



LUND UNIVERSITY

Kritiska fukttillstånd för några byggnadsmaterial : preliminär undersökning

Hedenblad, Göran; Nilsson, Lars-Olof

1987

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Hedenblad, G., & Nilsson, L.-O. (1987). *Kritiska fukttillstånd för några byggnadsmaterial : preliminär undersökning*. (Rapport TVBM; Vol. 3028). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

Total number of authors:

2

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

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

Take down policy

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

LUND UNIVERSITY

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

Kritiska fukttillstånd för några byggnadsmaterial

Preliminär undersökning

Göran Hedenblad

Lars-Olof Nilsson

Innehållsförteckning

1. INTRODUCTION
2. METODIK
3. LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR
 - 3.1 Klimatiseringsmetoder
 - 3.2 Fuktmätningar
 - 3.3 Metoder att mäta förändringar
 - 3.3.1 Långtidsförsök
 - 3.3.2 Transport av alkali
 - 3.3.3 Transport av mjukgörare
 - 3.3.4 Förändring av "styvhet" hos lim
 - 3.3.5 Förändring av fläkhållfasthet hos lim
 - 3.3.6 Förändring av draghållfasthet hos lim
 - 3.3.7 Lukt från limfilmer
 - 3.3.8 Längdändring av enbart fuktpåverkan
 - 3.3.9 Längdändring hos mattor vid alkalipåverkan
 - 3.3.10 Förändring av styvhet hos mattor
 - 3.3.11 Änggenomgångsmotstånd hos mattor
4. DISKUSSION AV RESULTAT
 - 4.1 Fuktmätningar
 - 4.2 Förändringar av styvhet hos lim
 - 4.3 Förändring av fläkhållfasthet hos lim
 - 4.4 Förändring av draghållfasthet hos enbart lim på betong
 - 4.5 Förändring av draghållfasthet hos lim i långtidsförsök
 - 4.6 Lukt från limfilmer i långtidsförsök
 - 4.7 Styvhetsförändringar hos mattor
5. FORTSATT ARBETE
6. SAMMANFATTNING
7. REFERENSER
8. BILAGOR

1. INTRODUKTION

Hur stora fuktbelastningar olika byggnadsmaterial tål är mycket litet känt. De uppgifter som finns är osäkra och onyanserade och beaktar inte alls olika materialkvaliteter och olika materialkombinationer. Överhuvudtaget är skademekanismerna dåligt kartlagda.

Projektet syftar till undersöka möjligheterna att ta fram en del av dessa materialdata. Detta är av mycket stort praktiskt intresse, inte bara därför att dåliga materialkvaliteter skulle försvinna ur marknaden, utan framför allt därför att byggbranschen skulle få de kritiska fukttillstånd som erfordras för en dimensionering av konstruktioner ur fuktsynpunkt. Man skulle kunna, på ett helt annat sätt än nu, bedöma vilka risker som är förknippade med en viss konstruktion och det praktiska resultatet skulle bli säkrare konstruktioner, i många fall också billigare, med färre skador.

Alla typer av fuktskador på olika byggnadsmaterial kan naturligtvis inte behandlas omedelbart. Undersökning av fuktkriterier för golvläm i alkalisk miljö har påbörjats först med klarläggande av skademekanismerna och framtagning av metoder att mäta förändringar i samband med uppkomsten av fuktskador. I samband med studierna av golvläm, har också en del arbete lagts ned på att undersöka hur golvmattor påverkas av fukt och alkali. Samtidigt görs en inventering av var kunskapsfronten ligger och eventuellt forskningsbehov för en del andra material och skadetyper. Härvid har fuktkriterier för lukt- och mögelproblem högsta prioritet. En del arbete har här gjorts under senare år. Detta redovisas inte i denna rapport.

Inom projektet har också en speciell studie gjorts av fuktkriterierna för ammoniakavgång från flytspackel. Detta presenteras i en separat redovisning i Fuktgruppens Verksamhetsberättelse 1981-84 med rubriken "Fukt i flytspackel".

Projektet är ett projekt inom Fuktgruppen vid Tekniska Högskolan i Lund, som har anslag från Statens råd för byggnadsforskning (BFR). Projektet har emellertid prioriterats lågt av BFR:s representanter i Fuktgruppens samordningsgrupp, varför det fått drivas på sparlåga till fördel för andra projekt som prioriterats högre. En av anledningarna till detta är att man ansett att en större del av denna typ av projekt bör läggas på materialfabrikanterna. Det genomförda arbetet redovisas i denna rapport.

2. METODIK

För att nå fram till uppgifter om kritiska fukttillstånd erfordras en relativt omfattande forskning. Nedbrytningsmekanismerna måste studeras i viss omfattning, både med avseende på fukt- och alkalipåfrestning på själva limfilmen, men också transport av fukt och alkali fram till denna. En mätmetod måste utvecklas, som är sådan att egenskapsförändringar kan mätas på relativt kort tid, samtidigt som materialet utsätts för en kombinerad fukt- och alkalipåfrestning av en viss nivå. Kravet på mätmetoden är att den skall ge resultat som överensstämmer med långtids- och fältförsök.

För att kunna utvärdera kritiska fukttillstånd, " RF_{KRIT} ", eftersträvas att mätmetoderna skall ge resultat av endera av de två alternativa typerna i Figur 2.1.

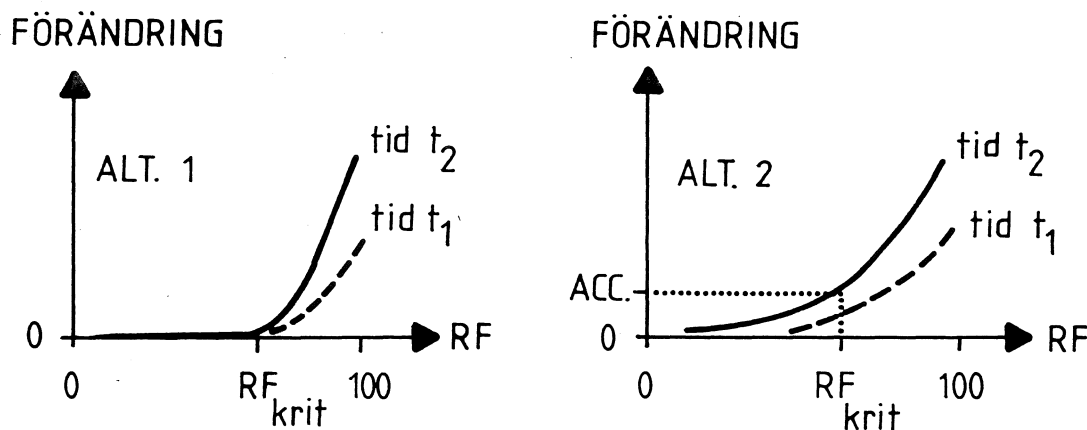


Fig 2.1 Eftersträvat resultat av förändringsmätningar.

Alternativ 1 definierar RF_{KRIT} där någon som helst förändring börjar ske.

En sådan utvärdering kan diskriminera material med god beständighet.

Alternativ 2 definierar RF_{KRIT} där förändringens storlek överskrider en

viss gräns, som beror av bl a exponeringstid och materialkombination. Svårigheter föreligger naturligtvis i att bestämma en acceptabel sådan gräns, med hänsyn tagen till materialets avsedda livslängd. I princip måste en livslängdsprognos göras för att resultatet av en korttidsmätning skall kunna utnyttjas.

3. LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR

Projektet har inletts med inventering av nuvarande kunskaper om skademekanismen vid nedbrytning av golvläm i alkalisk miljö för bedömning av hur fukten inverkar. Detta har skett genom ingående diskussioner med materialfabrikanternas experter, bl a i GEBOS arbetsgrupp "RF_{KRIT}", vilken används som referensgrupp för delprojektet "Golvläm". Med resultatet av denna inventering som underlag har ett program utarbetats för laboratorieundersökningar.

3.1 Klimatiseringsmetoder

Ett 60-tal provplattor (300x400x22 resp 600x400x45 mm) har gjutits, härdats och torkats. Golvbeläggningar med olika egenskaper har införskaffats och tre golvläm har valts ut, varav ett som anges vara speciellt alkalkänsligt. En klimatanläggning, för att få avsedd fuktpåverkan underifrån, har byggts upp. Plats finns för minst 24 löpmetrar provplattor av 0.4 m:s bredd, utsatta för åtta olika klimat se Figur 3.1a.

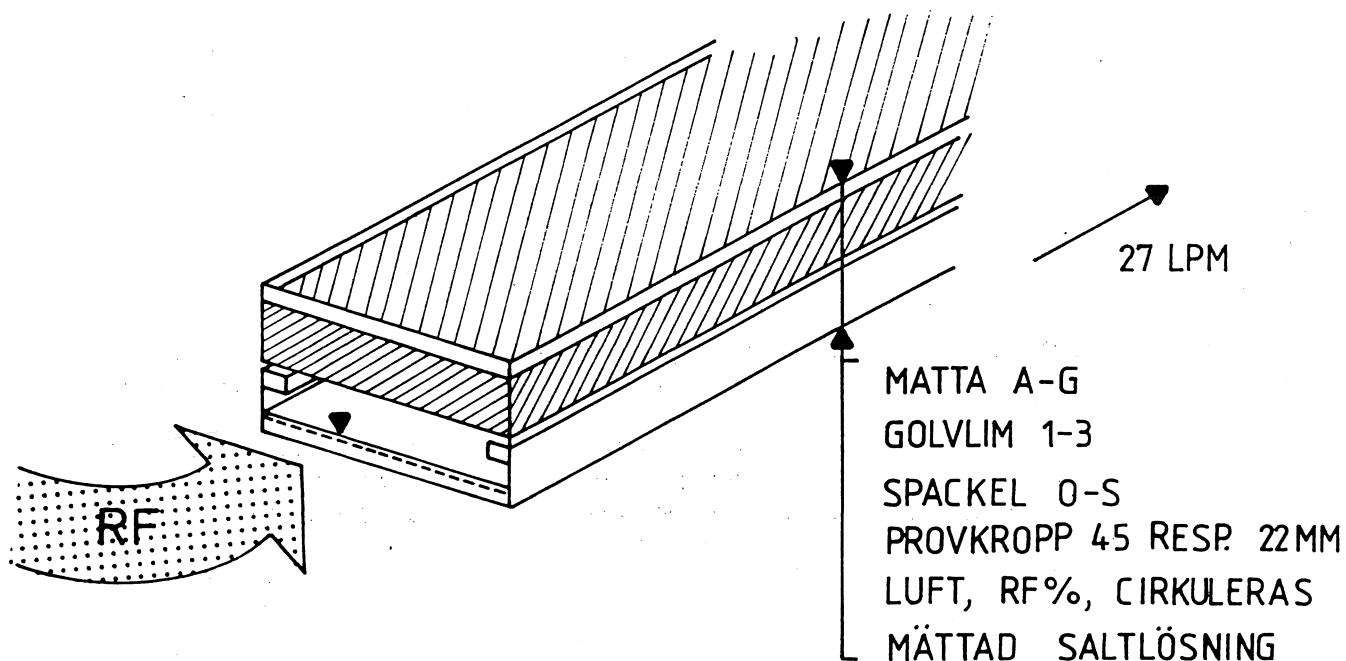


Fig 3.1a Klimatanläggning.

