så är fal- let är inte känt. Det kan emellertid finnas andra faktorer som gör att fönster i betongväggar är mycket utsatta för skador. Betongen kan absorbera slagregn som kan transporteras till karmsidorna speciellt lätt kanske vid direktingjutna fönster. Om fogmassan på utsidan av fogen mellan både och karm spricker kan vatten tränga in under karmen.

Läckage genom fogar och genomslag genom fasadmaterialet anges av Bjerking(1979) som en möjlig skadeorsak. Detta borde emel- lertid i första hand visa sig som skador i fönstrets övre delar.

Kondensation i virket på grund av diffusion av fuktig luft in- ifrån kan vid normala inomhusklimat endast tillföra mycket små fuktmängder. Undantag kan vara mycket dåligt ventilerade utrym- men och utrymmen med stor fuktproduktion. Det finns dock, ve- terligt, ingen undersökning där man studerat fuktproduktionens inverkan på rötskador i karmar. Faktorer som påverkar storle- ken av diffusion inifrån har troligen ganska liten betydelse för uppkomsten av rötskador i karmträ. Detta sägs med reserva- tion för fuktillskottet inomhus eftersom detta mycket kraf- tigt kan påverka storleken av diffusionen. Den förekommande skadebilden motsäger också att orsaken skulle vara diffusion.

Ett annat problem som beror av luftfuktigheten inomhus är yt- kondensation på fönstren. Detta förekommer troligen ganska ofta, men det är osäkert i hur hög grad ytkondensation orsa- kar rötskador. Ytkondensation förekommer, på grund av tempe-



raturförhållandena vid ett fönster, i allmänhet mest på fönstrets nedre delar, speciellt i hörnen. Vattnet kan påverka nedre delen och hörnen av bågarna och rinna in i springor mellan exempelvis glasningslist och båge. Problemet kan uppträda både på insidan av fönstret och mellan glaset om inneluften kan ta sig in här.

Fuktkonvektion anges också ibland som en möjlig skadeorsak. Om luftströmning från inneluften sker genom fogar mellan karm och vägg kan detta medföra kondensation. Att indragna fönster inte är skadade kan förklaras med att fogarna inte är utsatta och därför bibehåller sin lufttätthet i motsats till fogar mellan fasadelement som är mera exponerade för klimatet. Det är emellertid mycket svårt att förklara varför nedre delarna av fönstren huvudsakligen blir skadade. Som en förklaring till det höjdberoende som ibland finns hos skadorna anges att det är den termiska drivkraften som inverkar med övertryck i byggnadens övre delar. Inget belägg finns för detta påstående och fördelningen av skadorna i själva fönstret motsäger att så skulle vara fallet. Därmed inte sagt att fuktkonvektion inte kan vara en skadeorsak i vissa fall om byggnadens ventilationssystem ger övertryck inomhus.

Absorption av slagregn i fasadmaterialet och därefter transport till fönsterkarmen är en skadeorsak som också borde ge skador i övre delarna av fönstret, kanske till och med mera än i de nedre delarna. Det är därför inte speciellt troligt att detta kan vara en dominerande skadeorsak.

För byggfukt i själva fönstret gäller också att detta borde visa sig som skador i hela karmen och/eller bågen. Det kan finnas andra orsaker till att de nedre delarna av ett fönster är mera skadade än de övre. Temperaturen i de övre delarna kan vara högre eftersom kallrasen vid fönstret medför lägst temperatur längst ner. Detta skulle kunna öka uttorkningshastigheten. Å andra sidan inverkar radiatorer, liksom solstrålning, mest på de nedre delarna. Det är också svårt att uttala sig generellt om temperaturens inverkan, eftersom den påverkar risken för tillväxt av röta.

Snö som blir liggande på karm- och/eller bågbottnestycket kan medföra att smältvatten tränger in i fönsterkonstruktionen. Detta kan med hänsyn till skadebilden inte uteslutas som skadeorsak. På risken för skador inverkar flera av de faktorer som inverkar på risken för skador av slagregn. Egenskaper som vattentäthet hos själva färgskiktet kan här kanske ha större betydelse än i slagregnsfallet eftersom vattnet under längre tid kan påverka de målade ytorna.

Av ovanstående framgår att det i de flesta fall bör vara fukt utifrån som leder till rötskador. Andra fuktkällor kan påverka risken genom att deras inverkan adderas till inverkan av utifrån kommande fukt. Ytkondensation kan vara en möjlig skadeorsak för bågar. Ytkondensation på insidan av fönster kan emellertid i viss mån påverkas av uppförandet hos de boende och allvarliga konsekvenser av ytkondensation kan lättare förhindras genom enkla åtgärder.

### 3.5 Orsakssamband mellan påverkan, fel och konsekvenser.

I det följande visas exempel på orsakssamband mellan några intressanta typer av påverkningar och egenskaper i konstruktionen som kan leda fram till konsekvensen rötskador i virket. Här har valts att analysera fyra olika situationer. Dessa är:

- 1) Slagregn mot fönstret
- 2) Ytkondensation på fönsterglasen
- 3) Byggfukt i väggen
- 4) Slagregn mot väggen

För varje situation analyseras i kombinerade händelse- felträd vilka påverkningar som orsakar situationen och hur påverkningar och fel tillsammans kan medföra en skada. I flera situationer finns det många av de tidigare angivna felen som kan ge samma resultat. Det blir ofta alltför överskådligt att i händelsefelträdet ange alla de möjliga inverkande felen varför dessa kommenteras separat.

Det är i fortsättningen underförstått att en viss kombination av påverkningar kanske måste uppträda ett stort antal gånger för att en skada skall uppstå. Skadans omfattning varierar

naturligtvis med hur frekventa och kraftiga de påverkningar är som kan orsaka skadan. Vidare bör det rimligtvis vara så att ju flera fel som finns i samma fönsterkonstruktion, desto större kan skadans omfattning bli.

Av de situationer som skall analyseras har de två första valts för att de med stor sannolikhet kan orsaka rötskador. Detta är mera osäkert för de två sista situationerna, men de har ansetts intressanta att analysera av rent principiella skäl.

Kombinationer av olika situationer som kan leda till skador kan naturligtvis uppträda. Ingen av de i detta avsnitt analyserade situationerna utesluter någon annan. Vidare kan flera faktorer som inte kommer in i de analyserade förloppen påverka hur snabbt en skada uppträder. Exempel på en sådan faktor kan vara det fuktinnehåll som virket har vid inbyggnad.

## 3.5.1 Slagregn mot fönstret

I FIG 3.2 visas en händelse- felträdsanalys för detta fall.

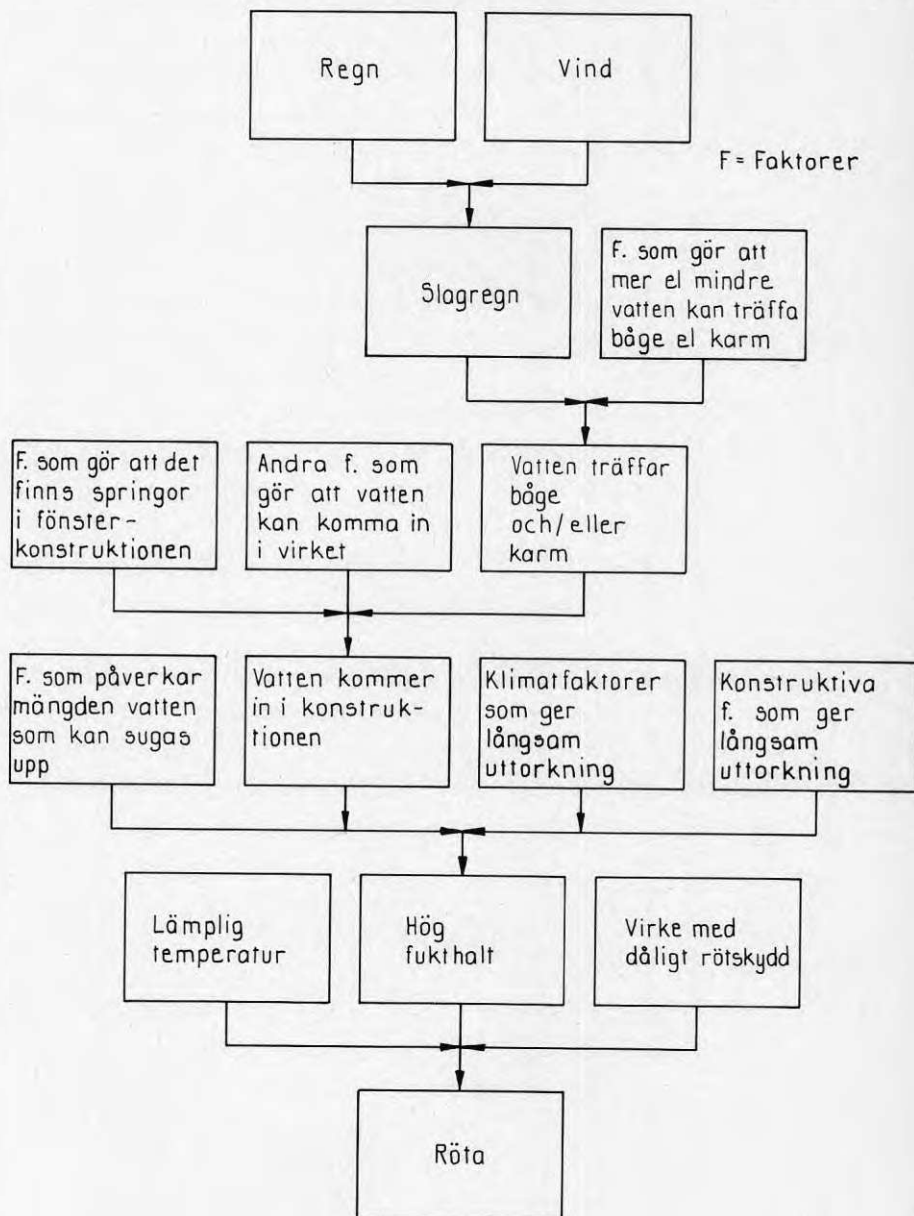


FIG 3.2 Översiktlig analys av händelser och fel vid slagregns-  
påverkan på fönster.

De primära påverkningarna är i det här fallet regn och vind som tillsammans medför större eller mindre slagregnmängder. Faktorer som påverkar den mängd vatten som kan träffa delar av fönstret är dels den aerodynamiska utformningen av byggnaden och detaljer på denna, dels hur fönstrets delar är skyddade genom indragning i fasaden och droppbleck.

Om vatten träffar båge och/eller karm kan större eller mindre mängder komma in i fönsterkonstruktionen. Av den tidigare sammanställningen av risker har framgått att många olika fel på flera nivåer kan leda till att det finns springor i fönsterkonstruktionen. Andra faktorer som gör att vatten kan komma in i virket är främst att färgskiktet av olika anledningar släpper igenom vatten.

Den mängd vatten som kommer in i konstruktionen bestämmer tillsammans med faktorer som påverkar hur vatten sugts upp och faktorer som påverkar uttorkningshastigheten hur hög fukthalten i virket blir.

Faktorer som påverkar hur vatten sugts upp kan t ex vara virkeskvalitet och eventuell förekomst av oskyddat ändträ där vatten kommit in. Faktorer som medför långsam uttorkning har här delats in i två grupper, klimatfaktorer och konstruktiva faktorer. Till de förra hör hög luftfuktighet inne och ute, låg temperatur inne och ute, liten instrålning från sol och himmel och stor långvägig utstrålning nattetid.

Konstruktiva faktorer som påverkar uttorkningshastigheten kan vara utformningen av fönstersmyg och värmare samt hur fönstret är placerat i väggen i förhållande till värmeisolerande skikt. Vidare inverkar ånggenomsläpplighet hos fönstrets ytbehandling, drevningsmaterial, fogtätning och väggkonstruktion. Erfarenheter tyder på att ytbehandlingen här har störst betydelse. Mätningar av drevningens inverkan har nyligen redovisats av Elmroth och Fällby (1981). Fönster med hög begynnelsefukthalt torkar något långsammare då drevningsmaterialet är polyuretanskum än då det är mineralull.

Dimensionen på båge eller karm kommer också att påverka fukthalten. Detta är inte angivet som en speciell faktor här eftersom mängden uppsuget vatten också påverkas av dimensionen och inverkan hänförs hit.

Upprening av påverkningarna kan leda till accelererade konsekvenser genom att springor arbetas upp och fukthalten successivt ökar om uttorkningsperioderna är för korta för att uttorkning skall kunna ske efter varje regn.

Slutligen kan kombinationen av hög fukthalt, lämplig temperatur och dåligt rötskydd, antingen genom låg kärnvedsandel eller genom att impregnering saknas, leda till att röta i virket uppstår.

### 3.5.2 Ytkondensation på fönsterglasen

I FIG 3.3 visas en händelse- felträdsanalys för rötskada orsakad av ytkondensation på insidan eller mellan glasen i ett fönster. De primära påverkningarna kommer både från uteklimatet - låg temperatur och hög luftfuktighet - och från inneklimatet - hög fuktproduktion, låg luftomsättning och i viss mån även låg innetemperatur.

Konstruktiva faktorer som inverkar på fönstertemperaturen beror dels på själva fönstret t ex antal glas, utformningen av täckskenor o dyl, dels på ytterväggskonstruktionen, fönstrets placering i denna och möjligheterna för varm luft att cirkulera förbi fönstret.

Användningen av fönstret kan också påverka fönstertemperaturen genom att gardiner dras för och exempelvis växter står i fönstret.

Om glastemperaturen underskrider inneluftens daggpunkt blir det kondens på glasen. Om inneluften p g a dålig tätning kan komma in mellan glasen är kondensrisken större här än på innersta glaset eftersom temperaturen är lägre.

Vatten kan rinna ner på bågen och komma in i virket i springor, vid glasningslistens anslutning och eventuellt genom färgskiktet.

Förekomsten av oskyddat ändträ i hörnsammanfogningar kan göra att vatten sugas in här. De klimatfaktorer som påverkar uttorkningshastigheten är i huvudsak desamma som medförde kondens. Konstruktiva faktorer som hindrar uttorkningen är i första hand ånggenomsläpplighet hos virkets ytbehandling, drevningen, fogtätningen och ytterväggskonstruktionen. Vidare inverkar naturligtvis faktorer som ger låg fönstertemperatur.

Tillförd mängd vatten och uttorkningsmöjligheterna samt i viss mån även dimensionerna ger en viss fukthalt i virket. Hög fukthalt, lämplig temperatur och dåligt rötskyddat virke kan ge konsekvensen röta.

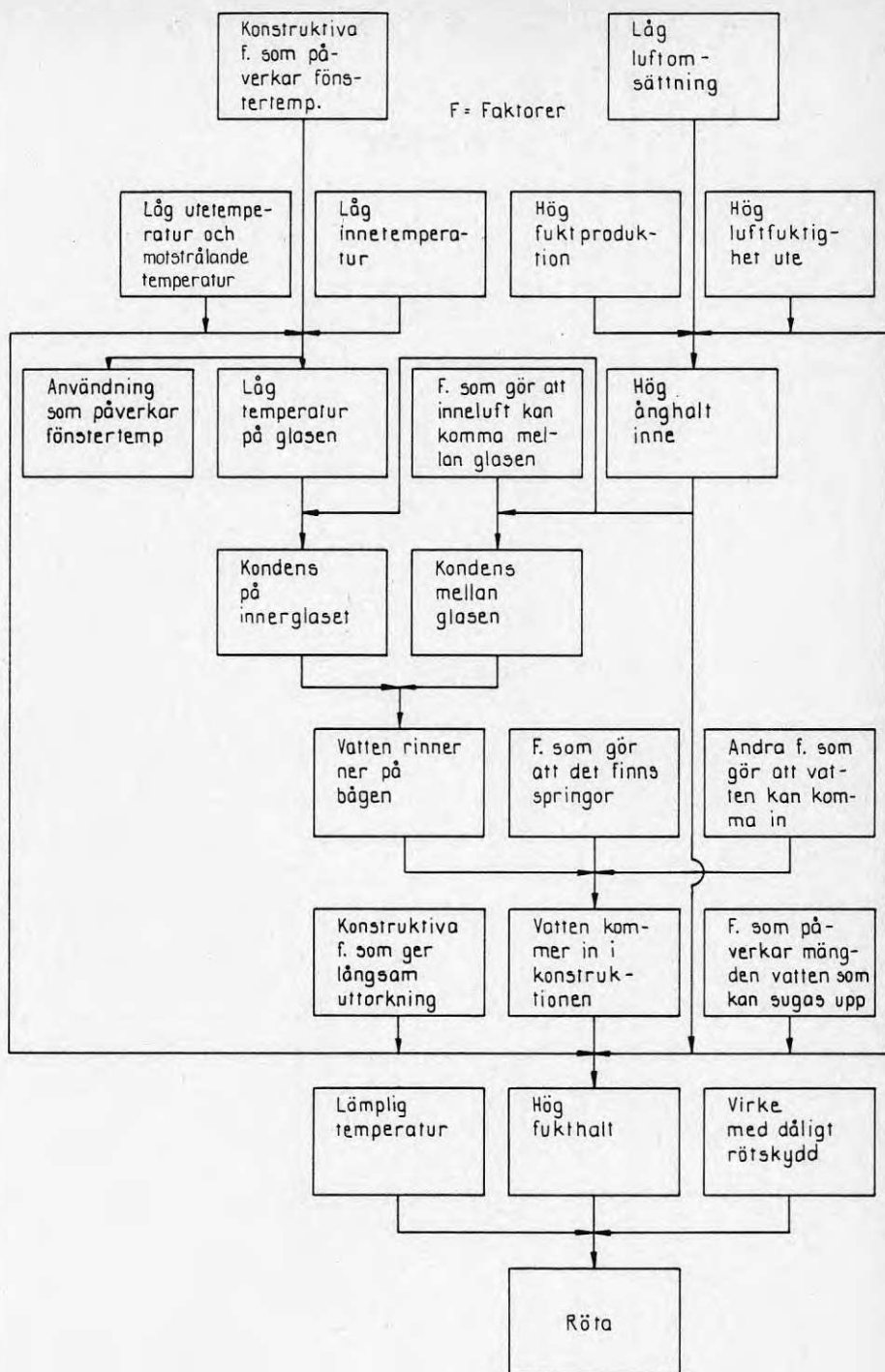


FIG 3.3 Översiktlig analys över händelser och fel vid ytkondensation på fönster.