3.2 Fuktmätningar

I de större provplattorna kan fuktbelastningen mätas i hål i plattan, i en kupa ställd ovanpå plattan respektive på uttagna prover av bruksplattan efter avslutat försök. På grund av problem med utrustningen för mätning av RF, har de tidigaste mätningarna gett missvisande resultat. Tids-

förloppet i uppfuktningen har därför inte kunnat följas tillräckligt noggrant. De avslutande mätningarna som hittills utförts uppvisar en jämn fuktfördelning i plattornas plan, men en viss fuktgradient vertikalt däremot. Fuktblastningen på beläggningskombinationernas undersida har följaktligen varit något lägre än den "nominella RF" som bruksplattornas undersida påverkats av.

Mindre bruksskivor (150x50x10 mm) med varierande beläggningskombination har klimatiserats i klimatlådor där luften cirkuleras med fläkt. Här påverkas alltså även beläggningsmaterialets ovansida av fukt, medan undersidan påverkas av fukt och alkali, se Bilaga 3.2a.

Fuktmätningarna i de mindre bruksskivorna har gjorts i en "kupa" av ett plaströr genom beläggningskombinationen, se Figur 3.2a.

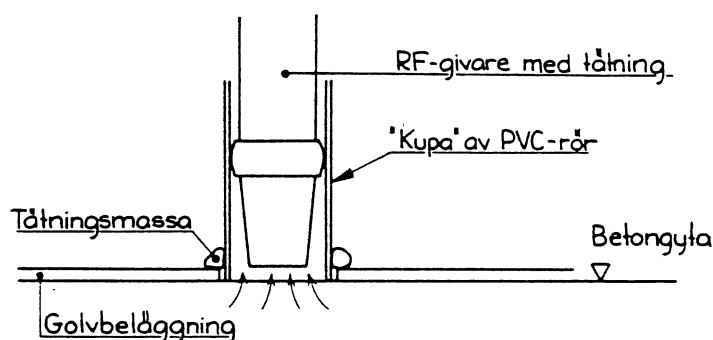


Fig 3.2a Mätning av RF på bruksunderlag och på limfilm.

Resultaten visar att uppfuktningen går mycket långsamt och inte ens efter tre månaders konditionering nås en fuktblastning som ligger tillräckligt nära det förväntade. Som exempel kan nämnas att i en klimatlåda med 97 % RF uppmättes bara 92 % RF under beläggningen efter tre månader, se figur 3.3.5c.

Bruksplattorna, med pålimmade mattor, i långtidsförsöket togs ut ur RF-rännorna och placerades i polyetenpåsar. Därefter togs varje platta ut separat och provning av limmets draghållfasthet utfördes. När en dragprovning var utförd tejpades hålen igen med diffusionstät tejp. Plattorna fördes till ett klimatrums med 95 % RF för att avdunstningen skulle förhindras eller bli låg vid RF-provtagningen. Den ena mattan drogs av bruksplattan och RF-prov togs genom att hugga loss den översta delen av plattan. Delarna som huggits loss ur plattan lades omedelbart i ett glasprovrör och förseglades. RF-mätning utfördes därefter på konventionellt sätt, Nilsson (1979).

Mätresultaten framgår av bilaga 3.2b. Vid jämförelse av mätresultaten för olika RF-givare har konstaterats att 3 RF-givare ger resultat som avviker

från övriga 12 RF-givare. För dessa 3 RF-givare har felet uppskattats och de avlästa värdena har korrigerats med denna feluppskattning. Mätresultaten ger en splittrad bild av RF-tillståndet i plattorna, men generellt kan sägas att uppmätt RF är lägre än nominell RF. Genom att räkna ut vad RF i limfogen bör vara då ånggenomgångsmotståndet för bruksplattor och mattor är kända erhålles Figur 3.2b. Ångpermeabiliteten för cementbruket har uppskattats mha Nilsson 1977. Ånggenomgångsmotståndet för mattorna har mätts och redovisas i 3.3.11. Beräkningarna har gjorts för $RF_{nom}=85$

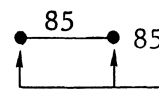
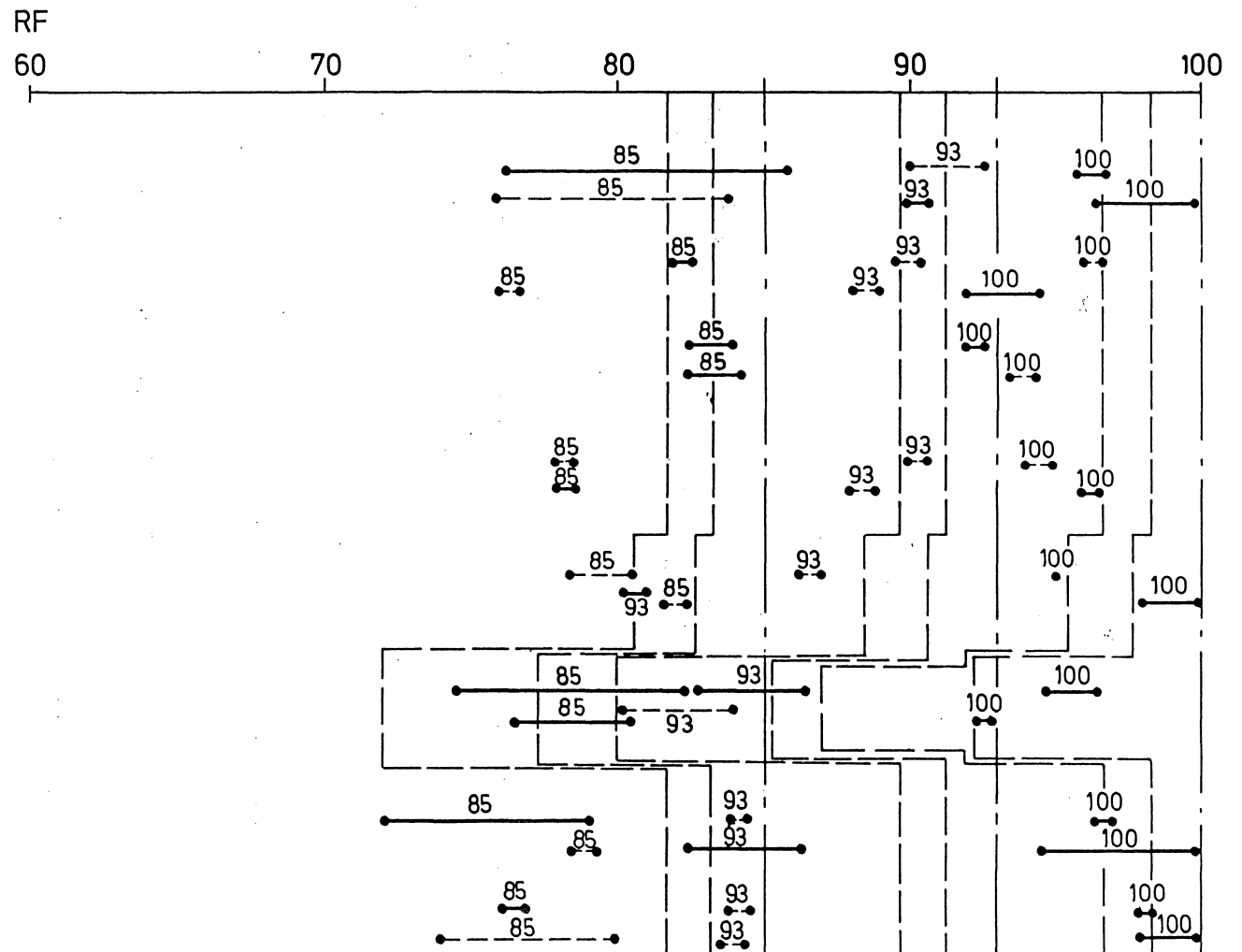
%. Skillnaden mellan RF_{nom} och RF_{ber} i limfilmen vid 85 % RF har sedan

använts vid 93 % och 100 % nominell RF. Jämförelse mellan beräknad och uppmätt RF har därefter skett och en trolig RF mellan matta och lim har uppskattats.

Fig 3.2b Uppmätt RF i överkant på plattor i långtidsförsök.

Matta	Platta	Lim
B	I	1
		2
	VIII	1
		2
	X	1
		2
D	III	1
		2
E	III	1
		2
F	IV	1
		2
G, OS*	V	1
		2
FS*	V	1
		2

* Spackel



vid 22 mm plattjocklek (kurva med högst RF)
och 40 mm plattjocklek (kurva med lägst RF)

Följande tabell över trolig RF kan uppställas

TABELL I. Trolig RF under mattor i långtidsförsök.

Nominell RF	85	93	100
Matta B	83	90	97
Matta D	80	90	96
Matta E	80	87	96
Matta F	78	84	94

För matta G synes mätt RF ligga betydligt under beräknad RF då nominell RF är 85 % OCH 93 %. Detta kan bero på att ytorna hade spacklats och att mäta RF i spackel oftast ger för låga värden.

3.3 Metoder att mäta förändringar

Tänkbara mätmetoder för att konstatera kemiska, fysikaliska och mekaniska förändringar har studerats i varierande omfattning. Test av dessa, långtidsförsök samt laboratoriestudier av mekanismen pågick samtidigt kontinuerligt. Resultaten av dessa försök sammanfattas nedan.

3.3.1 Långtidsförsök

En del av provkropparna i långtidsförsöken har erhållit tydliga fuktskador, se Tabell II.

Tabell II. Okulärt observerade förändringar i långtidsförsöken efter två års exponering.

Beläggning	RF(%) (nominell)				90	93	97	100	100+
	50	75	85						
A	-		-			-		blåsor	
B	-		-			-		-	
C			krympning						blåsor
D	-		-			-		-	
E	-		-			-		-	
F	-		-			-		-	
Al ^{1/}	-		-			1/2		1/1	
G ^{2/} +FS	-		någon			tydlig		tydlig	
G ^{2/} +OS	-		knapp			någon		tydlig	
PE	-					små blåsor <u>mjukt lim</u>		stora blåsor vätska!	

100+ Undersida bruksplatta var i kontakt med fritt vatten	
Beläggning A	Linoleum täckt med PE-folie
B, D-F	Kommersiellt tillgängliga PVC-mattor
C	Speciellt mattprov utan vanliga stabilisatorer
Al	Aluminiumfolie, limmad
G	Korkplatta med PVC-folie
PE	Polyetenfolie, limmad
FS, OS	Flytspackel (kaseinhaltigt) respektive ordinärt golvspackel

1/ Förändring: "1/2 resp 1/1": Aluminiumfolie nedbruten till hälften respektive helt.

2/ Förändring: Mörk missfärgning av korken där en remsa av PVC-folien skurits bort.

Lim 1 och 2 har båda använts till samtliga beläggningar utom till beläggning C till vilken lim 3 har använts.

De kommersiellt tillgängliga golvbeläggningarna har limmats med två typer av kommersiellt tillgängliga lim (lim 1 & lim 2) avsedda för de aktuella beläggningarna på sugande underlag. Bortsett från blåsbildningen hos linoleummattan vid 100 % RF och missfärgning av korkplattorna, har inga som helst förändringar kunnat konstateras okulärt efter två års exponering på mycket fuktiga, alkaliska underlag. Kombinationen av "matta" C och "lim" 3 har framtagits speciellt för detta projekt i avsikt att med dessa "dåliga material", snabbare få tydliga utslag i de testmetoder som provas. Kombinationen har dock varit så dålig att mattorna krympt även utan nämnvärd fuktpåverkan.

Resultaten föranleder några frågor, vars svar inte erhållits fullt ut.

FRÅGA 1: Är moderna limmer så beständiga mot fukt och alkali att deras vidhäftningsegenskaper inte nämnvärt påverkas?

FRÅGA 2: Är de aktuella mattorna så formstabila att, även om limmet är fullständigt nedbrutet, varken blåsbildningar eller krympningar uppkommer annat än vid stora mekaniska påfrestningar (som inte förekommit i försöken)?

FRÅGA 3: Om svaret på endera av frågorna 1 eller 2 är Ja, är det då överhuvudtaget relevant att studera mekaniska egenskaper hos golvlim vid påverkan av fukt och alkali?

FRÅGA 4: Borde man istället inrikta sig på att undersöka hur de påverkas av mjukgörare från mattan och om de avger någon reaktionsprodukt som kan ge upphov till sanitära olägenheter?

3.3.2 Transport av alkali

För att beläggingsmaterialen skall påverkas av alkali i någon högre grad, och inte bara av fukt, fordras att alkali i underlaget vandrar fram till ytan. Undersökningar av fuktkriterier för flytspackel indikerade att viss transport av alkalijoner kan ske via luften. För en större alkali-transport fordras dock transport i vätskefas och denna måste vara kontinuerlig för att alkali skall nå fram till ytan. Det bör därför finnas en gräns för när sådan transport kan börja ske. Porsystemet måste vara fyllt med så mycket vatten att en kontinuerlig vätskefas bildats, dvs fuktinnehållet eller fukttillståndet måste ha överskridit det kritiska fukttillståndet för alkalitransport.

Ett försök att mäta ett sådant gränsvärde har gjorts genom att 8 cm tjocka betongplattor torkats i olika klimat (79, 86, 90, 93 och 97 % RF), varefter fördelningen av lösliga joner vinkelrätt mot avdunstningsytan uppmätts med EDAX i elektronmikroskop. Dessa mätningar har utförts vid Cement- och betonginstitutet av Veikko Lehtonen på ett mycket förtjänstfullt sätt.

Samtliga provkroppar har membranhårdats en vecka efter gjutning, varefter de fått torka i de olika klimaten i mer än ett år. Genom att torka i olika klimat borde avdunstningsfronten hamna på olika djup och alkali följaktligen ansamlas på olika djup. Om klimatet på ytan är sådant att det är fuktigare än det kritiska fukttillståndet, borde alkalin nå ända fram till ytan och utfällas där. Torkning i olika klimat borde alltså ge upphov till olika alkalifördelningar.

Analysen har gjorts med avseende på Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , SO_3 , Cl , K_2O , CaO och Fe_2O_3 . I de punkter där analysen givit resultat för CaO och SiO_2 som markant avviker från cementets (ca 65 resp ca 20 %) har mätresultaten satts inom parentes. Analyspunkten inkluderar här troligen ett ballastkorn eller alkali-kiselsyrage.

De resultat som erhållits av hittills gjorda mätningar åskådliggöres i Figur 3.3.2 a och 3.3.2 b. Resultaten visar att endast kalium (K_2O) och sulfat (SO_3) är ojämnt fördelade; övriga analyserade ämnen är jämnt fördelade på olika avstånd från ytan. Det framgår också att den använda metoden är tillräckligt noggrann för att detektera hur olika ämnen förflyttats.

De uppmätta fördelningarna visar att kalium transporterats fram till yt-skiktet och ansamlats ner till ett djup av 2-3 mm. Denna alkalitransport har sannolikt skett huvudsakligen genom att fukttransporten fört med sig alkali. Den rena diffusionen av alkali har det inte funnits någon drivande gradient för.

Avdunstningsfronten har successivt vandrat inåt från ytan, varför alkali avsatts på större och större djup. Ansamlingen av alkali har lokalt gett så högt pH att sulfat gått i lösning och kan diffundera inåt mot områden där sulfat bara finns utfällt som ettringit och monosulfat. Totalinnehållet av sulfat uppvisar därför en "puckel" på 1-4 mm:s djup.

Resultaten har inte analyserats i detalj. Skillnaden mellan fördelningarna av kalium och sulfat i de olika klimaten är små. Resultaten är därför otillräckliga för att utvärdera något kritiskt fukttillstånd med avseende på alkalitransport. Här fordras betydligt mera omfattande undersökningar, bl a med mätningar av tidsförloppet. Detta ryms inte inom ramen för detta projekt.

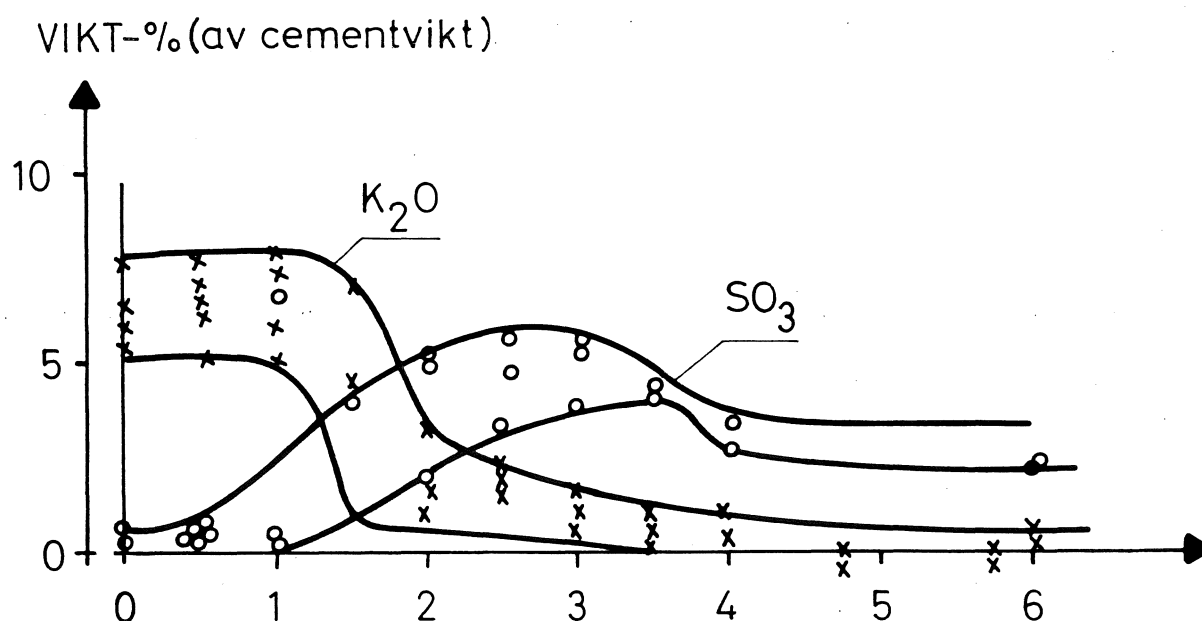
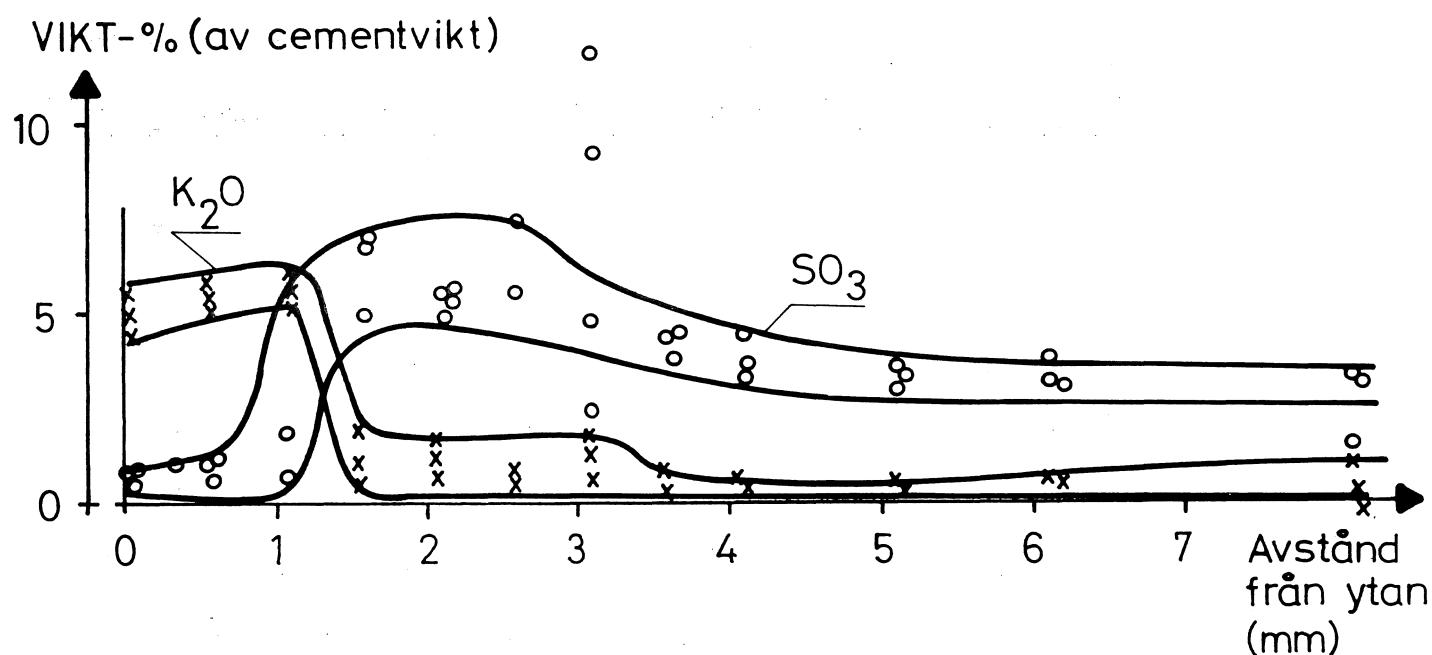