## 3.5.3 Byggfukt i väggen

I FIG 3.4 visas en händelse- felträdsanalys för fallet med byggfukt i väggen som påverkar fönsterkarmen.

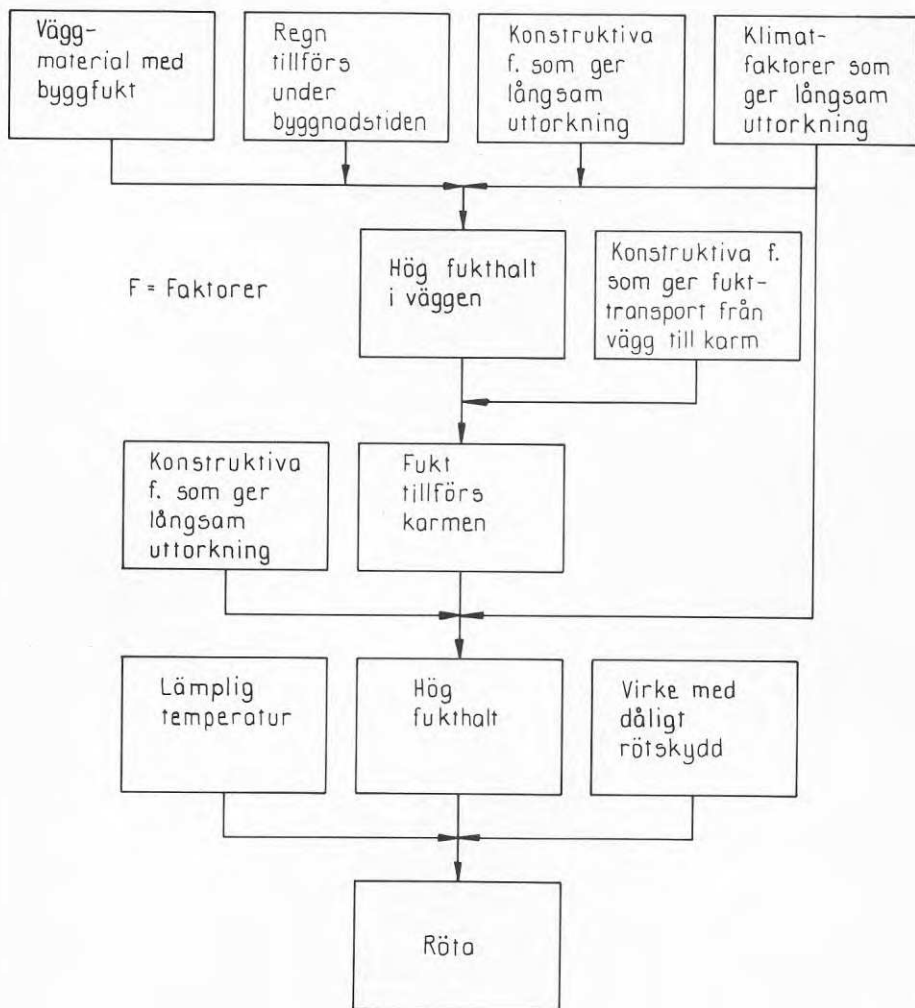


FIG 3.4 Översiktlig analys av inverkan av händelser och fel vid transport av byggfukt från vägg till fönsterkarm.

Väggmaterial med byggfukt är huvudsakligen betong, eventuellt gasbetong. Till byggfukten kan emellertid också räknas fukt som tillförs under byggnadstiden vilket kan påverka även andra byggnadsmaterial. Fukt som tillförs väggkonstruktionen efter byggnadstiden behandlas i KAP 3.5.4.

Konstruktiva faktorer som ger långsam uttorkning har huvudsakligen med sammansättningen av material i väggen att göra. Yt-skikt med låg ånggenomsläpplighet kan kraftigt förlänga uttorkningstiden. Valet av isoleringsmaterial inverkar också. I ett sandwichelement av betong som är isolerat med cellplast är fuktutbytet mellan de två skivorna ganska litet. Den inre skivan måste huvudsakligen torka inåt. Om isoleringsmaterialet är mineralull kan fukt transporteras från den inre skivan till den yttre och eventuellt kondensera här. Detta diskuteras närmare av Andersson & Gaffner (1980). Även faktorer som påverkar temperaturfördelningen i väggen inverkar på uttorkningshastigheten. Några sådana är fördelningen av värmemotstånd i förhållande till de skikt som innehåller fukten, fasadmaterialets förmåga att absorbera strålning, köldbryggor och radiatorer speciellt i närheten av fönstret.

Klimatfaktorer som ger långsam uttorkning har diskuterats i föregående avsnitt. I detta fall inverkar klimatfaktorerna på två nivåer, vid uttorkning av ytterväggen och vid uttorkning av fukt i fönsterkarmen.

Faktorer som ger fukttransport från vägg till karm har i huvudsak med den konstruktiva utformningen av anslutningen mellan vägg och karm att göra. Det måste finnas en drivkraft för fukttransporten. Transporten kan ske i ångfas om väggens ånghalt är högre än karmens. Drivkraften kan öka om det också finns en temperaturskillnad mellan vägg och karm. Transport i vätskefas genom kapillärsugning sker vid mycket höga fukttinnehåll och om karmen är i direkt kontakt med fritt vatten. Det är tveksamt om detta kan ske utan läckage in i fogen. Förmågan att suga kapillärt är låg hos de flesta drevningsmaterial och hos de trätytor som i allmänhet vetter mot väggen. Även vid direktingjutning av fönster är fukttinnehållet i betongen troligen mycket sällan så högt att fukttransporten kan ske i vätskefas.

Möjligheterna för fukttransport i ångfas påverkas, förutom av de faktorer som skapar temperaturskillnad mellan karm och vägg, av ånggenomsläppligheten hos drevningsmaterialet och av förekomsten av ångspärr eller kvarstannande emballage kring karmen. Dessa faktorer påverkar också, i ett senare skede då ytterväggens byggfukt torkat ut, möjligheterna för uttorkning av karmen mot väggen.

Mängden fukt som tillförs karmen bestämmer, tillsammans med faktorer som påverkar uttorkningshastigheten, vilken fukthalt virket får.

I de inventeringar och skadeutredningar som finns redovisade i litteraturen finns, som tidigare nämnts, ingenting som pekar på att detta skadeförlopp skulle ha speciellt stor betydelse.

#### 3.5.4 Slagregn mot ytterväggen

I FIG 3.5 visas ett händelse- felträd för fallet att slagregn träffar fasaden. Primära påverkningar är regn och vind som gör att slagregn kan träffa fasaden. Händelseförloppet kan sedan delas upp i två delar beroende på om fasadmaterialet kan absorbera slagregn eller inte. Det senare kan vara fallet om fasadmaterialet efter att ha sugit upp en viss mängd vatten inte absorberar mera, eller om fasadmaterialet överhuvudtaget inte absorberar vatten som t ex plåt.

Om fasadmaterialet absorberar vatten kommer väggens fukthalt att öka och det fortsatta händelseförloppet blir i princip som vid byggfukt i väggen, FIG 3.4.

Då fasadmaterialet inte absorberar vatten kommer vattenströmmar att rinna på väggen och man kan dela upp händelseförloppet i ytterligare två fall.

Det ena fallet är att det finns otätheter i fasaden, antingen genom att fogarna mellan exempelvis väggelement eller mellan vägg och karm inte är regntäta, eller genom sprickor i själva fasadmaterialet t ex i ett fasadtegelskal.

Faktorer som kan medföra otätheter i fogar har diskuterats i tidigare avsnitt.

Om vatten tränger in i fogarna rinner det ner mot fönstren eller påverkar drevningen direkt. Egenskaperna hos drevningsmaterialet, förekomsten av eventuell plastfolie runt karmen och utformningen av anslutningen mellan vägg och fönster påverkar om vatten kan träffa karmen. Om vatten träffar karmen kommer, liksom i föregående fall, konstruktiva och klimatfaktorer som påverkar uttorkningen samt faktorer som påverkar hur mycket vatten som kan sugas in i virket att tillsammans bestämma virkets fukthalt.

Vatten som rinner på fasaden kan också påverka fönstret genom att strömmarna direkt kommer mot båge och/eller karm. Mängden vatten som träffar båge och karm påverkas av smygdupet, förekomsten av droppbleck och dylika faktorer. Förloppet sker sedan i huvudsak på liknande sätt som vid slagregn mot fönster, FIG 3.2.

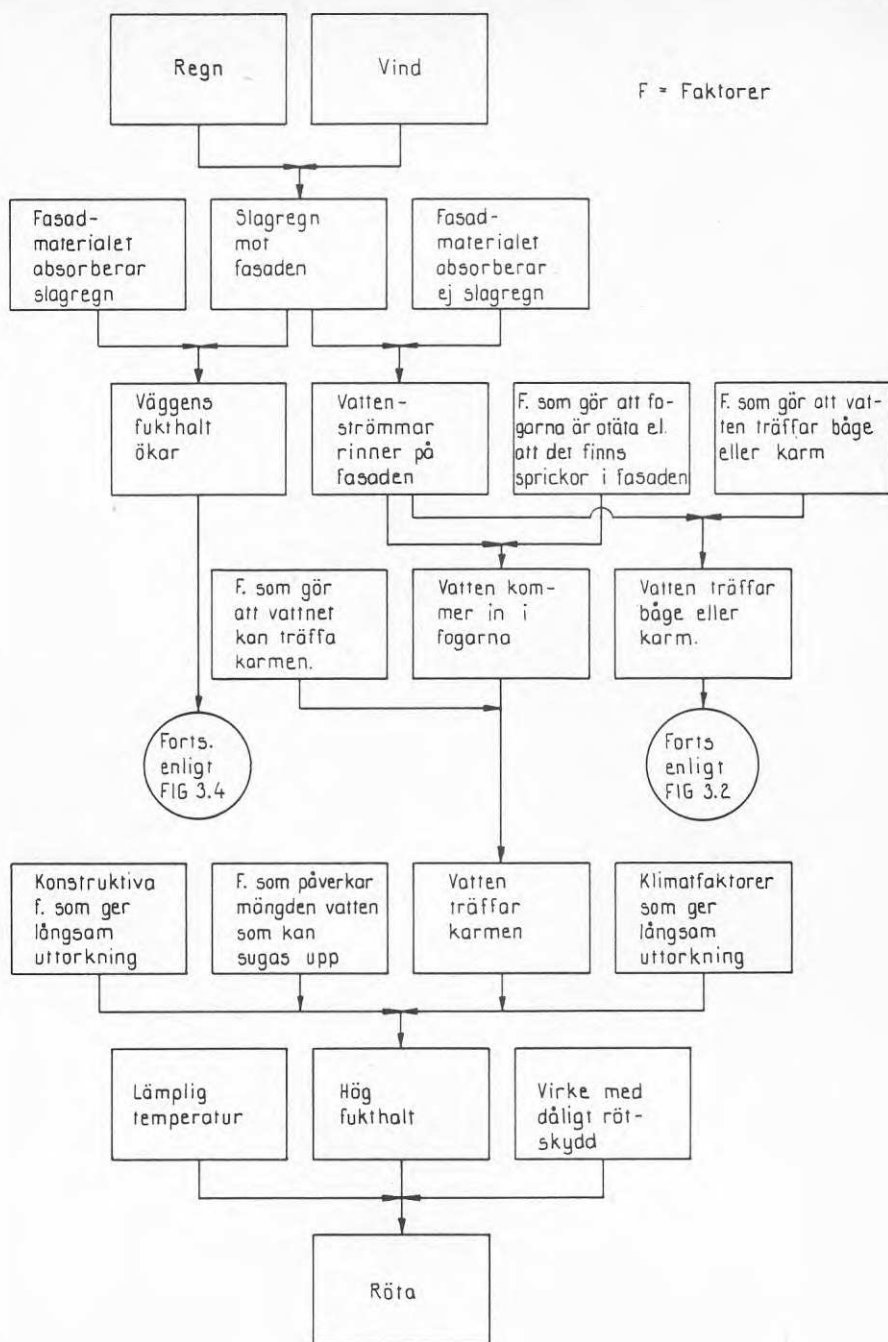


FIG 3.5. Översiktlig analys av inverkan av händelser och fel vid slagregn mot ytterväggen som kan komma att påverka fönstret.

## 4. KVANTITATIV UPPSKATTNING AV RISKER

### 4.1 Allmänt

I föregående kapitel redovisades en kvalitativ analys av risker som var för sig eller tillsammans kan medföra att rötskador uppstår. Av speciellt intresse var fyra situationer som inleds med en händelse som innebär att fukt kan tillföras ett fönster. Dessa fyra situationer tas här som utgångspunkt i ett försök till kvantitativ uppskattning av risker.

Beroende på ett fönsters egenskaper och omgivande delar av en yttervägg som direkt eller indirekt påverkar fönstret tillförs mer eller mindre fukt fönsterkonstruktionen. Den verkliga mängden fukt som absorberas i fönstret är däremot betydligt mindre än tillförd fuktmängd och står i proportion till möjligheten för fukt att tränga in i virket. Dessa två faktorer, mängden fukt som kan finnas tillgänglig och olika egenskaper som innebär att fukt kommer in i fönstret, beaktas här i ett försök att uppskatta risker. Naturligtvis är även andra faktorer inblandade i den process som leder till rötskador. Röttsvampar måste finnas tillgängliga och deras tillväxthastighet är en funktion av bland annat temperaturen och fuktkvoten i virket. Dessa och flera andra faktorer påverkar initiering och tillväxt av röttsvampar men den primära faktorn som alltid påverkar risken för rötskador är om virket i ett fönster har lämplig fukthalt. Det är därför naturligt att i första hand utvärdera risker med avseende på denna faktor.

Principiellt kan förutsättningarna för tillväxt av röttsvampar med avseende på fukttinnehållets inverkan åskådliggöras som i FIG 4.1. Om fuktkvoten i virket överskrider en undre gräns blir tillväxtbetingelserna gynnsamma. Hur gynnsamma avgörs bland annat av vilken nivå som fuktkvoten ligger på (se FIG 4.1). Normalt krävs också att fuktkvoten förblir inom området för tillväxt under en viss tid för att en verklig tillväxt skall hinna

äga rum. Vad som är intressant ur risksynpunkt är hur ofta fuktkvoten i virket befinner sig inom området för tillväxt och hur lång tid varje sådan period varar.

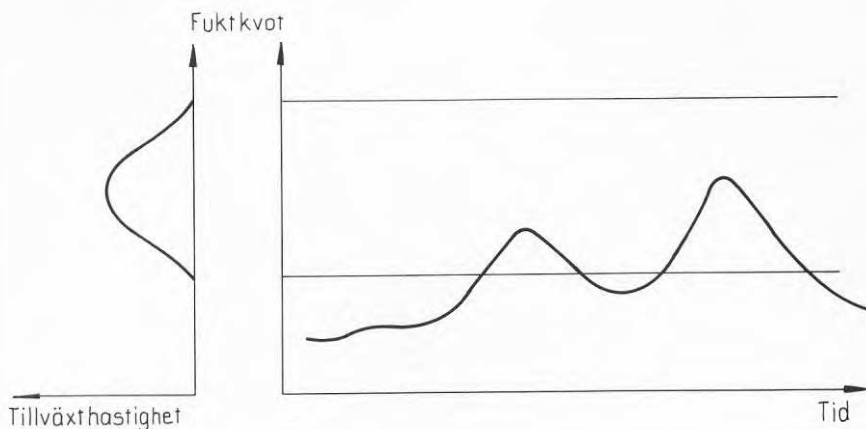


FIG 4.1. Principiell variation av fuktkvoten i tiden. Till vänster tillväxthastigheten som funktion av fuktkvoten.