Fig 3.3.2a Fördelning av alkali och sulfat på olika djup från ytan. Provkroppar med olika torkklimat.

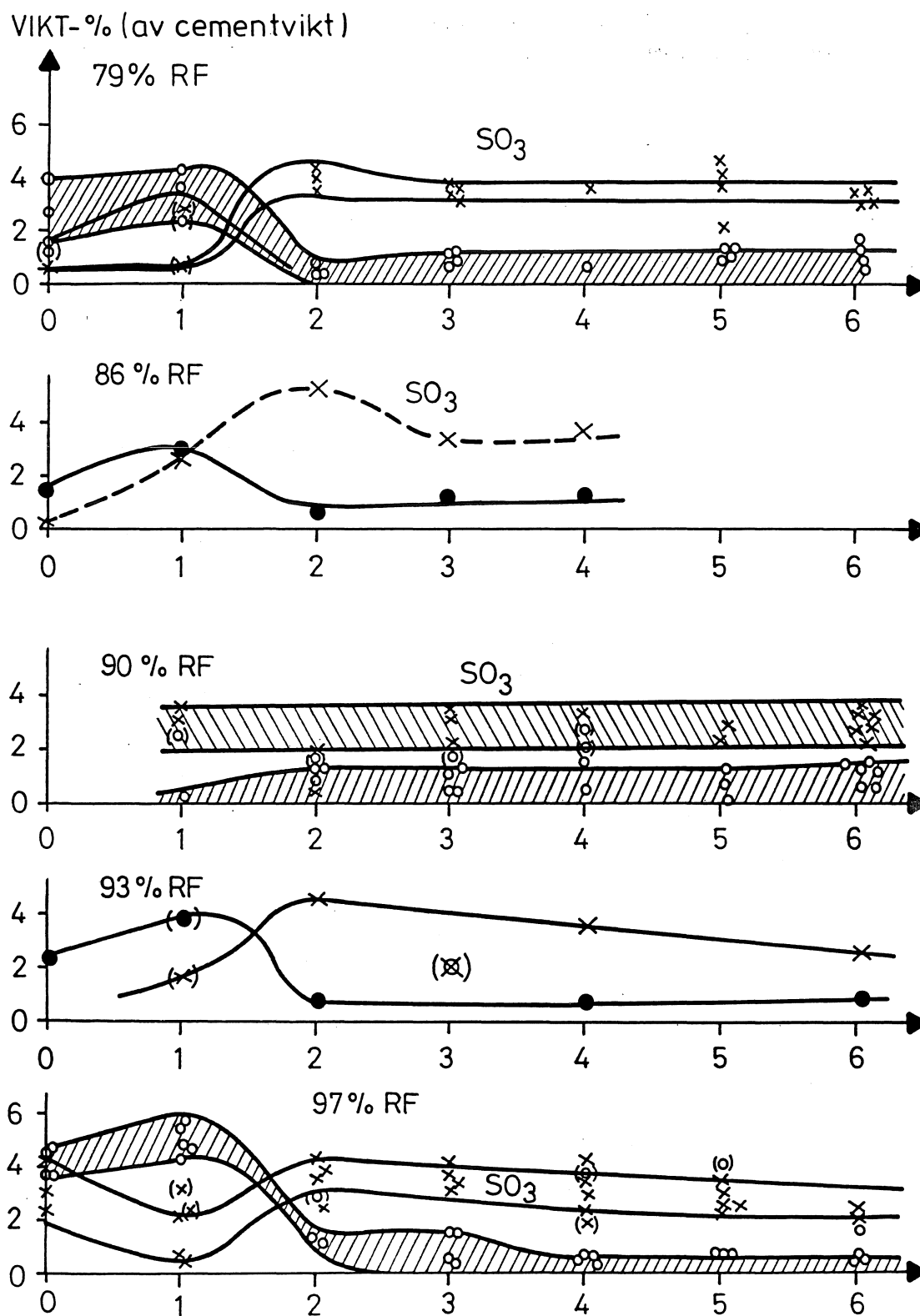


Fig 3.3.2b Fördelning av alkali och sulfat på olika djup från ytan.
Provkroppar med olika torkklimat.

3.3.3 Transport av mjukgörare

Några enkla försök har också gjorts att mäta om en eventuell mjukgörarvandring från matta till lim ägt rum i långtidsförsöken. Dessa analyser av mjukgörarförekomst har utförts på Kemicentrum i Lund.

Den första kontrollen av matta "B" visade liten mängd ftalat i mattan, men mera i limmet. Som jämförelse ströks samma lim på en ny bit av samma matta, varefter ny analys gjordes. Även här uppmättes mer ftalat i limmet än i mattan. Enligt fabrikanten skall det inte finnas någon mjukgörare alls i limmet.

Dessa motsägelsefulla resultat visar bara att mjukgörarvandring måste studeras närmare.

FRÅGA 5: Sker mjukgörarvandringen inom några dygn från det att lim och matta kommit i kontakt?

FRÅGA 6: Har fukt och alkali någon avgörande inverkan på mjukgörarvandringens storlek? (eller uppkommer mjukgörarvandring enbart av dåliga materialkombinationer?).

3.3.4 Förändring av "styvhet" hos lim

För att undersöka om fuktighetens inverkan på limfilmen kan mätas som en förändring av limfilmens E-modul (styvhet) har ca 50 glasplattor och 50 betongplattor limmats med lim 1 och 2. Plattorna har konditionerats i olika klimat och belastades därefter med hjälp av en stämpel. Plattorna har belastats två och två med mellanliggande stämpel, se Figur 3.3.4 a.

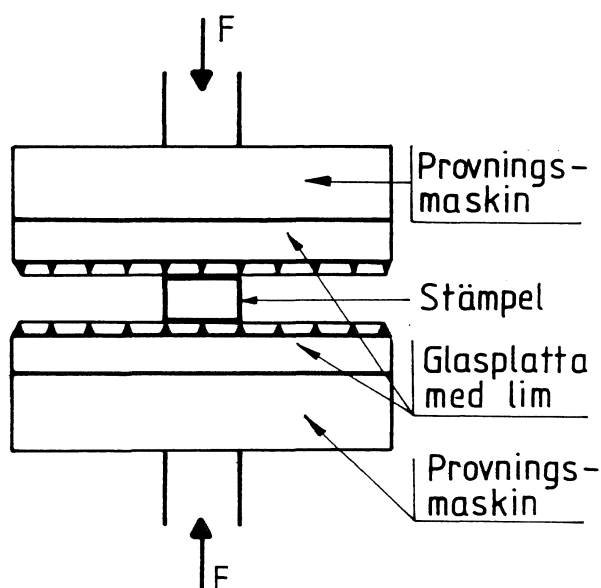


Fig 3.3.4a Uppställning för mätning av styvhet hos lim.

Därefter har deformationen hos limmet mellan 50 och 450N resp mellan 100 och 450N tagits som ett mått på "E-modulen" hos limmet, se Figur 3.3.4 b. Vid provningen registreras provningens totala deformation. För att få limmets deformation måste provningsmaskinens egna deformation dras ifrån provningens totala deformation. Varje par av glasplattor har provats på olika ställen på plattorna.

Resultat av provningar på lim som konditionerats i 59, 85, 93, 97 och 100 % RF visas i Figur 3.3.4 c. Av den senare figuren framgår att "E-modulen", som den nu är bestämd, inte ger någon signifikant inverkan av fuktbelastningen.

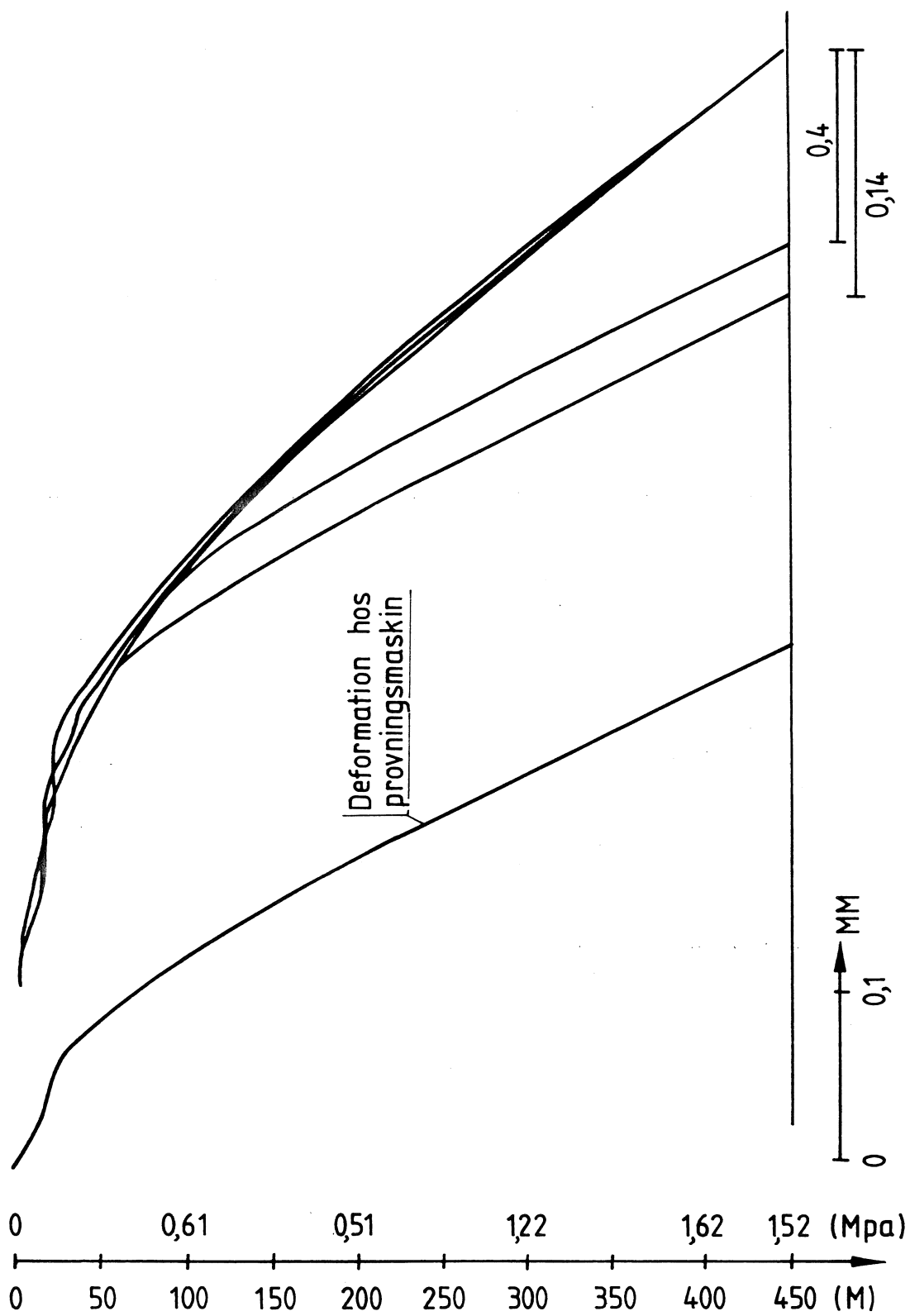


Fig 3.3.4b Exempel på kraft - deformationssamband för ett lim i 59 % RF.

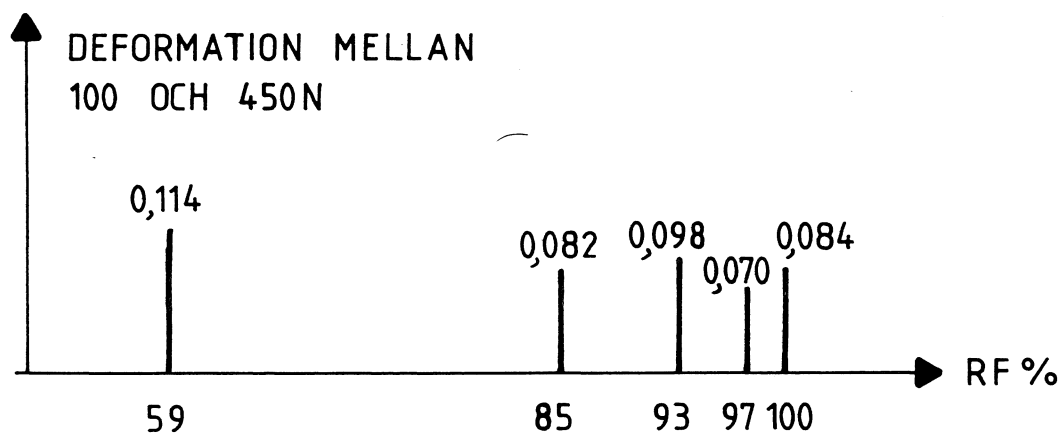
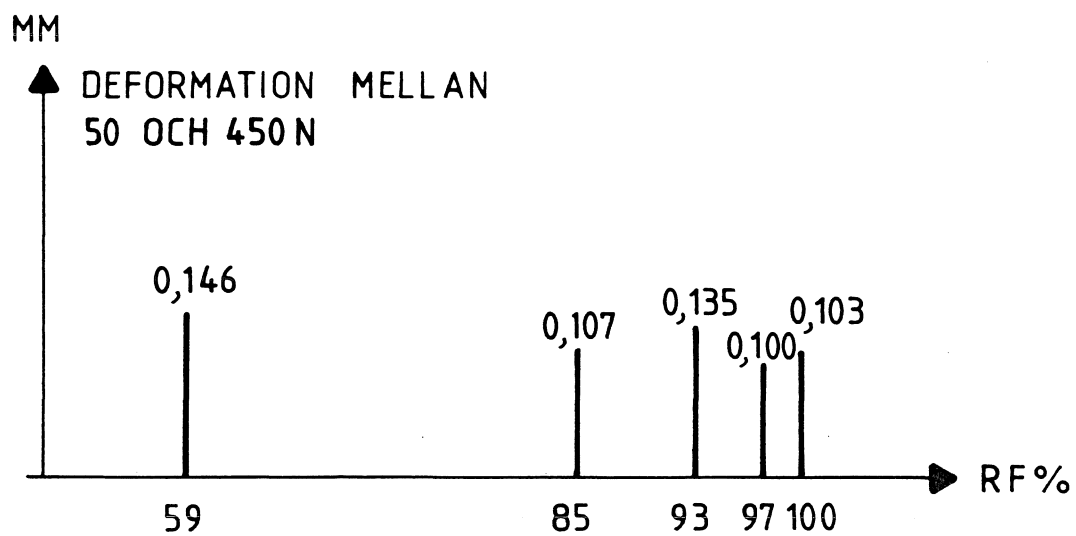


Fig 3.3.4c Uppmätta deformationer vid olika fuktillstånd.

3.3.5 Förändring av fläkhållfasthet hos lim.

Fläkhållfastheten provas i princip i enlighet med ett förslag till Nordtestmetod. Inverkan av bl a draghastigheten har studerats. Limning av matta sker på betongplattor 150x50x10 mm, se Figur 3.3.5a. Limmet har applicerats med metallroller.

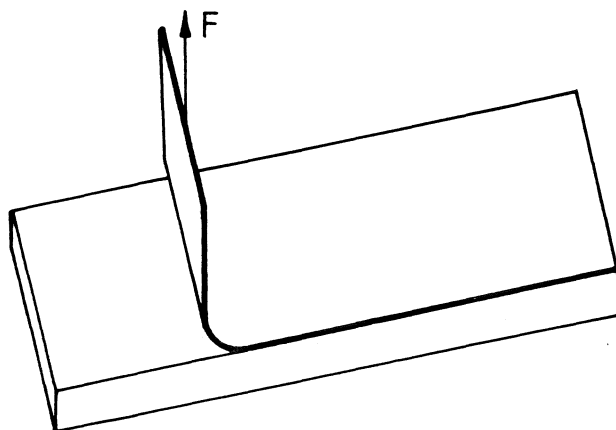


Fig 3.3.5a Fläkhållfasthetsdragning av limmad matta på 150x50x10 mm betongplatta.

Med detta betongunderlag visar det sig att den i Nordtestförslaget angivna konditioneringstiden (5 veckor) inte är tillräcklig. Fuktmätningar har gjorts enligt Figur 3.3.5b, varvid resultatet enligt i exemplet i Figur 3.3.5c erhållits. Efter 3 månaders konditionering i klimatlåda med 97 RF omkring hela provkroppen är RF bara 92 %.