För att kunna uppskatta risken för rötskador behövs primärt information om:

1. Påverkan av fuktkällor och andra klimatfaktorer.
2. Inverkan av egenskaper hos fönstret som medför att fukt kan tränga in.
3. Kriterier för rötskador.

För att påverkan skall kunna utvärderas i statistiska termer krävs inte bara god information om ursprungliga händelser utan information om vad detta innebär i påverkan. För slagregn räcker det inte att känna till frekvenser för att en viss slagregnmängd skall överskridas utan det är också nödvändigt att kunna översätta meteorologisk händelseinformation till påverkan på ett fönster. Om-

givande terräng och bebyggelse, byggnadens form och fasadens utseende är faktorer som behöver beaktas för att slagregnspåverkan på fönster skall kunna uppskattas.

Inverkan av olika egenskaper hos ett fönster innebär att detaljerad information om ett fönster behövs - inte bara frekvensen av felaktigheter och mindre väl valda lösningar av ett fönsters utformning och placering i fasad utan också vilken inverkan detta har på fönstret. Ofta är också inverkan av ett fönsters egenskaper beroende på hur påverkan sker och utvärdering behöver därför göras för varje form av påverkan.

Slutligen behövs information om rötsvampar och de kriterier som gäller för röta skall uppstå. En lämplig fuktkvot är i sig inte tillräcklig utan även andra villkor skall vara uppfyllda.

Den information som har presenterats i olika undersökningar är i allmänhet inte avpassad för att utvärdera påverkan av händelser eller inverkan av fel i en riskanalys. Detta gör det svårt att bestämma risken för röta när alla faktorer beaktas samtidigt. Ett något förenklat synsätt är att dela upp risken för att en rötskada skall uppstå i tre delrisker:

1. Risken för påverkan av fuktkällor och andra klimatfaktorer.
2. Risken för ett visst klimat (fukthalt och temperatur) i virket vid en viss påverkan.
3. Risken för röta vid ett visst klimat i virket.

Schablonmässigt kan man åskådliggöra risken för rötskada som funktion av dessa tre delrisker med FIG 4.2.





FIG 4.2. Olika delriskers inverkan på risken för rötskador i ett fönster.

De olika delriskerna bestäms av ett stort antal olika faktorer. Detta diskuteras i KAP 4.2 - 4.4.

För att en rötskada skall uppstå måste alla tre delriskerna vara närvarande. Om man kan uppskatta delriskerna kan man också uppskatta risken för rötskador.

I praktiken är det kanske inte enbart uppkomsten av röta i ett fönster som är intressant utan risken för att man skall behöva byta ut hela eller delar av ett fönster under en viss tid. Man kan emellertid teoretiskt komma förbi detta problem genom att fastställa en nivå på rötskadan som måste föranleda utbyte av hela eller delar av fönstret.

Om en av de tre delriskerna helt elimineras kommer risken för rötskador i virket också att elimineras. I praktiken är detta emellertid svårt att åstadkomma.

Det är uppenbart att om en av de tre delriskerna bedöms som mycket stor måste man kräva att de andra är små för att rötskador skall kunna undvikas eller för att fönstrets livslängd inte skall bli alltför kort.

Riskbestämningen i KAP 3 har visat att antalet olika faktorer som kan inverka på risken för rötskador i fönster är mycket stort. Det saknas också kunskap om hur stor betydelse många av de olika faktorerna har.

En uppskattning av vilka risker som har stor betydelse måste alltid utgå från den kunskap som finns idag. En sådan uppskattning blir alltid till viss del subjektiv. Uppfattningen om olika riskers betydelse kan förändras när kunskapen ökar.

I följande avsnitt diskuteras betydelsen av olika faktorer som inverkar på de tre delriskerna. Av praktiska skäl kan de olika faktorerna inte behandlas i detalj, utan en övergripande diskussion måste föras.

#### 4.2. Risker från yttre påverkan

De fyra risksituationer som redovisats i kapitel 3 inleds med att en ursprunglig händelse genererar fukt. Denna ursprungliga händelse kan antingen bestämmas på statistisk väg från meteorologiska data eller uppskattas med hjälp av fysikaliska samband. Normalt kan denna information emellertid inte användas direkt eftersom påverkan på ett fönster innebär en förändring av den ursprungliga händelsen. Denna förändring, eller filtrering, som är åskådliggjord i FIG 4.3 innebär primärt två saker:

- Påverkan i rummet kan bli avsevärt annorlunda än den ursprungliga händelsens variation i rummet.
- Påverkan kan bli fördröjd i tiden.

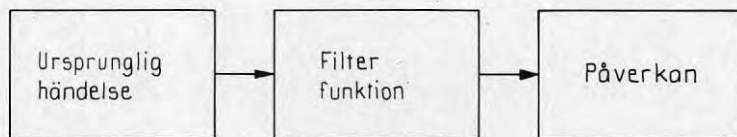


FIG 4.3.

#### 4.2.1. Slagregn

Slagregnet är säkert i de flesta fall den dominerande fuktkällan för ett fönster. Fönstret kan påverkas av slagregnet på flera olika sätt. Bjerking (1979) diskuterar utförligt ett antal sätt på vilka regnvattnet kan tillföras virket. Detta har också diskuterats i KAP 3.5.1 och 3.5.4. Den absolut farligaste typen av inverkan bör vara när regnet direkt träffar fönstret. Ytströmmar från fasaden anses ingå i den fuktmängd som direkt träffar fönstret.

Vatteninträngning genom fogar mellan fasadelement bör inte vara någon allvarlig fuktkälla för fönster. Det är troligen ganska ovanligt att rötskador uppstår av denna orsak. Vatteninträngning i fogen mellan karm och vägg kan vara en allvarligare fuktkälla för fönstret.

De faktorer som påverkar mängden slagregn som träffar ett fönster har angivits i KAP 3. Det fria slagregnet i Sverige är till storlek och geografisk variation ganska väl känt. Varnbo (1966) redovisar slagregnsmängder åren 1941-50 för ett antal orter i Sverige.

Slagregnsmängderna är beräknade från uppmätta nederbördsmängder och vindhastigheter. Slagregnets fördelning på riktningar och olika månader på året anges. I FIG 4.4 visas årsmedelvärden för slagregnet i Sverige utan hänsyn till vindriktningen.

De förhärskande slagregnsriktningarna är på västkusten söder och väster och på ostkusten söder och öster. De största slagregns-  
mängderna kommer i allmänhet under hösten och sommaren.

Av intresse är också intensiteten hos enskilda slagregn, varaktigheten och sannolikheten för att regn av viss intensitet skall uppträda. Vidare kan man behöva samtidiga värden på vindhastig-

het och regn- eller slagregnsintensitet. Vindhastigheten samtidigt med slagregn har nämligen betydelse för om vatten kan pressas in i fogar i eller kring fönstret.

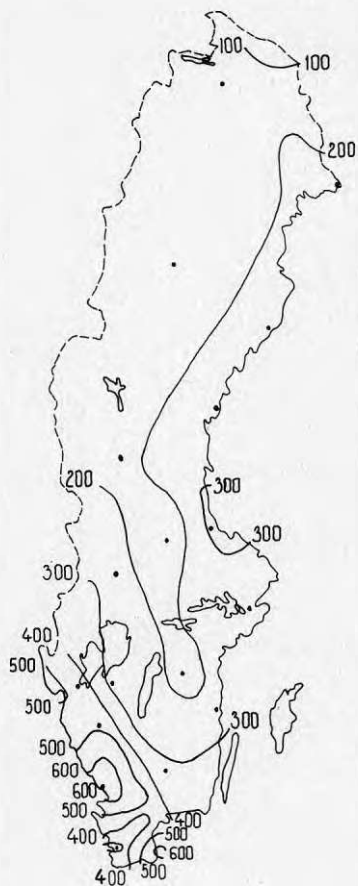


FIG 4.4. Slagregnsmängder i Sverige angivna i  $\text{kg/m}^2$  vertikal yta. Årsmedelvärden 1941-50. Efter Varnbo (1966).

Lyberg (1979) har gjort mätningar i Västra Frölunda och redovisar vilka nederbördsintensiteter som kan förväntas med viss varaktighet under en tidsperiod av viss längd. Dessa värden gäller naturligtvis endast för orten i fråga.

Strandberg (1980) redovisar samhörande värden på dygnsnederbörd och medelvindhastighet. Dessa värden är sammanställda från mätningar av SMHI.

De slagregnmätningar som träffar en fasad kan vara mycket varierande. I allmänhet är ytor nära tak och hörn utsatta för mycket större slagregnmängder än fasadernas inre delar. I Kommentarer till SBN 1975:3 anges som ett riktvärde att för fasadens yttre delar får fria slagregnmängder reduceras med 50 %. Mätningar av fasadslagregn har redovisats av Jacobson (1976) i Fiskebäck, Lyberg (1979) i Västra Frölunda och Beijer (1976) i Stockholms-trakten. I FIG 4.5 och 4.6 visas några resultat från Beijers mätningar där höjdberoendet framgår tydligt.

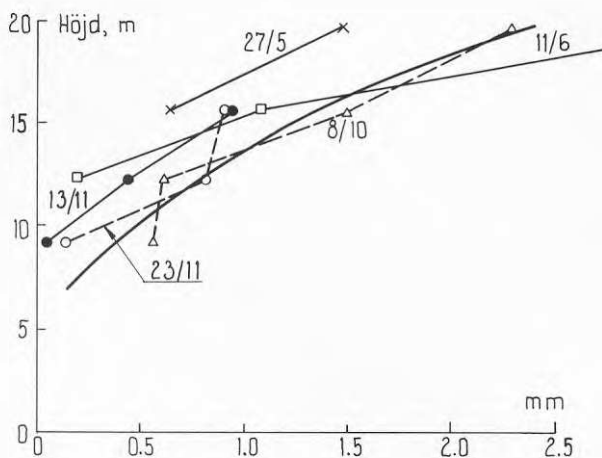


FIG 4.5. Slagregnsfördelning vid huvudvindriktning från sidan. Heldragen linje  $\Sigma$ -kurva för 1974 (skala 1:20). Efter Beijer (1976).

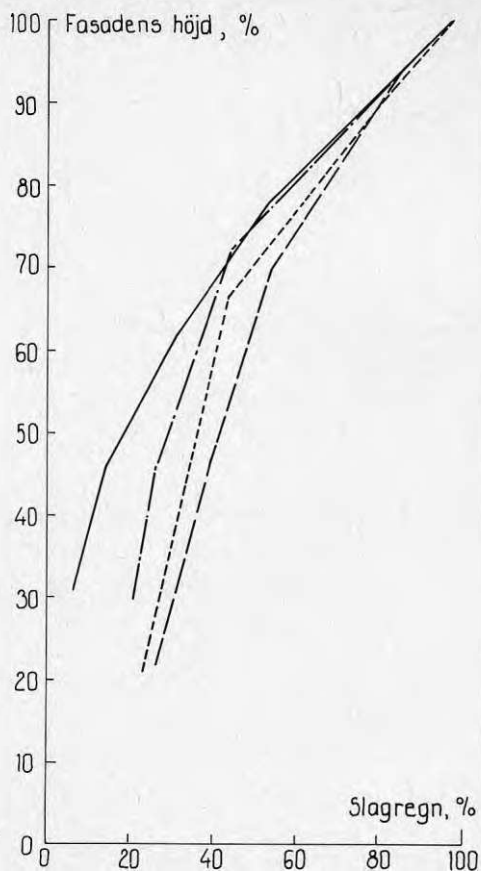


FIG 4.6. Slagregnsprofiler för fyra byggnader. Heldragen linje ej i fritt läge, övriga i fritt läge. Efter Beijer (1976).

Det finns emellertid inte något säkert underlag för att bedöma hur mycket regn som kan träffa ett visst fönster. Inverkan av fasadens utformning och fönstrets läge i fasaden har enligt vad författarna kunnat få fram inte studerats. Detta kan emel-

lertid ha stor betydelse och anses vara ett angeläget forskningsområde.

Slagregnet påverkar risken för rötskador inte enbart genom att vatten kan komma in i virket utan också genom att färgskikt bryts ned av vatten. Fönstrets skydd mot klimatpåfrestningarna minskar alltså efter hand. Inverkan av ytbehandlingsens egenskaper diskuteras i KAP 4.3.

Snö som blir liggande på fönsterkarmen och smälter är en fukt-källa vars inverkan är mycket svår att uppskatta storleksordningen av. Farliga situationer bör vara snöfall med efterföljande temperaturhöjning och/eller solsken.

För det fria slagregnet känner man ganska väl storleken och fördelningen i tiden. Vägen från fritt slagregn till slagregn som träffar fönstret innehåller ett antal filter vars inverkan är svår att kvantifiera. I FIG 4.7 visas principiellt vilka filter som kan inverka.

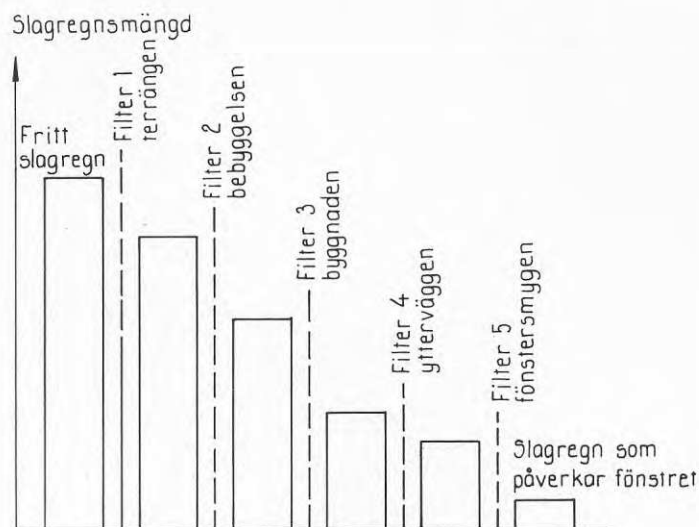


FIG 4.7. Olika filter mellan fritt slagregn och slagregn som påverkar ett fönster.

De olika filtren behöver inte alltid innebära att slagregns-  
mängden minskar. I vissa fall kan vindhastigheten efter filt-  
ret öka och då ökar slagregnsmängden på en vertikal yta. En  
icke kapillärsugande yttervägg kan medföra att slagregnsmäng-  
derna på fönstret ökar.

Fördröjning i tiden kan åstadkommas huvudsakligen av ytter-  
väggen. Om ytterväggen absorberar vatten kan detta påverka  
virket under en relativt lång tid efter själva slagregnet.

Med ett exempel kan man illustrera slagregnsmängdens stor-  
lek i förhållande till den fuktmängd som krävs för att hö-  
ja fuktkvoten i virke från 15 till 25 %. Om virkets densitet  
är  $500 \text{ kg/m}^3$  motsvarar denna fuktkvotsökning en ökning av  
fukthalten som är

$$(0.25 - 0.15) \cdot 500 = 50 \text{ kg/m}^3$$

Om man antar att den bit virke som påverkas inom den när-  
maste tiden efter ett slagregn har tvärsnittytan  $50 \times 100$   
mm och höjden 100 mm åstadkoms fukthaltsökningen av en fukt-  
mängd som är

$$50 \cdot 0.05 \cdot 0.1 \cdot 0.1 = 0.025 \text{ kg}$$

dvs 1/4 dl vatten.

Om vattnet tillförs virket från en vertikal yta som är  
 $0.10 \times 0.10 \text{ m}$  motsvarar fukthaltsökningen en vattentillför-  
sel till den vertikala ytan som är

$$\frac{0.025}{0.1 \cdot 0.1} = 2.5 \text{ kg/m}^2$$



Enligt FIG 4.5 är den årliga slagregnmängden i Skåne 400-500 kg/m<sup>2</sup>. Om man antar att ett stort regn kan vara 10 % av årsmedelvärdet och att 50 % av detta träffar en fasad får man en slagregnmängd som är 20-25 kg/m<sup>2</sup>. För att öka fuktkvoten med 10 % i en bitkarm med de betraktade dimensionerna skulle alltså 10 % av regnmängden på en vertikal yta behöva tränga in. Detta är sannolikt betydligt mera än vad som i verkligheten kan tränga in, men illustrerar dock att man med stora slagregnsbelastningar snabbt kan få förhöjd fukthalt i ett fönster.