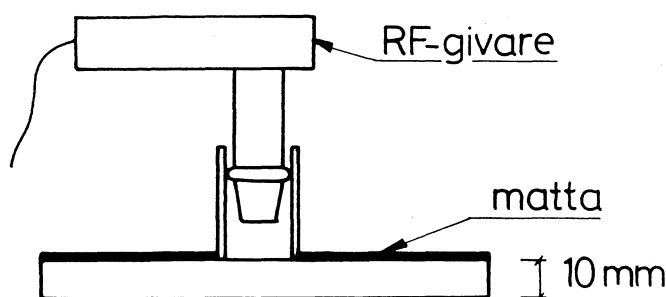
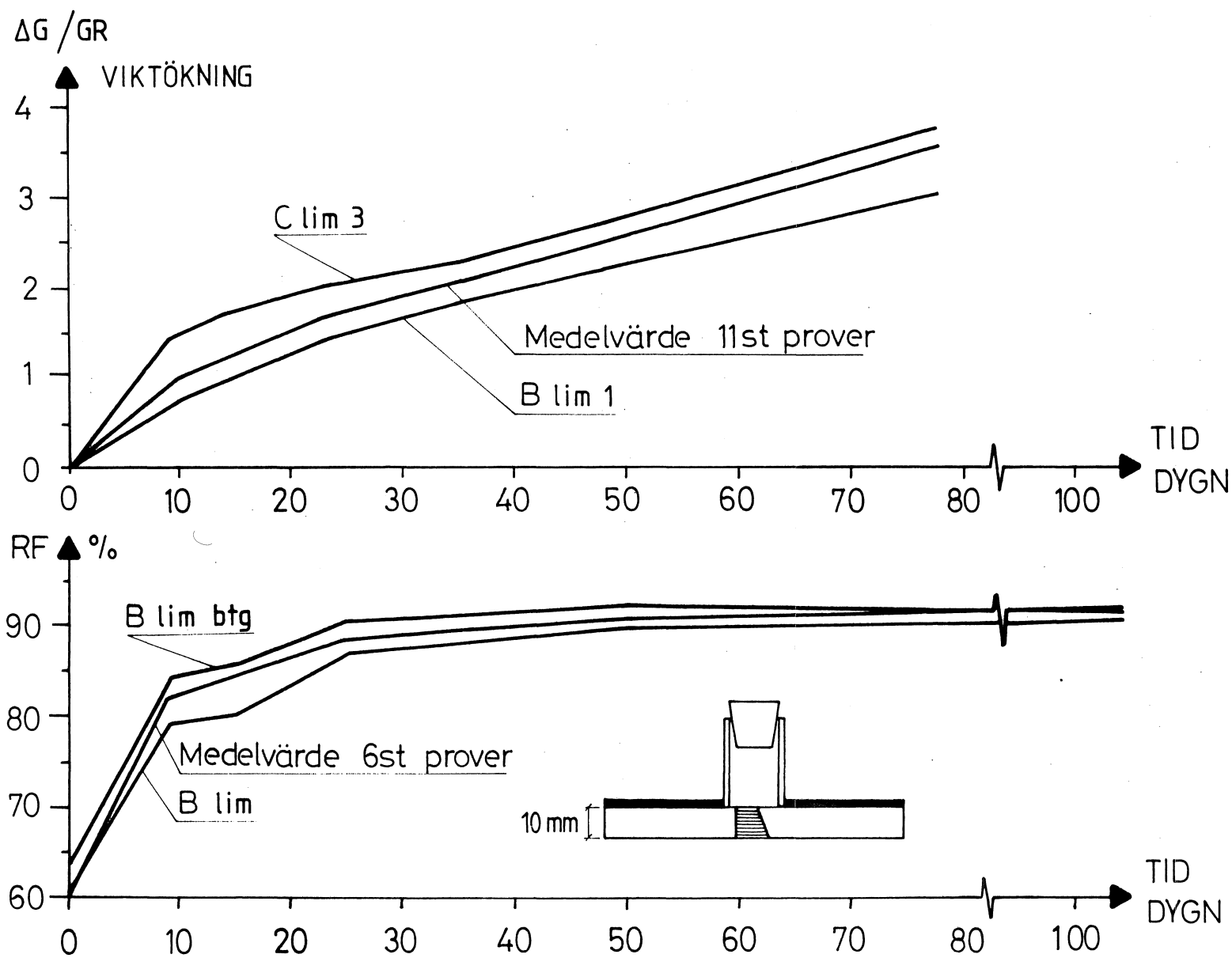


Fig 3.3.5b Mätning av RF på betongplatta och lim.

Vid lossdragning av mattan erhålles ett kraftdiagram enligt Figur 3.3.5d, varvid som mätvärde toges ett medelvärde av de högsta värdena på 2-3 cm längd. De dragningar som har gjorts efter ca 3 månaders konditionering i 97 % RF, som ger en fuktpåverkan på limmet med ca 92 % RF, visar att fläkhållfastheten som mest har reducerats med ca 70 % jämfört med uppmätt fläkhållfasthet i 65 % RF. Spridningen i mätvärdena är dock så stor att skillnaderna i medelvärde inte är signifikant *. För att få detta måste antalet provkroppar i varje serie ökas från 5 st till ca 10 st.

Fig 3.3.5c Tidsförloppet vid konditionering i 97 % RF.



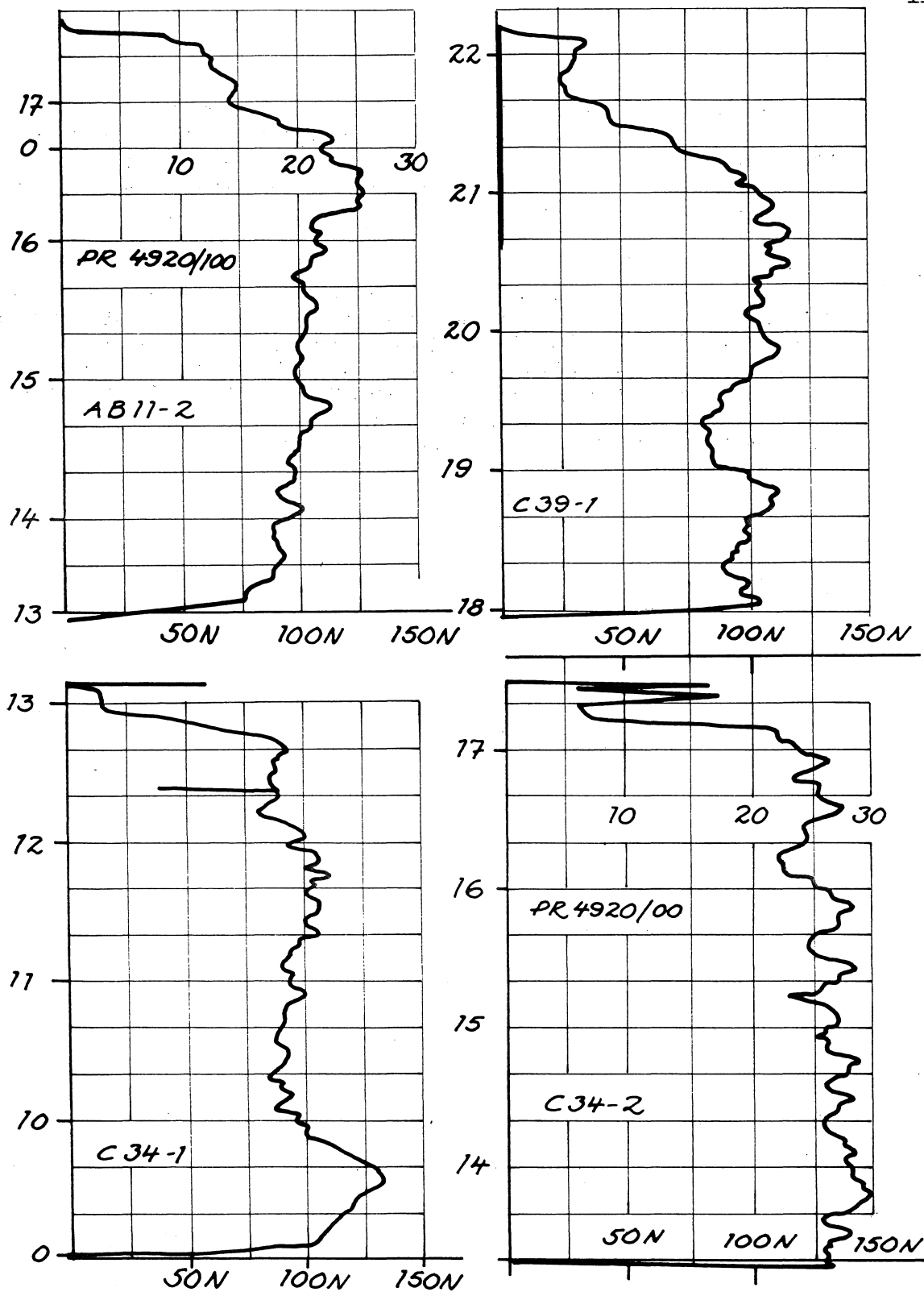


Fig 3.3.5d Exempel på uppmätta kraft - deformationssamband vid fläk-
hållfasthetsprovning.

3.3.6 Förändring av draghållfasthet hos lim

Draghållfastheten hos lim som funktion av fuktpåverkan har undersökts. Detta har skett genom att stålstämplar med $6,15 \text{ cm}^2$ area (diameter 28 mm) limmats fast på betongplattor med de undersökta golvlimmen. Stämplarna drages loss från underlaget med hjälp av ett dragok, se Fig 3.3.6a. Dragkraften åstadkommes med hjälp av gstryck.

För varje klimat användes en 22 mm tjock betongplatta. Denna indelades i 3 områden för de olika limmen. Limmen påfördes med metallrulle som ger en 2 mm bred limfog var 4:e mm. Plattornas översida med stämplar täcktes med 0.2 mm plastfolie och plastfolien tätades mot plattan. Plattorna förvarades i klimatlådor med 85, 93 och 97 % RF. Vid dragprovningen användes ett dragok enligt nedan. RF i plattorna mättes genom att ta ut fuktprov ur plattorna, lägga fuktprovet i glasprovrör och mäta RF. Sammanlagt togs 8 eller 9 fuktprov ur samma platta. Spridningen i uppmätta RF-värden var liten. Resultaten framgår i Fig 3.3.6b.

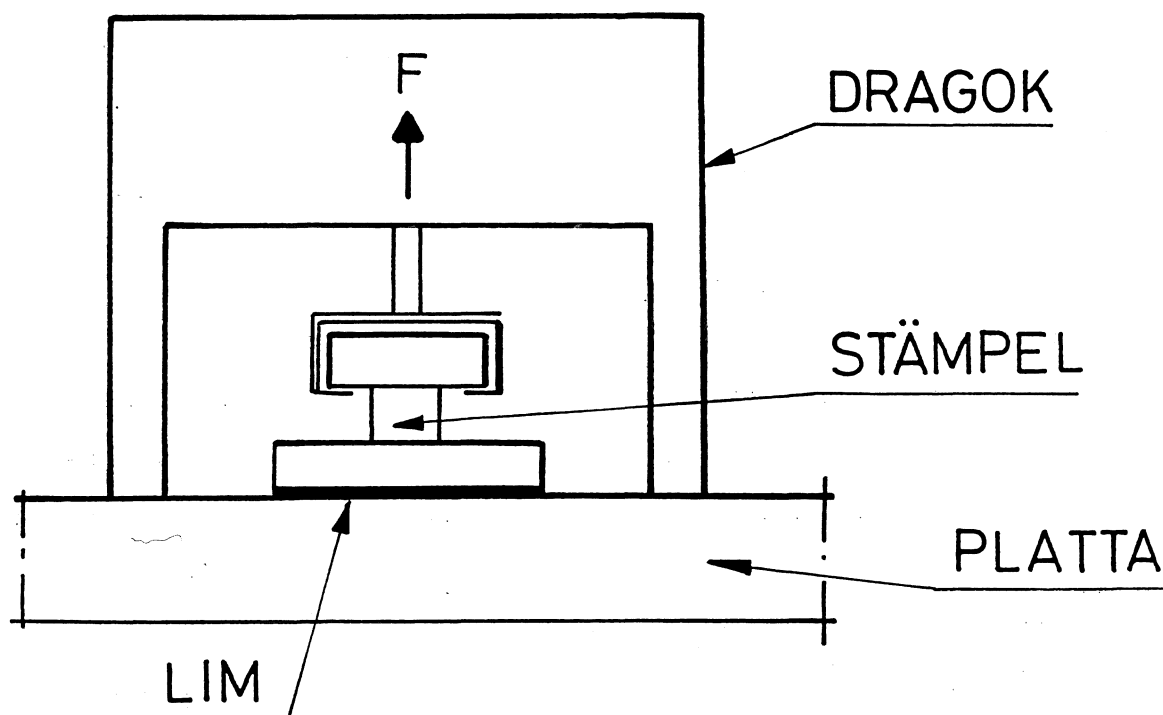


Fig 3.3.6a Dragprovningsteknik.

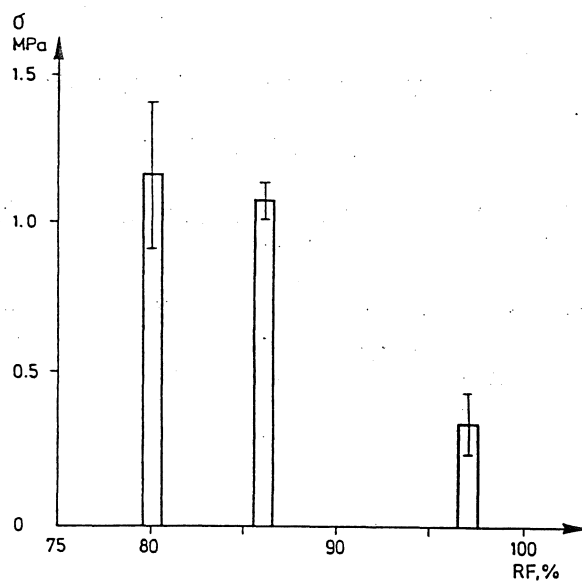
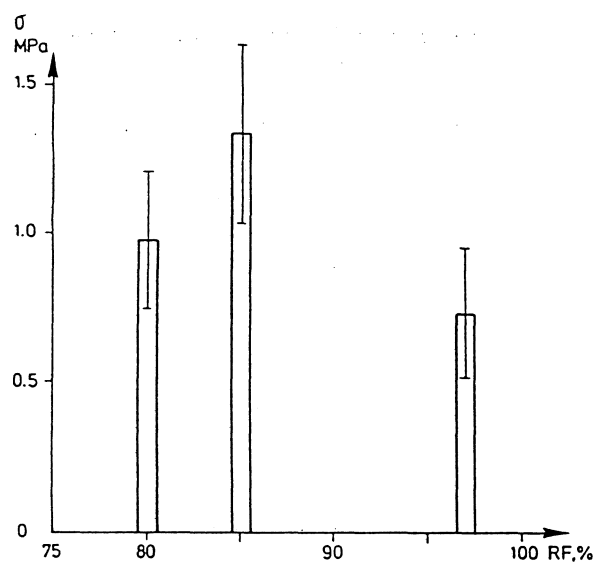
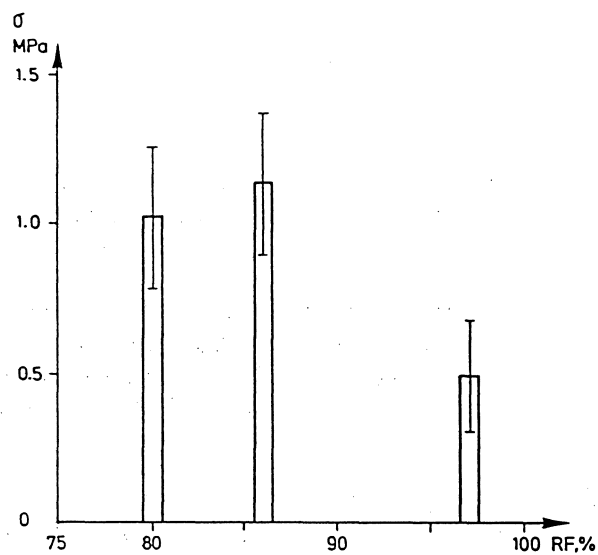


Fig 3.3.6b Exempel på draghållfasthet hos lim med stålstämplar limmade på betong.

Dessutom drogs 6,15 cm² stora mattprover loss från mattor i långtidsförsök. En "mattfräs" har speciellt konstruerats för att kunna fräsa ut dessa mattprover utan att få stora påfrestningar på limfilmen under.

Draghållfastheten hos enbart lim vid 65 % RF har undersökts genom att limma stämpelar mot en stålplatta, låta limmet torka i ca 5 månader och därefter dra loss stämpelarna. Resultatet ses i Tabell 3.3.6a. Lim 1 och 2 visar ungefär samma draghållfasthet, ca 2 MPa, medan lim 3 redovisar ca 1 MPa. Spridningen i mätvärden för lim 1 och 2 är liten.

Tabell 3.3.6a Draghållfasthet hos limfilmer mellan stålunderlag och stålstämpelar. Konditionering ca 5 månader i 65 % RF.

	Avläst värde (MPa)	Dragpåkänning (MPa)	Medelv/standardv (MPa) (MPa)	Variationsk %
<u>LIM 1</u>	0.50	1.91	1.93 / 0.08	4
	0.53	2.03		
	0.51	1.95		
	0.48	1.84		
<u>LIM 2</u>	0.51	1.95	1.97 / 0.07	4
	0.50	1.91		
	0.51	1.95		
	0.54	2.07		
<u>LIM 3</u>	0.24	0.92	0.98 / 0.11	11
	0.29	1.11		
	0.24	0.92		

Resultat från lossdragning av limmade mattor i långtidsförsök redovisas bl a i Figur 3.3.6c. Resultaten gäller för matta D, som är en svällningsbenägen och "högmigrerande" matta, vilket är limmad med lim 1 och 2.

Vid dragprovningen av mattorna visade det sig att den limmade arean varierade avsevärt, från ca 5 % till ca 70 %.

Brottytan på betongplattan och på det avdragna mattprovet markerades med färgpenna. Brottytorna fotograferades och förstorades, varefter antalet limmade mm² räknades. De uppmätta hållfastheterna har sedan korrigerats för andel limmad area. De redovisade resultaten avser fallet då hela stämpelarean är limmad. För t ex en limmad area av 50 % på totala arean reduceras redovisade värden med faktorn 0.5.

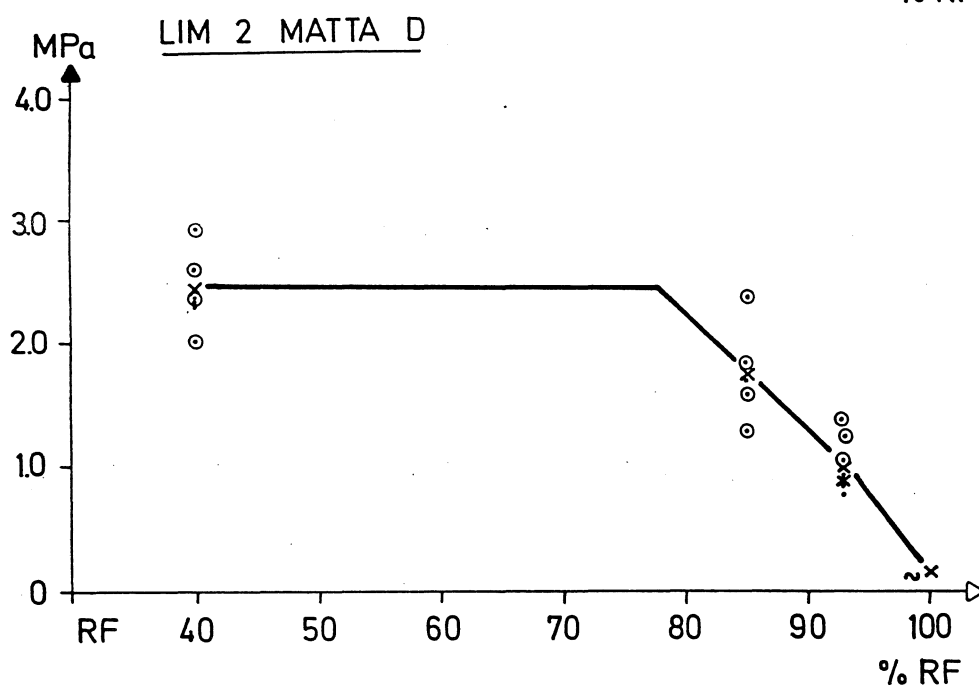
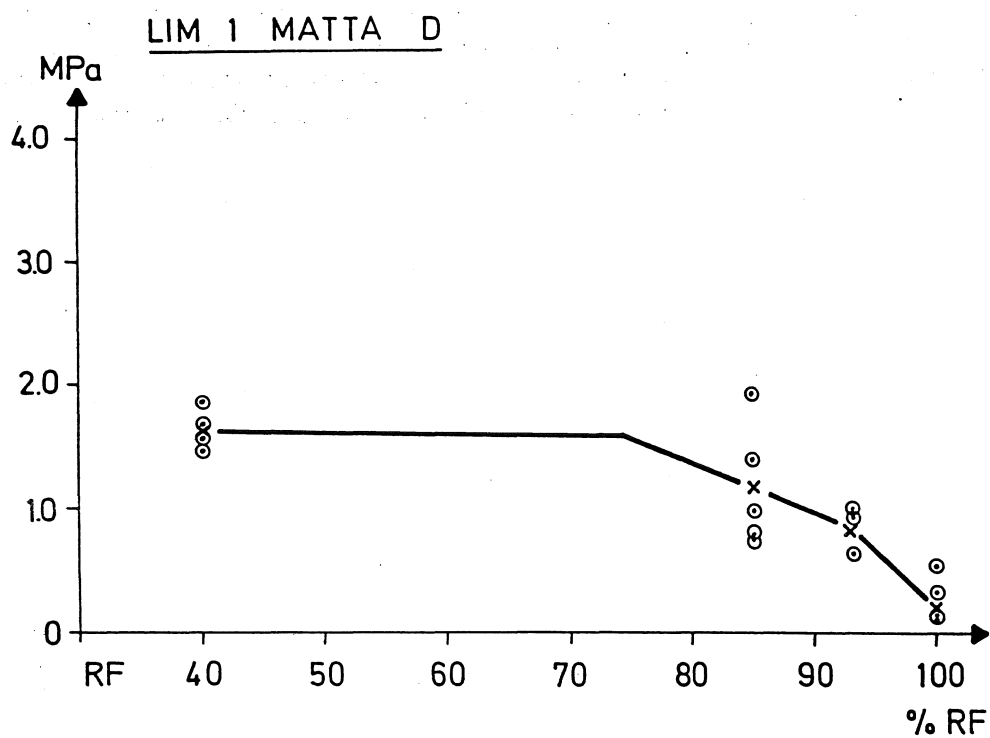