#### 4.2.2. Luftfukt

Då man skall bedöma luftfuktighetens inverkan på ett fönsters fuktinnehåll är det i allmänhet ånghalten (eller ångtrycket) som är intressantast att diskutera eftersom denna bestämmer fukttransportens storlek och riktning. I FIG 4.8 visas ånghalten för tre orter i Sverige. Ånghalten är relativt konstant under dygnet.

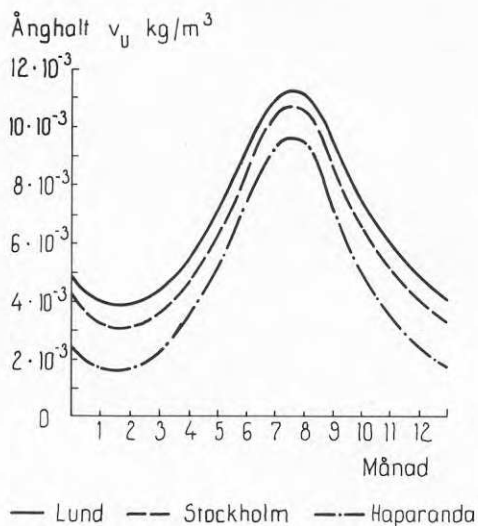


FIG 4.8. Ånghalt utomhus för Lund, Stockholm och Haparanda.

Inneluftens ånghalt bestäms, förutom av uteluftens ånghalt, av fuktproduktionen och ventilationen. Båda dessa faktorer kan variera kraftigt.

Ibland uttrycker man inneluftens ånghalt som

$$v_i = v_u + \frac{G}{nV}$$

$v_i, v_u$  = ånghalten inne resp ute ( $\text{kg/m}^3$ )

$G$  = fuktproduktionen ( $\text{kg/h}$ )

$n$  = luftomsättningen ( $\text{h}^{-1}$ )

$V$  = utrymmets volym ( $\text{m}^3$ )

Termen  $G/nV$  brukar kallas för fukttillskottet. I Kommentarer till SBN 1977:2 anges ett dimensionerande fukttillskott vintertid för " normalt bostadutrymme med ventilation enligt SBN kap 36", som är  $4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ . Ett sådant värde får ses som ett riktvärde. De individuella variationerna kan vara mycket stora.

Uteluftens ånghalt kan påverka fönstrets fuktbalans på i princip två sätt:

1. Uttorkningshastigheten från virket ökar med minskande ånghalt i uteluften.
2. Vid fuktkonvektion utifrån och in eller i springor som är ventilerade med uteluft blir fukt bortförelsen större ju lägre ånghalten är.

Inneluftens ånghalt påverkar fönstrets fuktbalans på följande sätt:

1. Hög ånghalt inomhus ökar risken för ytkondensation på insidan av ett fönster och mellan glasen.

2. Vid övertryck inomhus kan den fuktiga inneluften pressas ut genom springor i vägg och fönster, kylas av och kondensera.
3. Låg ånghalt inomhus kan medföra att ett fuktigt fönster kan torka ut inåt. Hög ånghalt inomhus kan medföra fukttransport till virket och fogen mellan karm och vägg och eventuell kondensation.

Fuktkonvektion i fogen mellan karm och vägg eller karm och båge kan under vissa omständigheter tillföra ganska stora fuktmängder men det finns inget som tyder på att de omfattande rötskadorna i fönster har något samband med fuktkonvektion.

Den fuktmängd som kan tillföras bågen genom ytkondensation på insidan av fönstret är mycket svår att bedöma storleksordningsmässigt. Ytkondensation verkar som en buffert på inneluftens fukttinnehåll. Då ånghalten inomhus är hög och fönstertemperaturen är låg kan vattenånga kondensera vilket sänker luftens ånghalt. Om fuktproduktionen inomhus sjunker eller ventilationen ökar kan det kondenserade vattnet förångas igen. Frågan är hur mycket vatten som under kondensperioden rinner ner på bågen och kan komma in i virket. Detta är i hög grad beroende av boendevanor vilka är mycket svåra att beakta vid en dimensionering. Det är emellertid inte troligt att ytkondensation på fönster har mycket stor betydelse för rötskadorna. Vidare är inverkan begränsad till bågens underkant. De ekonomiska konsekvenserna behöver inte bli lika stora som vid påverkan av slagregn utifrån.

Diffusion genom fönstervirket och fogen kan vid normala inomhusklimat endast tillföra små fuktmängder. Detta beror bland annat på att trä är ett mycket "fukttrögt" material. Det bör ta mycket lång tid innan fukttinnehållet stigit till en kritisk nivå på grund av enbart diffusion från inneluften.

Med ett exempel kan man överslagsmässigt belysa hur lång tid det kan ta att höja fuktkvoten i virke från 15 till 25 % om fuktillförseln skall ske enbart genom diffusion från inneluften.

Den fukt mängd som behöver tillföras virket är, med samma förutsättningar som i tidigare exempel

$$50 \cdot 0.1 \cdot 0.05 = 0.25 \text{ kg/m}$$

Här betraktas en längdmeter av karmen. Som uteklimat används "medelklimatet" under månaderna oktober-mars i Malmö, normalåret 1931-60. Medelutetemperaturen under denna period är  $2.1^{\circ}\text{C}$  och relativa fuktigheten är 80 %. Detta motsvarar en ånghalt som är  $4.8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ . Om man tar medeltalet av ånghalterna för de sex månaderna blir ånghalten  $5.1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ . Vid relativa fuktigheten 86 % motsvarar detta utetemperaturen  $3.0^{\circ}\text{C}$ .

Fukttillskottet  $4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$  inomhus ger inneånghalten  $9.1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ .

Om man antar att diffusionshastigheten,  $g$ , inifrån är konstant under hela tiden (vilket är en kraftig förenkling) fås

$$0.25 = g \cdot b \cdot t$$

$g$  = diffusionshastigheten ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ )

$t$  = den tid som åtgår för att höja virkets fuktkvot från 15 - 25 %

$b$  = bredden hos den yta diffusionen sker genom (m)

Ytterligare en grov förenkling skall göras, nämligen att diffusionshastigheten är samma som om diffusionen under hela förloppet skedde till mitten av fönsterkarmen. Antag vidare att diffusionen endast sker genom en karmyta med bredden 50 mm och att inget fuktutbyte med omgivande luft sker genom övriga ytor.

Detta ger

$$b = 0.05 \text{ m}$$

$$g = \frac{v_{\text{inne}} - v_{\text{mitt}}}{z_{\text{mitt}}}$$

$v_{\text{mitt}}$  = ånghalten i fönsterkarmens mitt

$z_{\text{mitt}}$  = ånggenomgångsmotståndet mellan fönstrets insida och karmmitt

Fuktkvoten 15 % motsvarar en relativ fuktighet som är ca 70 %. Om temperaturen mitt i fönsterkarmen antas vara medeltalet av utetemperaturen + 3°C och innetemperaturen + 20°C fås

$$v_{\text{mitt}} = 0.70 \cdot 10.33 \cdot 10^{-3} = 7.2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

I  $z_{\text{mitt}}$  ingår ånggenomgångsmotståndet för den invändiga ytbehandlingen och för trä med halva karmens bredd vinkelrätt mot diffusionsriktningen.

Furu har ånggenomsläppligheten ca  $0.2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  vinkelrätt mot fiberriktningen. En mycket genomsläpplig ytbehandling kan ha ett ånggenomgångsmotstånd som är  $10 \cdot 10^3 \text{ s/m}$ .

Detta ger

$$z_{\text{mitt}} = \frac{0.05}{0.2 \cdot 10^{-6}} + 10 \cdot 10^3 = 35 \cdot 10^3 \text{ s/m}$$

$$g = \frac{9.1 \cdot 10^{-3} - 7.2 \cdot 10^{-3}}{35 \cdot 10^3} = 0.05 \cdot 19^{-6} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$t = \frac{0.25}{0.05 \cdot 10^{-6} \cdot 0.05} = 100 \cdot 10^6 \text{ s}$$

Denna tid motsvarar drygt 3 år.

Exemplet innehåller flera kraftiga förenklingar men belyser trots detta storleksordningen av den tid som erfordras för att höja verkets fukttinnehåll enbart genom diffusion. Det är svårt att direkt relatera ett sådant här exempel till verkliga förhållanden med varierande klimat och en mera realistisk beskrivning av fukttransporten. Av Andersson & Gaffner (1980) redovisas beräkningar av diffusion genom en fönsterkarm med varierande ånggenomgångsmotstånd hos in- och utvändigt ytbehandling. Av dessa beräkningar framgår också att diffusion genom en fönsterkarm är en mycket långsam process.

#### 4.2.3. Byggfukt

Med byggfukt menar man normalt skillnaden mellan ett materials fukttinnehåll vid byggnadstillfället och då materialet kommit i jämvikt med omgivande klimat. För analys av fönstrets situation är det omgivande materialets fukttinnehåll vid den tidpunkt då fönstrets sätts in i byggnaden som är intressant. Det är praktiskt taget omöjligt att uppskatta detta eftersom ytterväggen kan ha tillförts fukt från nederbörd och uttorkningsförhållandena fram till inbyggnad av fönstret kan variera avsevärt. Å andra sidan är det emellertid inte mängden byggfukt i väggen som är intressant utan hur länge byggfukt kan tänkas påverka fönstret och förutsättningarna för fukttransport från väggen till fönstret. Mellan fuktkällan och fönstret finns ett filter som kan vara mer eller mindre effektivt. I huvudsak består det av materialen mellan vägg och karm. En ångspärr här skall teoretiskt fungera som ett till 100 % effektivt filter.

I vissa fall kan det finnas direkt kontakt mellan fuktkällan och fönstret. Detta kan vara fallet vid direktingjutna fönster.

Beräkningar av Anderlind (1974) visar att byggfukten i betong-sandwichelement i vissa fall kan torka ut mycket långsamt. Inverkan av solstrålning mot väggen samt ytbehandlingen på in- och ut-sida kan ha mycket stor betydelse.

Slagregnet som absorberas av ytterväggen får principiellt samma inverkan på fönstret som byggfukt.

Byggfukt bedöms inte vara någon dominerande fuktkälla för ett fönster. Däremot är den säkert en faktor att ta hänsyn till vid bedömning av det totala fukttillskottet till ett fönster.

Byggfuktens inverkan kan vara kraftigt fördröjd i tiden, eftersom tillförseln sker genom diffusion. Även om de tillförda fuktmängderna inte är så stora kan påverkan vara långvarig, vilket kan innebära goda tillväxtbetingelser för rötsvampar.

Byggfukt i själva virket kan naturligtvis också vara en faktor att räkna med. Förekomsten kan innebära att det inte behövs så stort fukttillskott till fönstret för att man skall komma upp till en kritisk nivå.

#### 4.2.4. Samverkan av flera fuktkällor

Även om slagregnet ofta är den dominerande fuktkällan behöver slagregnet inte vara enda orsaken till att påverkan är så stor att det kan bli rötskador. Påverkan av flera fuktkällor kan adderas så att summan blir otillåtet stor, även om fönstret klarar belastningen från en ensam fuktkälla utan att komma upp till en nivå där det finns risk för rötskador, se FIG 4.9. Det kan vara större risk för rötskador i ett visst fönster om ytterväggen innehåller byggfukt än om fönstret enbart belastas av slagregnet utifrån.

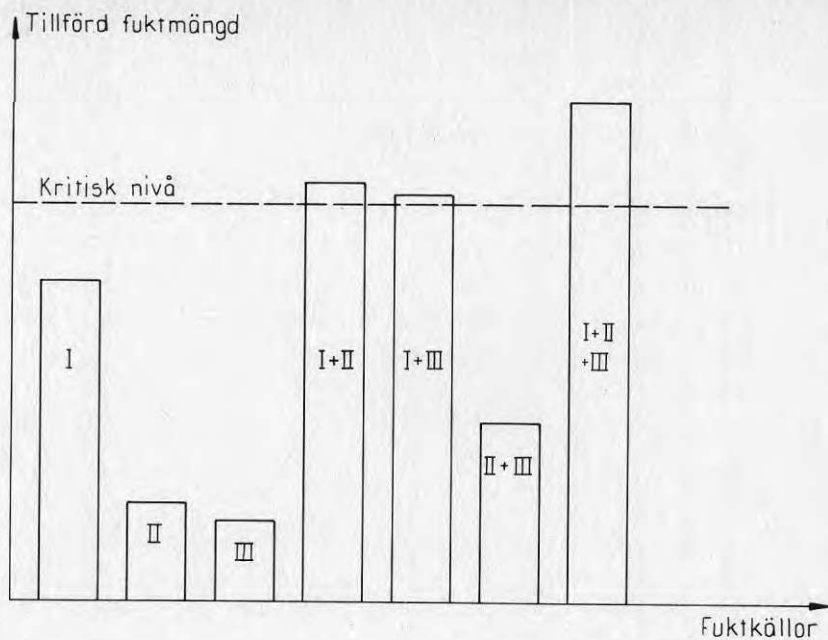


FIG 4.9. Enskild och sammanlagd inverkan av olika fuktkällor.

#### 4.3. Fönstrets reaktioner på klimatpåfrestningarna

Virke i fönster som exponeras för varierande klimatförutsättningar kommer under vissa tidsperioder att fuktas upp och under andra att torka ut. För att kunna bedöma risken för att virket skall bli röt-skadat måste man veta hur fukttinnehållet i virket kan variera. Upp-fuktnings- och uttorkningsfaserna kan diskuteras var för sig eftersom det kan vara helt olika faktorer som påverkar förloppen.

Fönstrets reaktioner på klimatpåfrestningarna beror huvudsakligen på inre egenskaper i fönstret.

I litteraturen om fuktskydd av fönster brukar två olika konstruktionsprinciper anges:



1. Ingen fukt tillåts komma in i virket.
2. Fukt tillåts komma in men måste ha möjlighet att torka ut.

Den första konstruktionsprincipen kan tillämpas genom att fönstret kläs in med plåt eller plast. Tillämpning av den andra konstruktionsprincipen kan vara ytbehandlingar med hög ånggenomsläpplighet. I FIG 4.10 visas principiellt fyra fall av utveckling av fukttinnehållet i virke. Man försöker här tillämpa de två olika konstruktionsprinciperna.

Här antas att det finns ett känt fukttinnehåll som kan ge rötskador i det aktuella virket.

De två översta kurvorna i FIG 4.10 visar fall som kan uppstå vid försök att tillämpa den första konstruktionsprincipen. I fall a) lyckas man skydda virket mot fukt och fukttinnehållet är i stort sett konstant. I fall b), däremot, tillförs virket fukt exempelvis genom en otäthet i inklädningen. Fukten kan inte torka ut och fukthalten stiger stadigt med tiden. Så småningom uppnås nivån för rötrisk.

De två nedre diagrammen illustrerar försök att tillämpa den andra konstruktionsprincipen.

I fall c) balanseras tillförsel av fukt av uttorkning. All fukt som tillförs hinner torka ut. Fukthaltsnivån är periodvis hög, men inte kritisk. I fall d) tillförs mera fukt än som hinner torka ut. Under vissa perioder överskrider fukttinnehållet den kritiska nivån.

Risken för påverkan av fuktkällor och risken för högt fukttinnehåll i virket vid en viss påverkan bestämmer tillsammans risken för ett visst fukttinnehåll i ett fönster. Liten påverkan men stor möjlighet för tillförd fukt till virket kan ge samma fukttinnehåll som en större påverkan på ett bättre fuktskyddat fönster, se FIG 4.11.

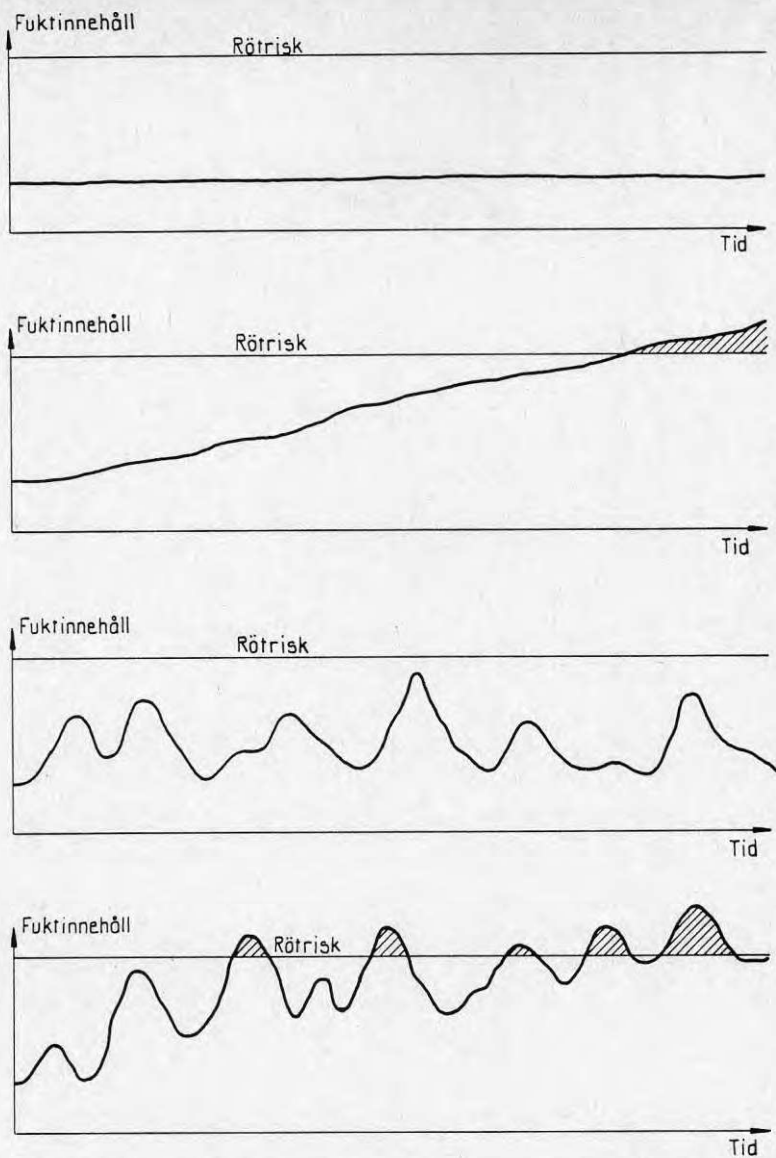


FIG 4.10. Olika fall av tidsförlopp för fukthalt i virke.

- Fukt transporteras vare sig in eller ut ur virket.
- Fukt transporteras in i virket men kan ej torka ut.
- Fukt tillförs virket och kan torka ut i tillräckligt hög grad.
- Fukt tillförs virket och kan torka ut men ej i tillräckligt hög grad.

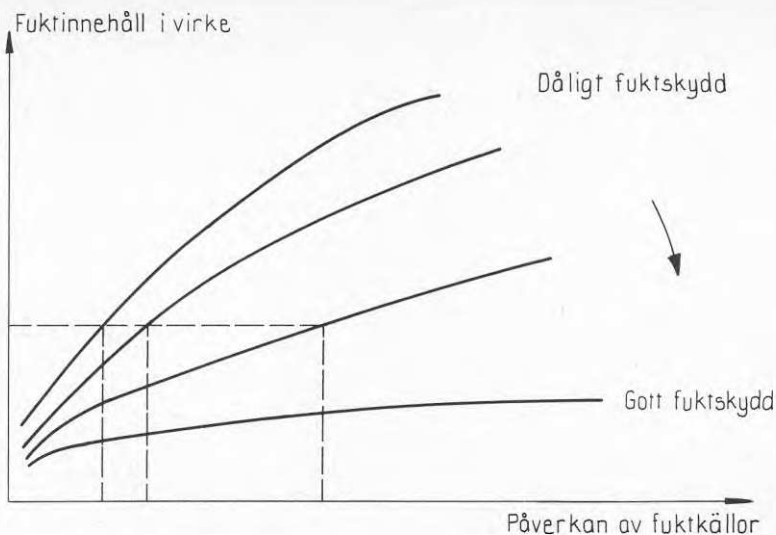


FIG 4.11. Principfigur för sammanlagd inverkan av fuktskydd och påverkan av fuktkällor.

Inverkan av virkets "motståndskraft" mot röta kan ses om man flyttar den kritiska nivån i FIG 4.10 uppåt eller neråt. I fall b) kommer en lägre kritisk nivå att leda till att rötskadan kan uppstå snabbare medan en högre kritisk nivå ger motsatt resultat.

Sänkning av den kritiska nivån för rötrisen kommer kanske att medföra att fönstret i fall c) kan bli rötskadat medan höjning kan medföra att fönstret i fall d) klarar sig, åtminstone under en längre tid.

Av FIG 4.10 framgår att det är balansen mellan tillförsel och uttorkning av fukt som bestämmer fönstrets fukttinnehåll. Ju mera fukt som kan tillföras, desto större krav måste man ställa på uttorkningsmöjligheterna, vilket också visas i FIG 4.12.

Det är i allmänhet betydligt lättare att bedöma mängden fukt som kan torka ut från fönstervirke än mängden som kan tillföras.

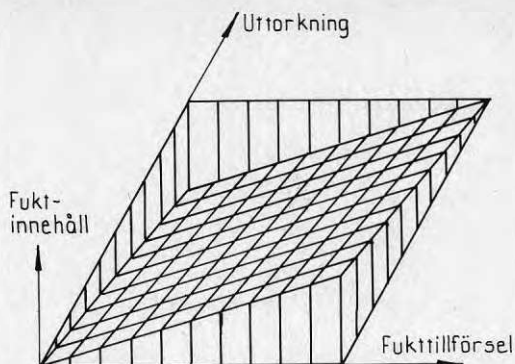


FIG 4.12. Schematisk illustration av inverkan av tillförsel och uttorkning av fukt på fuktinnehåll i t ex fönstervirke.

Det sätt på vilket fukt tillförs virket varierar med typen av påverkande fuktkällor. Om påverkan är slagregn utifrån tillförs fukten virket genom inträngning i fogar och imperfektioner av olika slag eller genom inträngning genom ytbehandlingen. Fukttransporten sker i huvudsak genom kapillärsugning i det här skedet. Kapillärsugnings hastigheten är stor parallellt med fiberriktningen, betydligt mindre i de andra riktningarna. Om vatten kommer i direkt kontakt med ändträ, t ex i hörnsammanfogningar eller kvistlagningar, kan virkets fuktinnehåll öka snabbt. Uppsugningshastigheten är också i hög grad beroende av virkeskvaliteten. Splintved suger snabbare upp fukt och tar upp större fuktmängd än kärnved. De inre egenskaper i fönsterkonstruktionen som bör ha dominerande betydelse för hur mycket fukt som tas upp vid påverkan av slagregn är:

- o Fogarnas utformning
  - konstruktiva lösningar
  - förekomst av oskyddat ändträ
  - hållfasthet
  - förmåga att ta upp rörelser
- o Virkeskvaliteten
- o Ytbehandlings vattengenomsläpplighet

Av dessa faktorer bedöms fogarnas utformning vara den viktigaste.

Om den påverkande fuktkällan är luftfukt eller byggfukt eller absorberat slagregn i ytterväggen sker fukttransporten till virket i huvudsak som diffusion. De faktorer som inverkar på mängden fukt som kan transporteras in i virket vid påverkan av ett visst fukttinnehåll i luft och/eller omgivande konstruktioner är:

- o Anggenomsläpplighet hos material och ytbehandlingar i fönster och omgivande byggnadsdel och fogar
- o Temperaturförhållanden kring och i fönstervirket

Transporthastigheten genom trä är beroende av i vilken riktning transporten sker. Den är störst parallellt med fiberriktningen. Vinkelrätt mot fiberriktningen är trä ett material med ganska låg genomsläpplighet mot vattenånga vid låga fukthalter. Genomsläppligheten ökar kraftigt då fukthalten ökar vilket kan göra samverkan mellan olika fuktkällor farligare än om de bedöms var och en för sig.

Diffusion av vattenånga genom fönsterkarmen eller bågen kan inte tillföra så stora fuktmängder. Detta framgår av beräkningar av Andersson & Gaffner (1980). Trä är ett "fukttrögt" material och det tar lång tid att höja fukthalten enbart genom diffusion in i virket.

Temperaturförhållandena inverkar under uppfuktningssfasen genom att påverka den fuktmängd som kan transporteras från exempelvis yttervägg till fönsterkarm. Vidare påverkas naturligtvis risken för kondensation på fönsterglasen, i väggen, i fogen mellan karm och vägg och i virket.

Temperaturen påverkar också materialegenskaperna. Anggenomsläppligheten för färgskikt ökar enligt Johansson (1969) med ökande temperatur.

Uttorkningen av virket sker i huvudsak som diffusion. Approximativt kan man beräkna uttorkningshastigheten som funktion av ånghalten i virket, omgivande lufts ånghalt och ånggenomgångsmotståndet mellan den zon uttorkningen sker ifrån och luften.

$$g = \frac{v - v_u}{z}$$

$g$  = fuktflöde ( $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$ )

$z$  = ånggenomgångsmotstånd ( $\text{s/m}$ )

$v, v_u$  = ånghalt där uttorkningen antas ske ifrån resp omgivande lufts ånghalt ( $\text{kg/m}^3$ ).

Begreppet "zon där uttorkningen antas ske ifrån" är ett försök att förenkla förloppet för överslagsberäkningar. I vissa fall kan man tala om en sådan zon, t ex då materialet är så fuktigt att uttorkningen sker från ytan. Då det gäller en fönsterkarm som fuktats upp av slagregn kan det vara rimligt att anta att uttorkningszonen till en början ligger nära ytan, speciellt om ytbehandlingen har högt ånggenomgångsmotstånd. Temperaturen i virket kan ha mycket stor betydelse för uttorkningshastigheten. En viss fukthalt motsvaras av en viss relativ fuktighet,  $\psi$ , i porerna.

Eftersom  $\phi = \frac{v}{v_s}$  där  $v_s$  är luftens mättnadsånghalt som är temperaturberoende fås

$$g = \frac{\phi \cdot v_s - v_u}{z}$$

I FIG 4.13 visas hur uttorkningshastigheten påverkas av temperatur, ånggenomgångsmotstånd och omgivande ånghalt. Relativa fuktigheten i uttorkningszonen har satts till 90 % i alla fallen. De två diagrammen kan anses representera ett vinterfall och ett sommarfall. I vinterfallet är uteånghalten låg. Kurvor visas med temperaturen  $0-20^\circ\text{C}$  med mellanrummet  $5^\circ\text{C}$ . I sommarfallet är uteånghalten högre. Beräkningar har gjorts för temperaturerna  $15-50^\circ\text{C}$ . Ånggenomgångsmotstån-

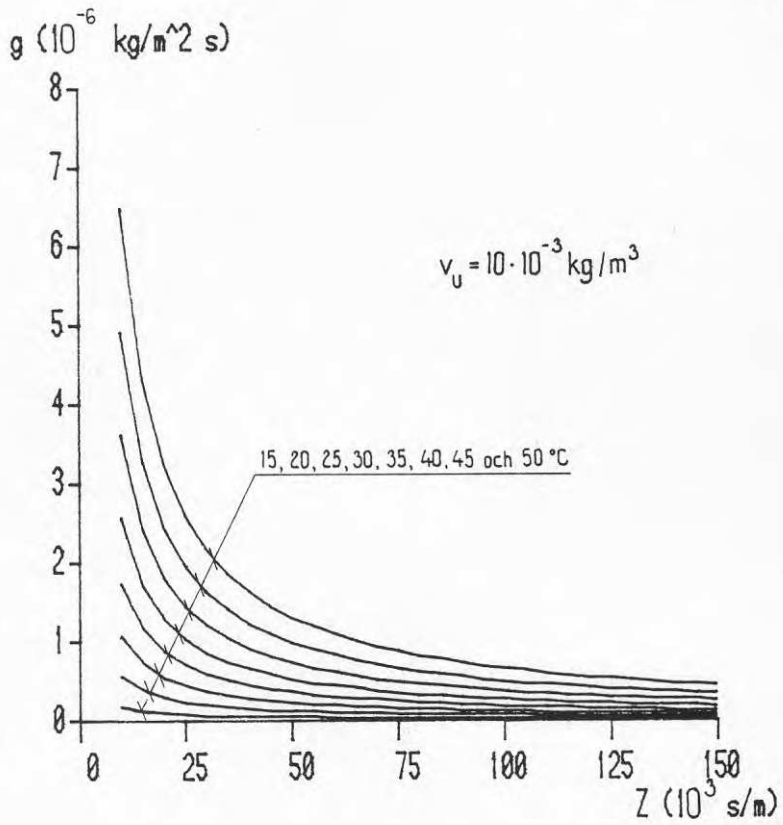
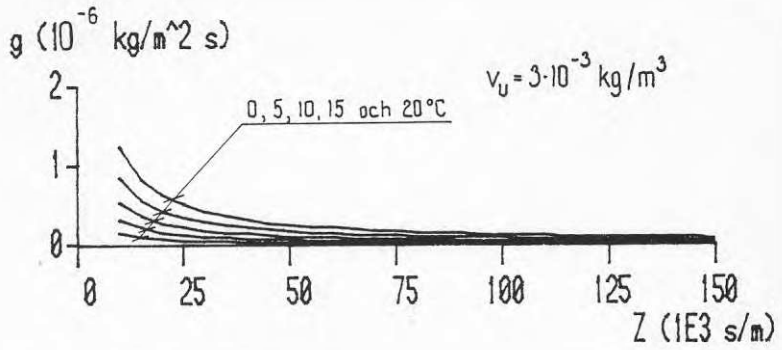


FIG 4.13. Uttorkningshastighetens beroende av temperatur, ånggenomgångsmotstånd och omgivande ånghalt.

det varierar mellan  $10 \cdot 10^3$  och  $150 \cdot 10^3$  s/m vilket täcker in ett ganska stort spektrum av ytbehandlingar.

Temperaturen på en yta vid solstrålning är kraftigt beroende av ytans färg. Det bör vara stor skillnad i detta avseende mellan fönster som är målade med ljus respektive mörk färg.

Klimatet påverkar fönstrets egenskaper så att förmågan att ta upp och avge fukt förändras med tiden. Denna inverkan är troligen i huvudsak negativ. Då träets fukttinhåll ändras rör det sig. De fuktbetingade rörelserna är störst vinkelrätt mot fiberriktningen. Rörelser i träet medför påfrestningar på fogar och ytbehandlingsskikt vilket kan ge sprickor där vatten kan komma in.

Vatten och UV-strålning bryter ned färgskikt och kitt så att skyddet mot vatteninträning minskar. Å andra sidan ökar uttorkningsmöjligheterna.

Om underhåll av fönstret görs för sällan kan fuktmängden som tillförs virket öka. Det finns sedan risk att virket har ett högt fukttinhåll då det målas om. Detta kan leda till att färgen släpper eller att fukten får svårt att torka ut.

Man kan således tänka sig flera olika sätt som underhållet kan påverka rötrisen på, se FIG 4.14. Det troligaste är emellertid att rötrisen ökar vid bristande underhåll, åtminstone om påverkande fuktkälla är slagregn eller ytkondensation.

Fuktbalansen i ett fönster skall vara sådan att den "kritiska nivån" för röta inte uppnås, åtminstone inte under tillräckligt lång tid för att rötan skall få fäste. För att detta skall kunna uppfyllas för ett fönster i ett något så när utsatt klimat måste man ställa krav på fönsterkonstruktionens täthet mot regn under hela fönstrets brukstid. En ånggenomsläpplig ytbehandling räcker förmodligen inte för att torka ut all fukt som kommer in i springor i fönsterkonstruktionen om fuktbelastningen är stor. Andersson & Gaffner (1980)



visar med ett beräkningsexempel inverkan av ytbehandlings ånggenomgångsmotstånd på uttorkningshastigheten för en träbit som har ett högt fukttinnehåll. Även med en mycket ånggenomsläpplig ytbehandling kan uttorkningen gå långsamt. Högt ånggenomgångsmotstånd hos ytbehandlingen ger dock otvivelaktigt större rötrisk eftersom fukthalten i fönstret är hög under lång tid och fukten samlas bakom ytbehandlingen vilket kan ge mycket höga lokala fukthalter.

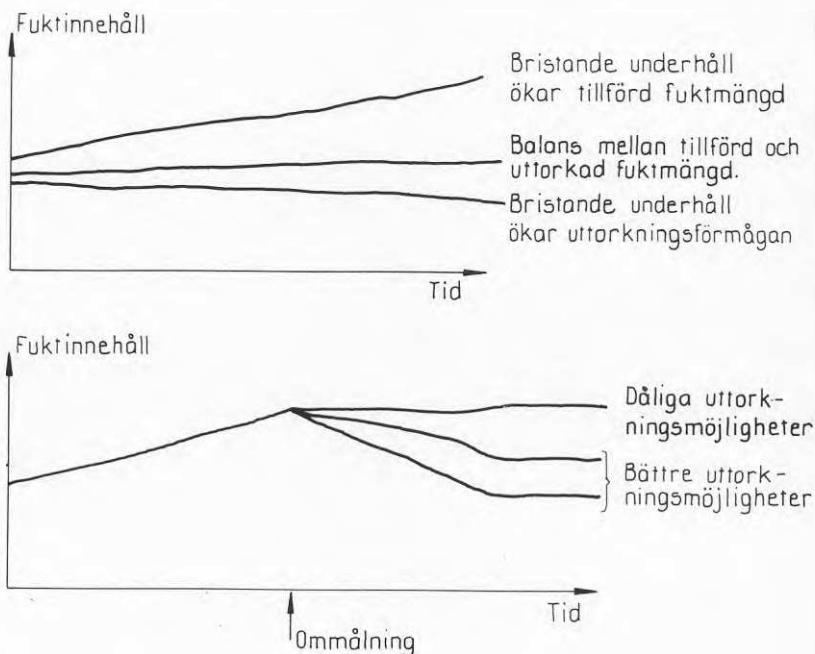


FIG 4.14. Principfigurer för underhållets inverkan på fuktbalansen i ett fönster.

#### 4.4. Förutsättningar för röta i virket

Frågan om vilket klimat som ger rötskador i virke är den allra viktigaste faktorn i en riskanalys av rötskador i fönster. Av tillväxtbetingelserna är det främst temperatur och fukttinnehåll som är intressanta. I fönstervirke har svamparna alltid tillgång till syre. Svampsporer sprids mycket lätt i luften vilket gör att man i prak-

tiken kan räkna med att det alltid finns tillgång till sådana. Svamparna är dock i viss mån säsongsb beroende. Under sensommaren och hösten är tillgången på svampsporer störst, vilket framgår av FIG 4.15 från Harmsen (1967). Träd som avverkas och ligger ute under denna tid löper risk för svampangrepp.

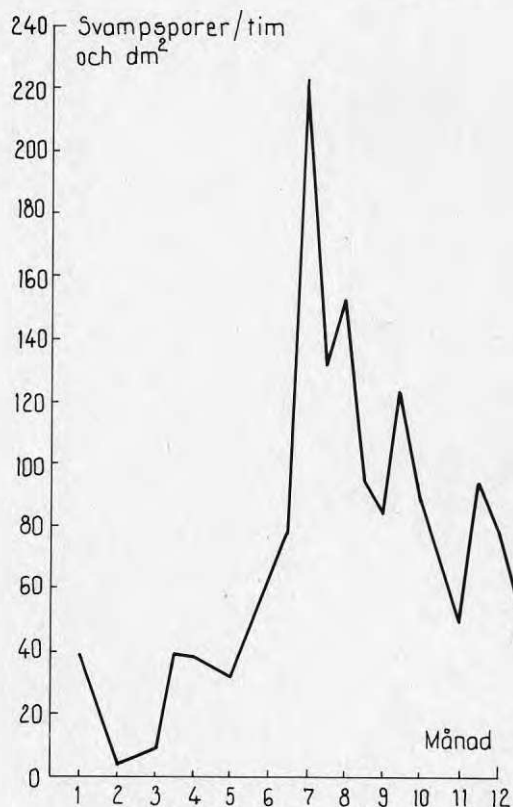


FIG 4.15. Antal svampsporer i luften i Stockholm under ett år.

Vissa rötsvampar kan endast gro i surt medium. En sådan svamp är hussvampen som inte angriper färskt virke. Andra svampar kan emellertid förbereda för angrepp av sådana svampar.

Svamparnas tillväxtbetingelser varierar. I FIG 4.16 visas tillväxtbetingelserna för två svampar enligt litteraturuppgifter.

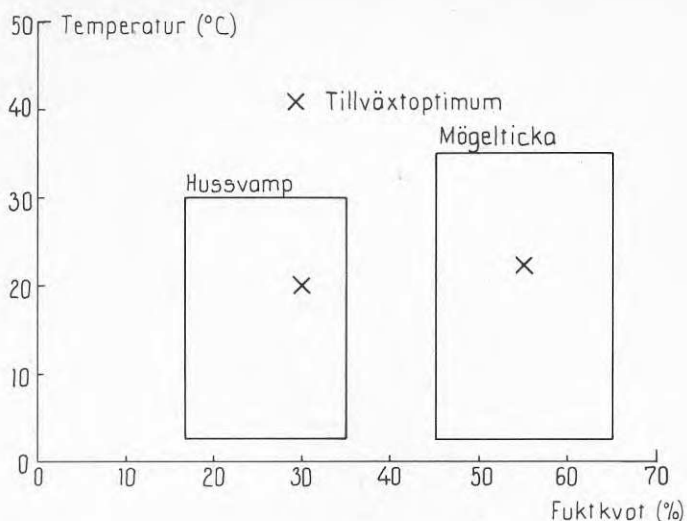


FIG 4.16. Tillväxtbetingelser för två svampar.

Hussvampen kan växa vid relativt låg fuktkvot, ca 17 %, vilket motsvarar 80-90 % relativ fuktighet. Angrepp kan dock inte påbörjas vid denna fuktkvot. Andra svampar kan kräva betydligt högre fukttinnehåll. Vid mycket höga fuktkvoter, över ca 70 %, växer inte svamparna eftersom tillgång till syre saknas.

Tillväxthastigheten är i mycket hög grad beroende av temperaturen. Den lägsta temperaturen för tillväxt ligger i allmänhet vid 3-5°C. Thunell (1952) anger att svampar kan överleva mycket låga temperaturer och att den övre temperaturgränsen för tillväxt i allmänhet ligger under 45°C. Vidare anges att rötsvamparna växer ca 3 ggr fortare vid +20°C än vid +10°C.

Enligt Elmroth (1975) kan hussvampen vid gynnsamma tillväxtbetingelser på ett halvår göra virke helt odugligt.

Tillväxthastighetens beroende av temperatur och fukttinnehåll borde i princip kunna representeras med FIG 4.17.

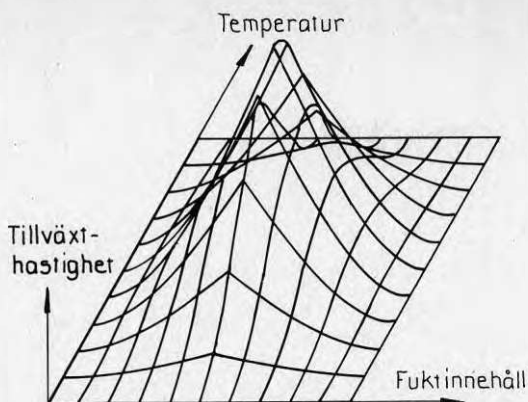


FIG 4.17. Principiell framställning av sambandet mellan tillväxthastighet, fuktinnehåll och temperatur för en svamp.

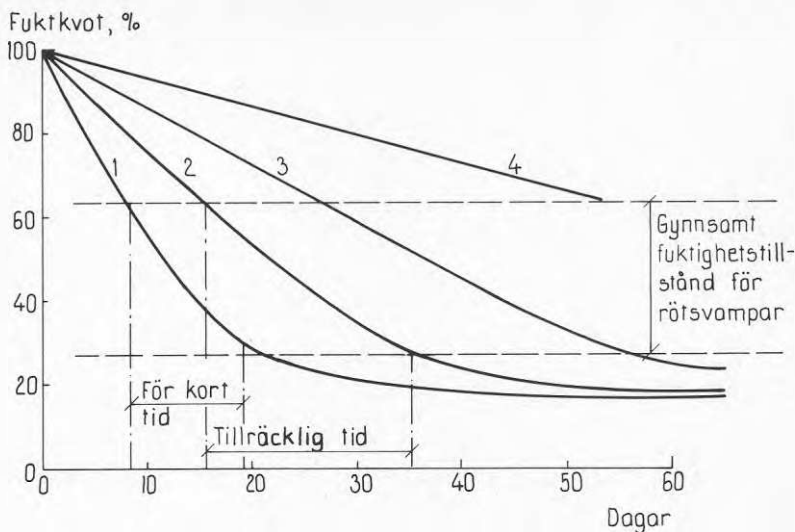
Den typ av klimat som ger störst risk för rötsvampstillväxt i virke torde vara en regnig sommar eller höst med temperatur kring 15-25°C.

Enbart lämpliga klimatförutsättningar räcker inte för rötangrepp. Det fordras också en viss tid med dessa klimatförutsättningar för att en rötskada skall utvecklas. FIG 4.18 visar exempel på detta.

Motståndskraften mot angrepp av rötsvampar är större för kärnved än för splintved beroende på att kärnveden innehåller skyddande ämnen. Pinosylvinet i furukärnveden anges av Thunell (1952) ha stor betydelse för motståndskraften mot röta.

En vanlig förklaring till de ökade rötskadorna under 60- och 70-talen är att fönstret innehåller mindre kärnvirke nu än förr. Träets struktur har också betydelse för svampangreppen. Vårvedens trakeider bildar ett ledningssystem längs stammen där svamphyferna tränger in.

Utöver själva trästrukturen och virkets egenskaper skylls rötskadornas ökning ofta på förändrad hantering av virket, felaktig fällningstidpunkt, vattenlagring och snabbtorkning.



Exempel på torkningskurvor (enligt Per Nylinder).

Kurva 1. Uttorkningen går för snabbt för att bli skador på virket.

Kurva 2. Virket erhåller skador.

Kurva 3. Virket erhåller skador.

Kurva 4. Uttorkningen går för långsamt för att erhålla skador under den första tiden.

FIG 4.18. Torkningskurvor för virke. Källa: Sv Riksbyggens handl nr 8, 1964.

Ett ökat rötskydd kan åstadkommas genom impregnering av virket. Impregnering av virket skyddar naturligtvis endast de delar av virket där impregneringsmedlet har trängt in. Om virket bearbetas efter impregneringen kan en stor del av rötskyddet gå förlorat. Olika impregneringsmetoders effektivitet kan variera kraftigt vilket det emellertid inte finns utrymme för att behandla här.

Genom efterimpregnering kan man förlänga livslängden för en konstruktion med redan angripet virke. Grönlund har undersökt ett par metoder för efterimpregnering. Resultaten är emellertid inte uppmanande och ytterligare undersökningar behövs.

För att man kvantitativt skall kunna bedöma risken för att virke i ett visst klimat skall angripas av rötskador behövs svar på följande frågor:

- Vilka rötsvampar angriper vanligtvis fönsterträ?
- Vilket klimat krävs för dessa svampars angrepp och tillväxt?
- Hur påverkar virkets kvalitet, hantering och impregnering röt-risken?



## 5. RISKVÄRDERING

### 5.1. Allmänt

En riskvärdering innebär att slutsatser skall dras från den information som kommit fram i riskbestämningen. Dessa slutsatser skall baseras på en utvärdering av vad olika risker innebär i form av sannolikheten för att något skall inträffa och de möjliga konsekvenser detta kan leda till. Vid en sådan bedömning av risker finns det flera olika aspekter som skall beaktas varav de mer konkreta har behandlats tidigare. Andra, mer subjektiva aspekter som berör bedömningen av risker är hur en speciell individ uppfattar potentiella risker. Eftersom bedömningen av en risk innebär en värdering av en individ eller en grupp så förs alltid subjektiva uppfattningar in i en riskvärdering. I sig behöver detta inte innebära några problem men riskvärderarens egna kvalifikationer kan bli avgörande för om ett bra beslut kan fattas.

De slutsatser som kommer fram utgör underlag för beslut om krav. Beroende på karaktären av en risk och den konsekvens denna kan leda till kan krav ses ur olika synpunkter. Om en risk och/eller dess konsekvens anses alltför allvarlig bör ett krav formuleras så att risken elimineras. I andra fall när detta inte är möjligt ställs krav för att begränsa risken inom en acceptabel nivå.

I riskvärderingen för rötskador i fönster används två principer för riskutvärdering och kravformulering, nämligen en utvärdering baserad på balanserade risker och en principiell redovisning av en utvärdering baserad på beslutsteori. Dessa två principer, som berörts i inledningen, har olika inriktning och är därför avpassade för olika användare. En utvärdering med avseende på balanserade risker är i första hand inriktad på en teknisk behandling



av problemet. I en beslutsteoretisk utvärdering inkluderas ekonomiska faktorer mer direkt och målet är att omsätta konsekvenser i ekonomiska termer. I FIG 5.1. är denna uppdelning åskådliggjord på ett schematiskt sätt. Det finns även andra principer för utvärdering av risker och konsekvenser men dessa metoder behandlas inte här.

Vid en utvärdering av risker och konsekvenser är det lätt att överdriva vikten av antingen risker eller konsekvenser. För de två metoder som används här är en utvärdering med avseende på balanserade risker i första hand inriktad på att beakta risker och inte konsekvenser. Konsekvenser kommer in explicit i utvärderingen. För beslutsteori där konsekvenser omsätts i ekonomiska termer är det lätt att övervärdera vissa konsekvenser om inte risken för att de skall inträffa beaktas på rätt sätt.

När det gäller att beakta risker finns det i princip tre huvudsaker som påverkar vår bedömning. Dessa är:

- Individrelaterad risk alt statistisk risk
- Förekomst i rummet
- Förekomst i tiden

För en person med eget hus upplevs risken med rötskador på fönster som mer påtaglig än för stora bostadsbolag. Detta kan till exempel leda till bättre underhåll för privata småhus. Förekomst i rummet och i tiden är något som påverkar oss undermedvetet. En risk som är avlägsen i rummet och i tiden upplevs helt annorlunda än om utfallet skulle inträffa imorgon. Detta är kanske det största problemet när det gäller att beakta risken för rötskador på fönster.

Vår bedömning av konsekvenser påverkas också av olika faktorer. Dels om konsekvensen påverkar människor som en risk för liv och

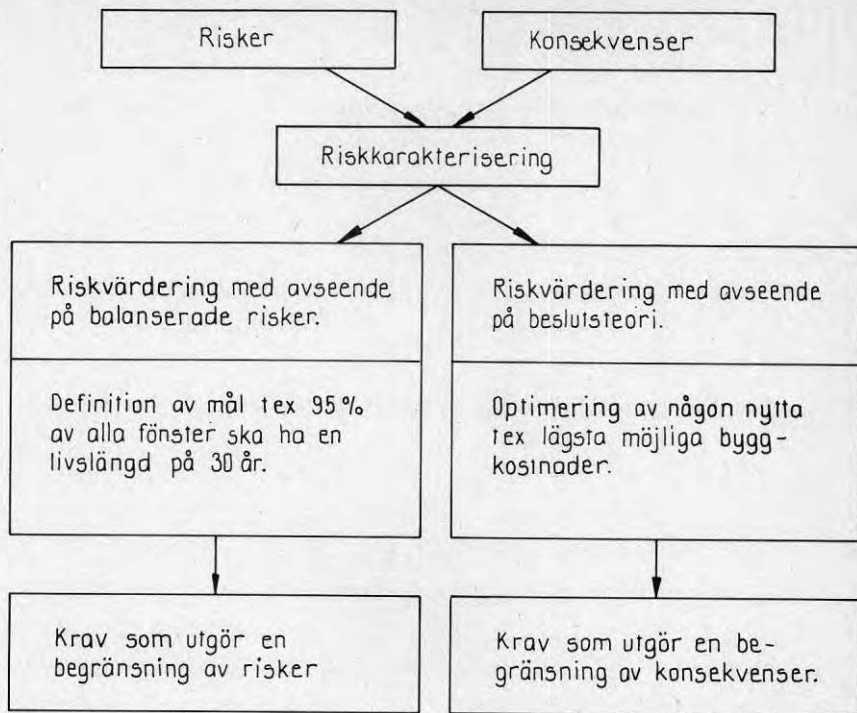


FIG 5.1. Principen för två former av riskvärdering.

lem eller om konsekvensen enbart omfattar ekonomiska värden, dels omfattningen av en konsekvens. Om det enbart var enstaka fönster som påverkades av röta och inte, som nu är fallet, ett stort antal fönster som snabbt bryts ner på grund av rötangrepp så skulle inte problemet med rötskador på fönster upplevas lika påtagligt.

Naturligtvis kommer också relationen risk - konsekvens in i bedömningen. Osäkerheten om omfattande konsekvenser som har en mycket liten sannolikhet att inträffa kan upplevas som ett stör-

re orosmoment än händelser som inträffar ofta men där konsekvenserna är kända.

Utvärderingen av risker och konsekvenser utgör den bakgrund som behövs för att krav skall kunna utformas för att ha avsedd verkan. Hur krav skall utformas beror på riskerna och de möjliga konsekvenser som kan inträffa. I vissa fall behövs krav som helt eliminerar en risk medan det i de flesta fall gäller att kontrollera en risk. Vad detta innebär praktiskt för fönster behandlas i fortsättningen av detta kapitel.

### 5.2. Riskvärdering med avseende på balanserade risker

Vid en riskvärdering med avseende på balanserade risker utvärderas risker mot någon explicit definierad risknivå. I värderingen av risker ligger både en utvärdering av sannolikheter för att en viss händelse eller ett fel skall inträffa och en bedömning av den efterföljande konsekvensen. Vid en utvärdering av sannolikheter, eller som i fallet med fönster, en uppskattning av risknivåer, görs en bedömning av om en risk är mindre än den explicit definierade risknivån. Om detta inte är fallet krävs åtgärder som innebär att en risk antingen elimineras eller kontrolleras. För att åstadkomma detta ställs krav med lämplig utformning.

De risker som kan påverka ett fönster beror på att händelser medför att fukt tillförs ett fönster genom påverkan. En värdering av sådana händelser och deras påverkan på fönster innebär att den uppskattning av risknivån som gjordes i KAP 4.2. tas som utgångspunkt för en bedömning av vilka krav som kan och bör ställas.

De risker som kan relateras till ett fönsters egenskaper beror oftast på en mindre väl genomtänkt fönsterkonstruktion men kan också bero på direkta fel. Den inverkan dessa egenskaper har på fönsterkonstruktionen innebär oftast en stor mängd risker, dels

var för sig, dels i kombination med varandra. Med utgångspunkt från uppskattningen av risknivåer i KAP 4.3 för olika faktorer som berör fönstrets egenskaper kan en bedömning av väsentliga krav göras som behövs för att begränsa risker.

De krav som kan ställas på fönster och angränsande delar av en huskonstruktion skall antingen eliminera risker eller begränsa risker till en rimlig nivå. Den första typen av krav används när en risk är alltför stor i relation till dess konsekvens. Ofta är det inte möjligt att eliminera risker och målet är då att begränsa en risk genom lämpliga krav.

Vad som är lämpliga krav beror på vilken risk som skall beaktas och möjliga konsekvenser. Det är också viktigt att ställda krav kan verifieras på något sätt. I den fortsatta utvärderingen ligger tyngdpunkten på viktigare krav som på något sätt bör beaktas för att reducera rötrisen i fönster.

#### 5.2.1. Utvärdering av yttre påverkan

De risker som uppstår genom yttre påverkan beror på att alltför stora fuktmängder kan tillföras ett fönster. Av föregående kapitel framgick att slagregn utgör den ojämförligt största risken medan byggfukt och ytkondens har en underordnad betydelse - dock ej så liten betydelse att dessa risker kan försummas.

Slagregn som är en kombination av nederbörd och vind kan som ursprunglig händelse inte kontrolleras. Däremot kan påverkan på fönster kontrolleras till en viss del.

En mindre väl vald plan för bebyggelsen i ett område kan påverka det lokala vindklimatet drastiskt och därmed slagregnets omfattning och karaktär. Mängden slagregn som kan tillföras ett fönster påverkas också av en fasads utformning och fönstrets

placering i fasaden. Krav som kan ställas för att minimera slagregnets påverkan på ett fönster är:

- o hänsyn tas till vindklimatet
- o fasadens utformning beaktas genom t ex
  - användning av droppbleck
  - indragning av fönster i fasad

Byggfukt kan kontrolleras som ursprunglig händelse till viss del genom begränsning av tillåtna fuktmängder i angränsande byggnadsdelar. Viktigare är emellertid att begränsa påverkan genom krav på:

- o material mellan vägg och fönsterkarm

Ytkondens på fönster beror som händelse på att tillräcklig mängd fukt vid en viss temperatur finns tillgänglig i inneluften. Begränsning av tillgänglig mängd fukt kanske genom krav på:

- o reducering av fuktkällor
- o ventilation

Påverkan kan begränsas genom krav på fönsterplacering med avseende på tillförsel av värme:

- o indragning av fönster i fasad
- o värmeförsel under fönster

Den allvarligaste risken för påverkan uppstår genom slagregn. Krav bör därför i första hand utformas för att begränsa denna påverkan i möjligaste mån. Byggfukt och ytkondensation ger var för sig inte upphov till någon större påverkan men i kombination

med slagregn eller med varandra kan dessa fuktkällor ge ett icke oväsentligt bidrag till riskbilden. Det finns därför god anledning att beakta krav som berör dessa risker.

#### 5.2.2. Utvärdering av inverkan av fönsters egenskaper

De allvarligaste riskerna för att rötskador skall uppstå på fönster beror på fönstrets egna egenskaper. De risker som bör beaktas kan i princip inte elimineras för fönster av trä utan målet är att begränsa riskerna genom lämpliga krav. Om utgångspunkten är att i första hand beakta fukt så kan krav ställas ur två synpunkter: (1) Förhindra att fukt tränger in i en fönsterkonstruktion och (2) om fukt kommer in så skall inverkan på fönsterkonstruktionen vara begränsad.

Krav för att beakta (1) berör den konstruktiva utformningen av ett fönster och ytbehandlingen. I den konstruktiva utformningen ingår dels allmän utformning av profiler men speciellt viktigt är hopfogningen av karm- och fönsterbågar.

För den konstruktiva utformningen kan en stor mängd krav ställas för att begränsa möjligheterna för fukt att tränga in i virket. För virket som ingår i ett fönster behövs krav på:

- o kvistrenhet
- o rakhets

Dessutom bör inte virke som används för fönster skarvas eller på annat sätt limmas ihop till större dimensioner. Krav behövs på:

- o virkesdimensioner

för att begränsa behovet av hopfogning av virke. Alla fogar utgör en risk för att fukt skall kunna tränga in och detta gäller

speciellt hopfogning av karm och fönster. För dessa fogar behövs speciella krav på:

- o fogningsprinciper (begränsning av fritt ändträ)
- o fogningsmetod (lim och skruvar)
- o styvhet (begränsning av deformationer)

Ytbehandlingen gäller val av färg och kitt. För färg behövs krav på

- o vattenavvisande egenskaper
- o elasticitet

och för kitt krav på elasticitet.

De krav som redovisats ovan reducerar risken för att fukt skall kunna tränga in i virket men eliminerar den inte. Det är därför viktigt att också beakta (2) vilket innebär att krav behövs på fönstrets förmåga att täta fukt. Krav för att beakta (2) berör dels virkets egenskaper, dels möjligheten för fönstret att avge tillförd fukt.

Absorption av fukt och virkets reaktion på fukt beror till stor del på virkets egenskaper. Kärnved suger inte upp fukt lika snabbt och i samma omfattning som splintved. För att begränsa splintveden i fönstervirke behövs krav på:

- o årsringsbredd

Eftersom fukt har störst möjlighet att sugas upp i ändträ bör detta beaktas genom ytterligare krav på

- o rötskyddsbehandling av fritt ändträ före hopfogning

Dessa krav reducerar den mängd fukt som kan sugas upp och den effekt detta kan ha på rötrisen. För fukt som kommit in i fönstervirket bör möjligheter för snabb uttorkning finnas, dvs krav på en färgs

o ånggenomsläplighet

behövs.

Alla ovan redovisade krav skall ses som olika möjligheter att begränsa den mängd fukt som kan tränga in i virket och om fukt kommer in så skall möjligheter för snabb uttorkning finnas.

### 5.2.3. Utvärdering med avseende på röttkriterier

Under vissa förutsättningar, bland annat lämpliga temperatur- och fuktförhållanden, kan röttillväxt förväntas. Denna process är emellertid beroende av tillgänglig mängd rötsvampar i initieringsskedet. Detta kan påverkas genom krav på hanteringen av virke genom:

- o fällningstid (enbart vintertid)
- o transporter
- o lagring
- o torkning

vilket kan reducera den ursprungliga mängden svampsporer kraftigt jämfört med godtycklig hantering.

Vissa delar av ett fönster, speciellt bottenstycket, är oftast utsatt för större fuktbelastning än andra delar. Detta innebär att ett röttkriterium lättare uppfylls för dessa delar och strängare krav än de tidigare angivna kan behövas. Till exempel kan krav ställas på:



- o kärnvedsandel
- o speciell behandling av ändträ

Speciell impregnering kan vara av värde om den utförs på färdighyvlade virkesprofiler. Även någon form av försegling av fritt ändträ i speciellt utsatta delar kan vara lämpligt.

Underhåll av fönster är något som styrs av de ursprungliga egenskaperna hos fönstret. Helt klart är att det behövs detaljerade regler från fönstertillverkare om krav på

- o underhåll

för att de ursprungliga egenskaperna inte skall gå förlorade alltför fort. Detta gäller hur underhållet skall ske, lämplig behandling och upprepningsfrekvens. Genom underhåll kan riskbilden påverkas; inte så att dåligt utformade fönster med stor risk för rötskador blir bättre, utan så att den ursprungliga riskbilden kan bibehållas relativt konstant under lång tid.

### 5.3. Riskvärdering med avseende på beslutsteori

I en konkret situation kan målet för riskvärderingen vara att fatta ett beslut, t ex om vilken typ av fönster som skall väljas för en viss byggnad.

Beslutsfattaren måste väga risker och konsekvenser mot varandra. Beslutet beror på konsekvenserna av olika risker, sannolikheterna för att konsekvenserna skall inträffa, speciella önskemål som beslutsfattaren vill beakta, krav från myndigheter samt beslutsfattarens eget omdöme och kunskaper.

Konsekvenserna av olika beslut i en speciell situation kan analyseras i ett beslutsträd.

I praktiken kan det ofta vara så att den som fattar beslutet inte behöver ta de framtida konsekvenserna av det. Ingenjören eller arkitekten som väljer ett visst fönster är anställda eller anlitade av ett företag som inte kommer att förvalta och underhålla byggnaden i framtiden. Man kan emellertid tänka sig att byggherren eller klienten ställer kravet att det fönster som väljs skall vara den bästa totalekonomiska lösningen med hänsyn till investerings- och underhållskostnader samt eventuella kostnader för utbyte under byggnadens livslängd. I fortsättningen förutsätts att beslutsfattaren strävar efter att fatta det beslut som ger den "bästa" lösningen enligt något kriterium.

I vissa fall kan beslutsfattarens mål vara att helt undvika risker eller att begränsa riskerna till en viss nivå. Beslutsfattarens valmöjligheter är också begränsade av de krav som myndigheter och eventuellt användare eller beställare ställer.

Ett beslutsträd kan innehålla flera olika komponenter. I FIG 5.2 visas ett enkelt exempel. Antag att man skall välja fönster till en byggnad. Av någon anledning är valet begränsat till två olika fönster. Man vet med säkerhet att fönster 1 inte kan bli rötskadat. Fönster 2, däremot, kan bli rötskadat i ett visst klimat. Det råder osäkerhet om det klimat som fönstret kan bli utsatt för. Klimatet kan representeras med ett mycket stort antal tillstånd, men låt oss säga att vi representerar klimatet enbart med två diskreta nivåer där den ena innebär att fönstret inte blir rötskadat och den andra att det blir rötskadat.

För att kunna besluta vilket av de två fönstren som skall väljas måste man ha numeriska värden på konsekvenserna. I beslutsteori används begreppet "utility" som kan översättas med "nytta". Beslutsfattaren skall välja det alternativ som ger den största förväntade nyttan.

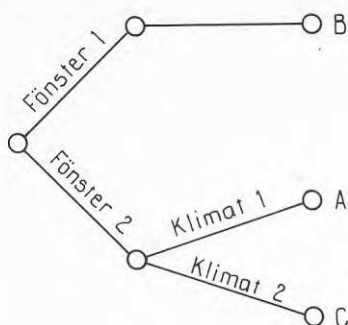


FIG 5.2. Beslutsträd för val mellan två fönster.

I FIG 5.2 ovan betecknas konsekvenserna A, B och C. Fönster 1 har en större investeringskostnad än fönster 2. I konsekvens B ligger alltså höga investeringskostnader men ingen risk för att behöva byta ut fönstret. Konsekvens A, som fås om man har det milda klimatet, innebär låga investeringskostnader och ingen risk för att behöva byta ut fönstret. Konsekvens C innebär att till investeringskostnaden kommer kostnaden för att behöva byta ut fönstret. (För att förenkla situationen tas ingen hänsyn till underhållskostnader.) Beslutsfattaren föredrar konsekvens A framför B och B framför C. Nyttan av konsekvenserna A och C kan tilldelas godtyckliga värden så att  $u(A) > u(C)$ .  $u$  är här "utility function", den numeriska funktion med vilken man kan jämföra de olika konsekvenserna. Genom att sätta godtyckliga värden på  $u(A)$  och  $u(C)$  definierar vi en skala. Den förväntade nyttan av handlingen att välja fönster 2 är

$$p \cdot u(A) + (1 - p) \cdot u(C)$$

$p$  = sannolikheten för att klimatnivå 1 är den sanna

Vi måste nu bestämma nyttan av att välja fönster 1, vilken är  $u(B)$  eftersom konsekvensen alltid är densamma oberoende av klimatnivån. För att göra detta måste man få fram den sannolikhet,  $p^*$ , för att klimat 1 är det verkliga klimatet, vid vilken beslutsfattaren precis lika gärna väljer fönster 2 som fönster 1 trots risken att behöva byta ut fönstret. Detta ger

$$u(B) = p^* \cdot u(A) + (1 - p^*) \cdot u(C)$$

Därefter kan förväntad nytta av de två olika valen jämföras och beslutet fattas efter kriteriet att den handling skall väljas som ger största förväntade nyttan.

Antag att konsekvens A tilldelas nyttan  $u(A) = -1000$  och  $u(C) = -2000$ . (Det är naturligt att välja negativa värden här eftersom konsekvenserna i samtliga fall är förenade med kostnader. Det är emellertid inte nödvändigt.) Antag vidare att beslutsfattaren precis lika gärna väljer fönster 1 som 2 om sannolikheten är 0.9 för att det verkliga klimatet är klimat 1. Då blir

$$u(B) = 0.9(-1000) + 0.1(-2000) = -1100$$

Om beslutsfattaren vet sannolikheten,  $p$ , för att det verkliga klimatet är klimat 1 kan han i den här enkla situationen direkt jämföra  $p$  med  $p^*$  och välja det säkra alternativet om  $p > p^*$  och det osäkra om  $p < p^*$ . I en mera komplex situation måste man emellertid genomföra beräkningarna av olika handlingars förväntade nyttor.

I diskussionen har nyttan hittills inte direkt relaterats till det ekonomiska värdet av konsekvenserna. Om konsekvenserna A, B och C alla kan uttryckas som kostnader, t ex 500 kr för A, 1000 kr för B och 2000 kr för C måste man ta reda på den sanno-

likhet,  $p^*$ , vid vilken beslutsfattaren är lika villig att lägga ut 1000 kr som att välja alternativet vid vilket han med sannolikheten  $p^*$  får lägga ut 500 kr och  $(1 - p^*)$  2000 kr. Den förväntade nyttan av de två handlingarna kan sedan beräknas.

Beroende på vem beslutsfattaren är kan man få olika relationer mellan ekonomiskt värde och nytta. För en privatperson kan en förlust betyda mycket vilket gör att han är ovillig att ta risker. I sådana fall får man en konvex kurva som uttrycker relationen mellan nytta och ekonomiskt värde, se FIG 5.3. Om de summor besluten handlar om inte uppfattas som stora för beslutsfattaren får man en linjär relation mellan nytta och ekonomiskt värde. Detta är situationen för ett företag.

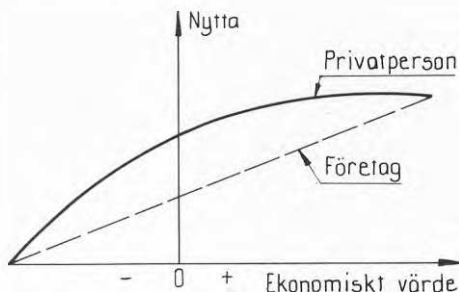


FIG 5.3. Olika relationer mellan nytta och ekonomiskt värde.

Om relationen mellan nytta och ekonomiskt värde är linjär kan man använda det förväntade ekonomiska utfallet som kriterium för beslutet.

I exemplet ovan innebär detta att om man har sannolikheten  $p = 0.8$  för att det verkliga klimatet är klimat 1 blir situationen som i FIG 5.4.

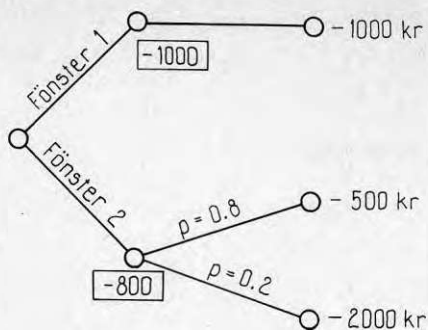


FIG 5.4. Beslutsträd för situationen i FIG 5.2 med nyttan uttryckt som ekonomiskt värde.

Nyttan av att välja fönster 2 är

$$0.8 (- 500) + 0.2 (- 2000) = - 800 \text{ kr}$$

vilket är större än - 1000 kr. Det riktiga beslutet är alltså i detta fall det sämre fönstret.

I verkligheten är beslutssituationen naturligtvis mycket mera komplicerad än i det beskrivna fallet. I fallet rötskador i fönster är det i många fall inte känt om ett visst fönster klarar av ett visst klimat eller inte. Antag att man har två fönster, 1 och 2. Den enda påverkande klimatfaktor man tar hänsyn till är slagregnmängden. Man känner sannolikheterna för att fönster 1 respektive fönster 2 skall behöva bytas ut vid olika nivåer på slagregnmängden. Detta visas i TAB 5.1.

TAB 5.1. Sannolikheten för att fönster 1 och 2 skall behöva bytas ut vid olika slagregns­mängder (t ex årsmedel­värden på en viss ort).

## FÖNSTER 1

Konsekvens \ Slagregns­mängd	Slagregns­mängd		
	$\leq 50$	100	$\geq 200$
Ej utbyte	0.999	0.98	0.95
Utbyte	0.001	0.02	0.05

## FÖNSTER 2

Konsekvens \ Slagregns­mängd	Slagregns­mängd		
	$\leq 50$	100	$\geq 200$
Ej utbyte	0.99	0.8	0.6
Utbyte	0.01	0.2	0.4

Vidare antas att sannolikheterna för de tre olika nivåerna av slagregns­mängder är

$$P (s \leq 50) = 0.2$$

$$P (s = 100) = 0.7$$

$$P (s \geq 200) = 0.1$$

Investeringskostnaden för fönster 1 och 2 är 1000 resp 800 kr. Utbyteskostnaden antas samma i bägge fallen, 2000 kr. Detta ger beslutsträdet i FIG 5.5.

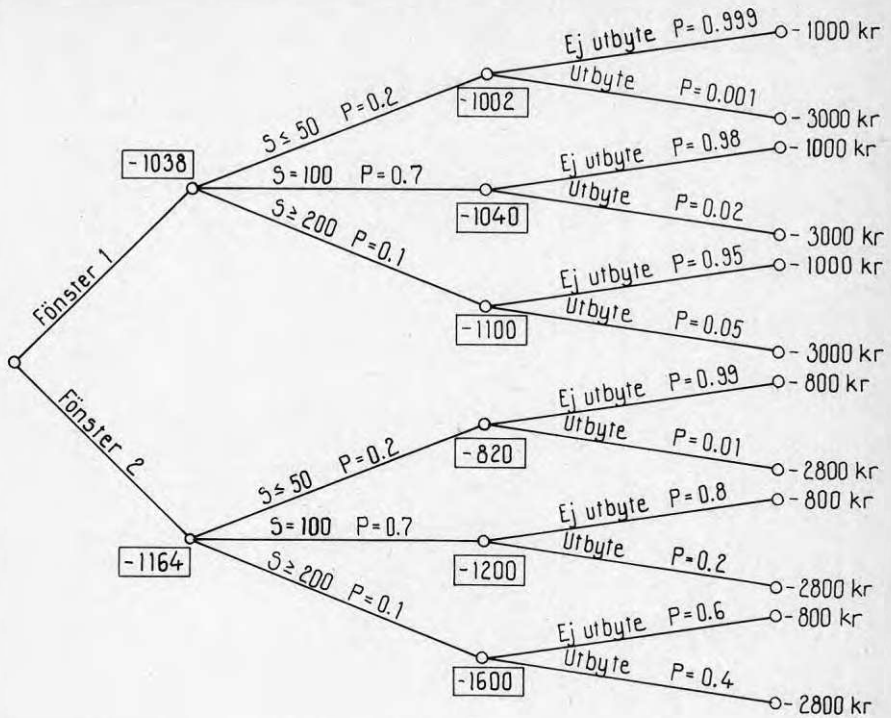


FIG 5.5. Exempel på beslutsträd där funktionen hos fönster är osäker.

I det här exemplet är det bättre fönstret det riktiga valet. Den nivå på beslutsträdet som motsvarar sannolikheterna för att rötskador skall uppstå finns längst till höger. För varje nivå i beslutsträdet kan man beräkna det förväntade ekonomiska utfallet. Boxarna längst till vänster i trädet representerar de förväntade värdena av handlingarna att välja fönster 1 eller 2.



Man kan också åskådliggöra beslutssituationen i FIG 5.5 med ett träd som har sex grenar ut från varje handlingsalternativ, se FIG 5.6. Varje gren representerar nu fallet att en viss slagregnmängd är den verkliga och att fönstret har en viss funktion. Sannolikheten för detta alternativ är produkten av sannolikheten för slagregnmängden och sannolikheten för att fönstret har denna funktion.

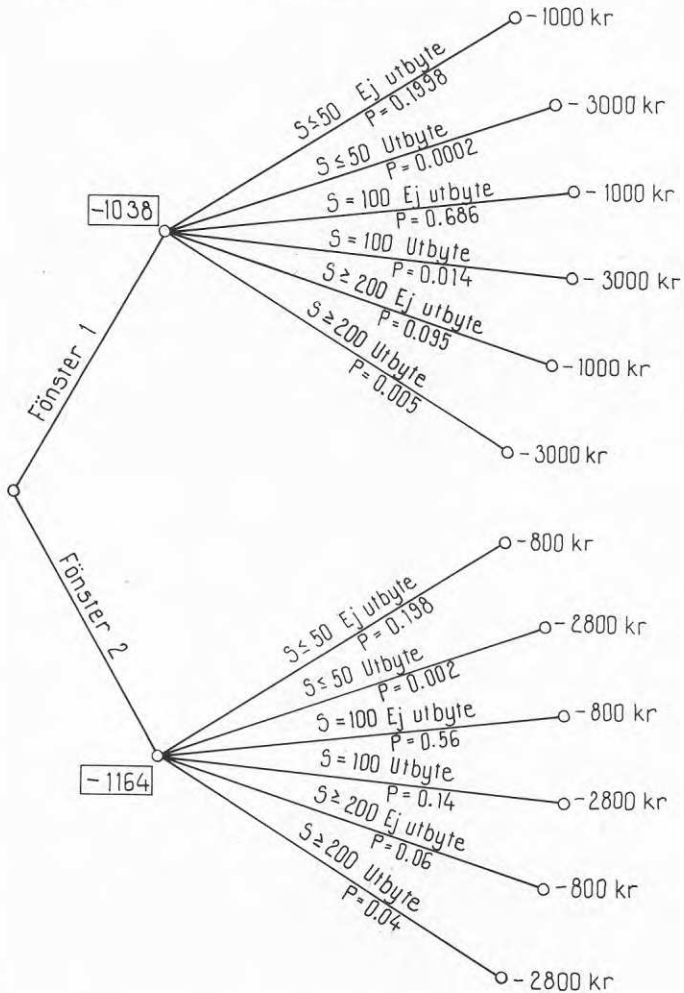


FIG 5.6. Beslutsträd, ekvivalent med det i FIG 5.5.

Ett försök att modellera en mera verklighetstrogen besluts-situation innehåller betydligt många fler komponenter än i de visade exemplen.

En beslutsfattare som skall göra ett riktigt val av fönster måste känna till alla de risker som kan påverka fönstret. Han måste veta vilket ute- och inneklimat fönstret kan bli utsatt för och hur byggnadens utseende och ytterväggskonstruktion kan påverka fönstret. Vidare måste han ha en uppfattning om kvaliteten och egenskaperna hos olika fönster, speciellt med avseende på hur fönstret kan motstå olika förekommande klimatpåfrestningar. Han måste också veta hur en viss typ av underhåll påverkar fönstret och hur ofta ett fönster måste underhållas i olika klimat.

Den kvantitativa informationen saknas i mycket stor utsträckning. Makroklimatet kan i vissa fall uttryckas numeriskt men om mikroklimatet vet man ofta mycket litet. Normerna talar om vilka krav fönster skall uppfylla. Vissa av dessa krav kan kontrolleras med provningar. I allmänhet vet man dock ingenting om långtidsegenskaperna.

En riskutvärdering kan därför inte göras numeriskt. Beslutsträdsanalysen kan emellertid ge svar på frågor som:

- Vilka krav skall man ställa på fönster?
- Vilken information måste man ha tillgång till för att kunna göra ett "riktigt" val av fönster?

Man måste, som tidigare nämnts, göra en utvärdering där alla tänkbara risker och skadeförlopp beaktas och vägs mot varandra. Ett sätt att gå tillväga är att utgå från orsakssamband mellan påverkningar och konsekvenser som finns i KAP 3.5.1 - 3.5.4 samt eventuella övriga situationer som kan ha betydelse.

#### 5.4. Slutsatser

Värdering av risker och konsekvenser kan göras på flera olika sätt. I detta kapitel har två möjligheter redovisats, en metod där riskerna har balanserats och en där konsekvenser har omsatts i monetära värden. Var och en av dessa metoder har tyngdpunkten på antingen risker eller konsekvenser. Detta innebär att båda metoderna har en svaghet eftersom de inte kan representera totala innebörden av omfattningen av en risk i ett uttryck. Denna brist på möjlighet för en totalvärdering av både risker och konsekvenser är typisk för alla metoder som används för riskvärdering och beror på att risker och konsekvenser inte kan behandlas på samma sätt. I stället bör utvärderingsmetod väljas med avseende på hur resultaten skall användas.

Riskvärdering med avseende på balanserade risker används här för att bestämma generella krav. Detta beror till stor del på att konsekvensen alltid är samma, någon form av rötskador. I andra fall när konsekvenser kan variera inom ett stort område kan andra metoder vara lämpligare. De krav som kommit fram vid riskvärderingen är framtagna för att begränsa risken för rötskador. Detta innebär inte att alla krav är nödvändiga för att uppfylla målet som är en förväntad livslängd hos fönstret. Exakt vilka krav som är mindre viktiga är däremot svårare att säga eftersom detta kräver detaljerad kunskap om ett specifikt projekt.

Målsättningen har här varit att redovisa vilka krav som behövs för att bemästra de mest markanta riskerna.

Riskvärdering med avseende på beslutsteori innebär att någon ställer krav för att optimera någon nytta. Detta innebär att bedömningen av risker inte nödvändigtvis leder till att risker skall kontrolleras. Målsättningen är oftast att maximera någon nytta, t ex totala kostnaden under en 30-årsperiod skall vara

så låg som möjligt, vilket innebär att utvärderingen inkluderar ett specifikt objekt. För ett sådant fall inkluderas också olika typer av fönster och deras kostnader i analysen. I denna utvärdering har enbart den generella metodiken redovisats.

En riskanalys är beroende på hur väl risker kan identifieras och bestämmas. Detta innebär att det krävs både god kännedom och kanske intuition för att bestämma de risker som bör beaktas och möjligheter att finna lämplig information om dessa risker. Det sista är inte det minst viktiga och detta är ofta ett stort problem vid riskanalys. De krav som kan behöva ställas är beroende på denna information och kontrollen av risker kan aldrig bli bättre än den ursprungliga kunskapen. Den här presenterade analysen av fönster med avseende på risken för rötskador skall ses i denna belysning och inte som ett slutgiltigt dokument om vilka krav som behövs på fönster.



## REFERENSER

- Anderlind, G., 1974, Uttorkning av byggfukt i mineralullsisolerade betongsandwichelement, Rapport 74:80, Institutionen för Byggnadsteknik, CTH
- Andersson, A-C., Gaffner, D., 1980, Fukt i fönster. Förstudie med speciell inriktning på ytterväggens inverkan, Rapport BKL 1980:8, Institutionen för Byggnadsteknik, LTH
- Beijer, O., Johansson, A., 1976, Slagregn mot betongfasader, CBI forskning 7:76, Stockholm
- Benjamin, J., Cornell, A., 1970, Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers, Mc Graw - Hill
- Billgren, G., Grönlund, A., 1977, Träfönsters beständighet, Rapport R12:1977, Byggforskningen, Stockholm
- Billgren, G., 1978, Träfönsters beständighet. Del 2:Fönster utformade enligt aktuell SIS standard, Rapport R44:1978, Byggforskningen, Stockholm
- Bjerking, S-E., 1979, Fönster, Rapport R150:1979, Byggforskningen, Stockholm
- Elmroth, A., 1975, Kryprumsgrundläggning, Rapport R12:1975, Byggforskningen, Stockholm
- Elmroth, A., Fällby, B., 1981, Fogning med polyuretanskum, Byggindustrin nr 3/81, Byggmästarens förlag, Stockholm
- Grönlund, A., Impregnering av fönster i befintliga konstruktioner, Träforskningsinstitutet
- Harmsen, L., 1967, Traeödelæggende svampe og dyr, Teknologisk Instituts Förlag, Köpenhamn
- Jacobson, L., 1976, Mätning av fasadregn vid CTH fältstation för byggnadsteknisk forskning och provning, Fiskebäck, Institutionen för Husbyggnad, CTH

Johansson, F., 1969, Färgskikt och fukt, Rapport R47:1969, Byggnadsforskningen, Stockholm

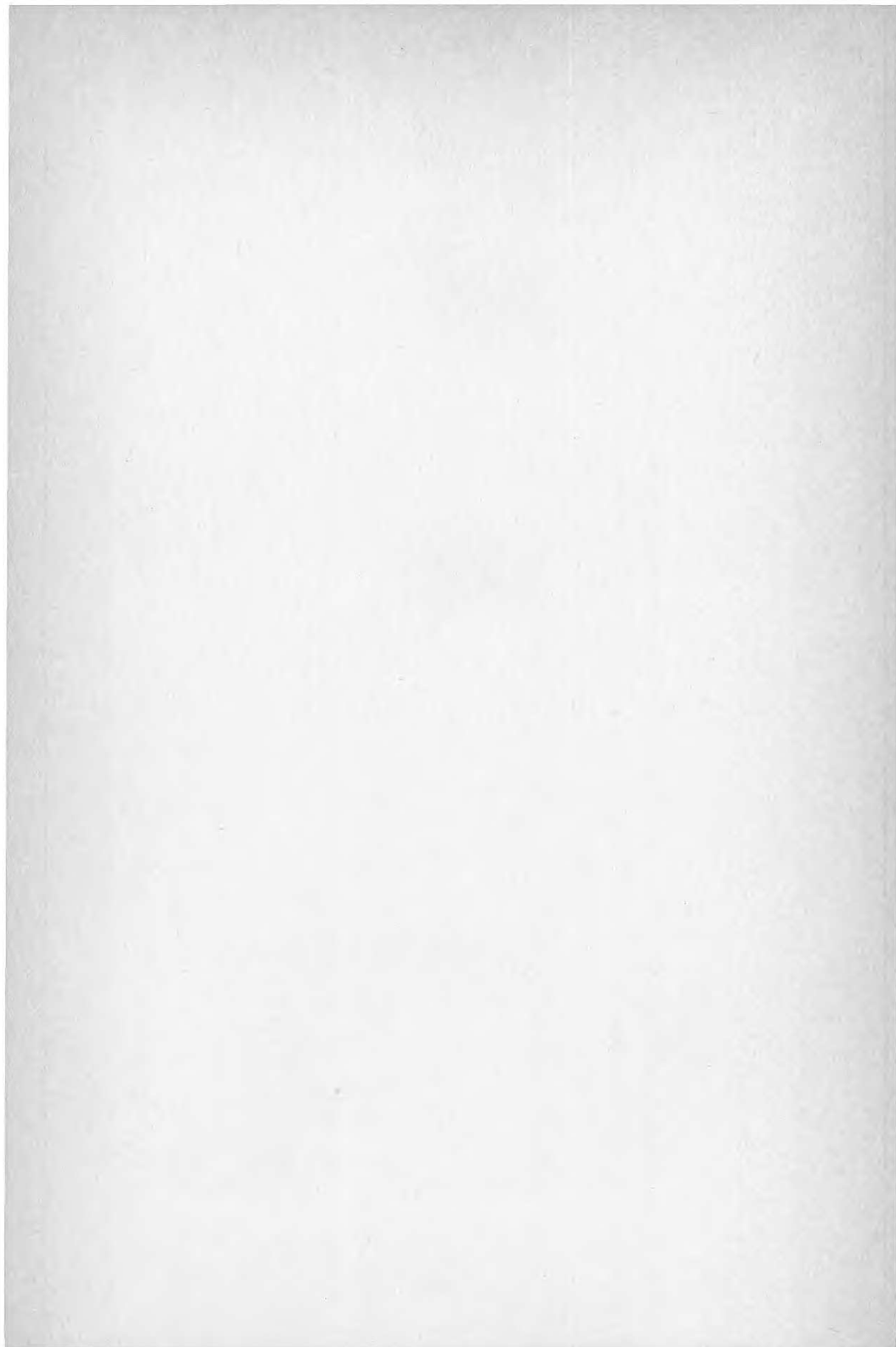
Lyberg, M.D., 1979, Review of Micro- and Buildingphysical Properties of Driving Rain, M79:13E, Statens institut för byggnadsforskning, Gävle

Sentler, L., 1980, En metod för analys av krav på byggnader, Rapport TVBK-3008, Institutionen för Byggnadsteknik, LTH

Strandberg, S., 1980, Branta tak. Undersökningar av takets täthet mot regn vid samtidig vindbelastning, Rapport TVBM-3002, Institutionen för Byggnadsteknik, LTH

Träimpregnering 1964, Svenska Riksbyggen, Handlingar nr 8, Stockholm

WASH-1400, 1975, Reaktor Safety Study: An assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants, NUREG-75/014, Washington, D.C.







Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
791266-0 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Institutionen för byggnadsteknik, Lunds  
Tekniska Högskola.

R43: 1982

ISBN 91-540-3688-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700543

Abonnemangsgrupp:  
Z. Konstruktioner och material

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirkapris: 35 kr exkl moms