Fig 3.3.6c Inverkan av nominella fukttillståndet på draghållfastheten hos limfilmen i långtidsförsök. Matta D limmad med lim 1 respektive lim 2. Limmad area = 100 %

I bilaga 3.3.6a och 3.3.6b redovisas draghållfastheten hos lim 1 och 2 med matta B, som är en lågmigrerande standard PVC-matta. Hänsyn har ej tagits till storleken på den limmade arean mellan betongplatta och matta. I, VIII och X är olika plattnumreringar som kan ha olika tjocklek. Endast I ger det förväntade utseendet på sambandet mellan RF och draghållfasthet. I Figur 3.3.6d och 3.3.6e har korrektionen utförts för andel limmad area och den redovisade hållfastheten avser fallet då hela provytan är limmad.

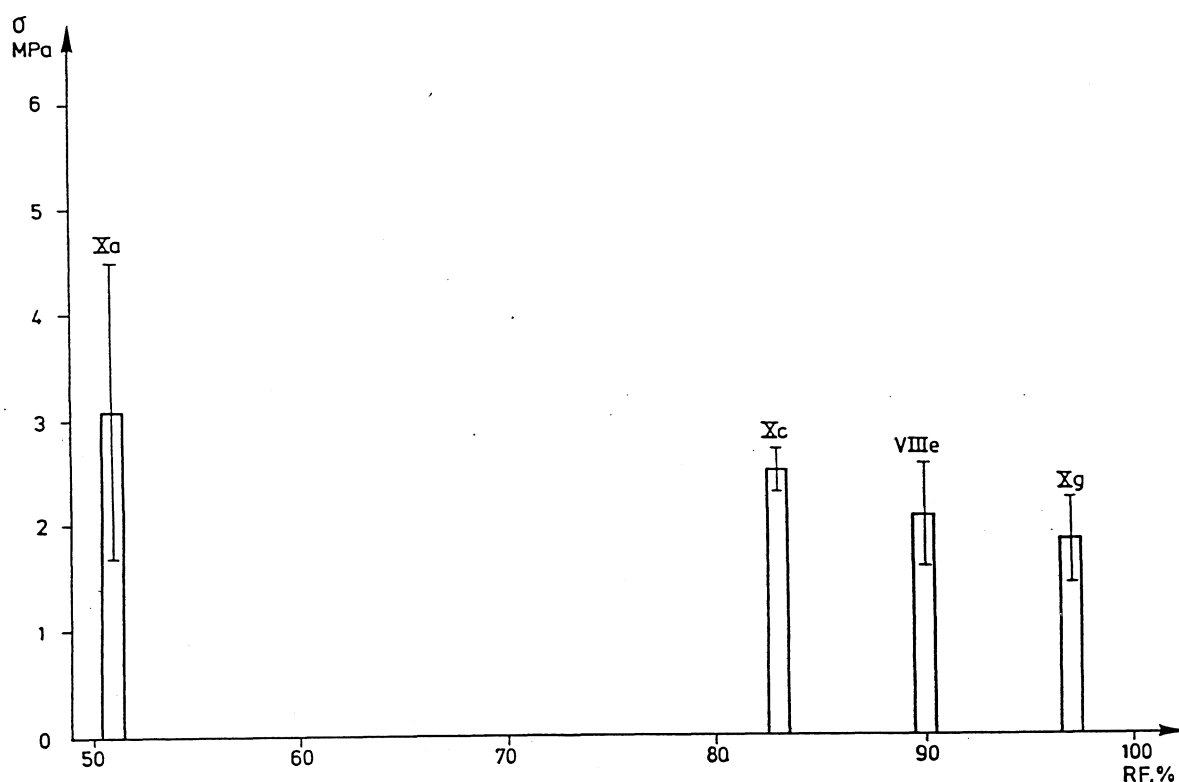


Fig 3.3.6d Inverkan av troligt fukttillstånd på draghållfastheten hos limfilm i långtidsförsök. Matta B limmad med lim 1. Limmad med lim 1. Limmad area 100 %.

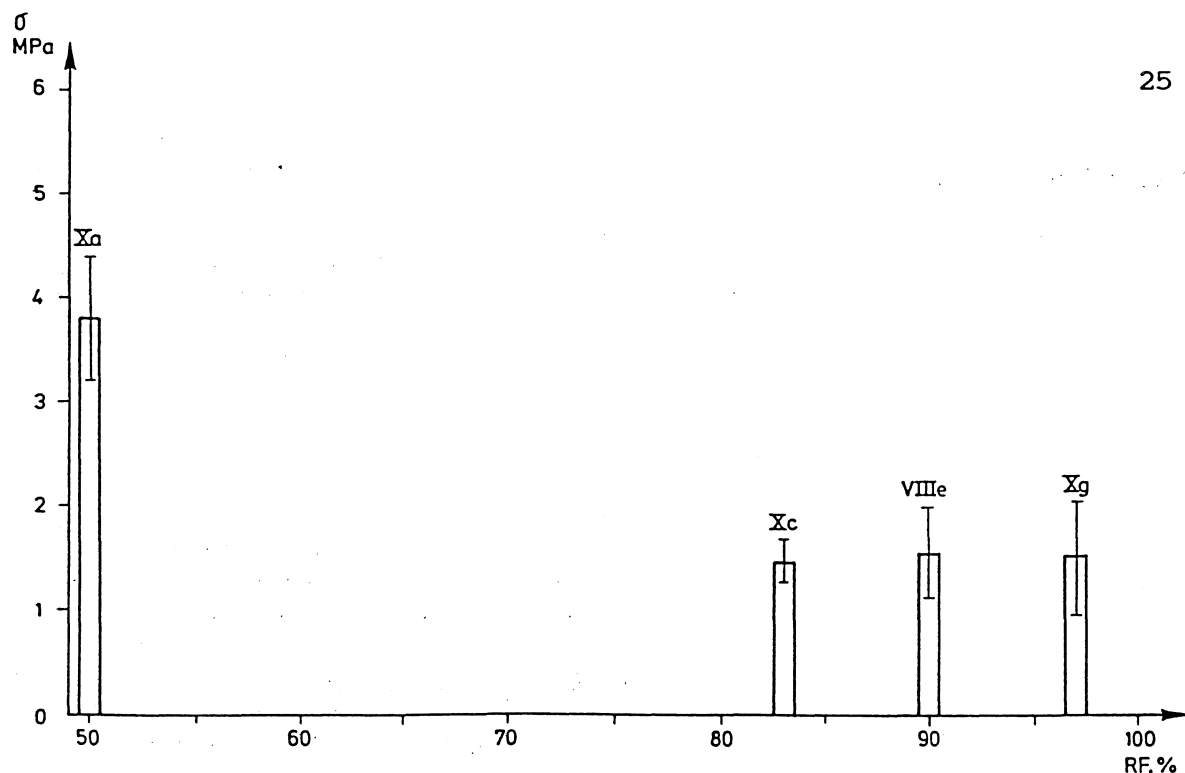


Fig 3.3.6e Inverkan av troligt fukttillstånd på draghållfastheten hos limfilm i långtidsförsök. Matta B limmad med lim 2. Limmad area 100 %.

Av figurerna ovan framgår att draghållfastheten hos limmen är svagt beroende av RF och att de har en ungefärlig förändring av typ 2 i Fig 2.1. Övriga matttyper, Bilaga 3.3.6c - 3.3.6f har dragprovats och samma oregelbundna mönster på draghållfastheten erhöles som för matta B (Bilaga 3.3.6a och b).

FRÅGA 7: Är mekaniska egenskaper (hållfasthet, styvhet) irrelevanta som mått på förändringen i en limfilm? Vilka andra egenskaper bör påverkas tydligare av fukt och alkali?

De reaktionsprodukter som uppkommer vid en eventuell nedbrytning borde kunna mätas eller indikeras. Inom projektet har detta bara gjorts genom indikation av lukt under mattan, se nedan.

3.3.7 Lukt från limfilmer

Efter det att mattprover dragits loss från bruksplattorna i långtidsförsöken, har lukten från mattprovets undersida (med limrester) och underlaget graderats enligt en skala i fyra grader.

- "mycket tydlig" (+++)
- "tydlig" (++)
- "obetydlig" (+)
- "ingen" (-)

Resultatet av de luktindikationer som gjorts är följande tabell.

Tabell III Lukt från limfilmer.

Lim	Matta	Trolig RF inom parantes Nominell RF (%)			
		40	85	93	100
1	B	-	- (83)	+(90)	++(97)
2	B	-	- (83)	+(90)	+++ (97)
3	C	-	-	++	++
1	D	-	+ (80)	++(90)	+++ (96)
2	D	-	- (80)	- (90)	+++ (96)
1	E	-	- (80)	- (87)	++ (96)
2	E	-	- (80)	- (?)	+++ (96)
1	F	-	+ (78)	++(84)	++ (94)
2	F	-	+ (78)	+ (84)	++ (94) spacklade plattor

Luktens uppkomst vid olika RF synes bl a bero på använd matttyp. För matta F med lim 1 är lukten tydlig vid ca 85 % RF och för matta D med lim 1 är lukten tydlig vid ca 90 % RF. För matta B uppkommer tydlig lukt mellan ca 90 % RF och 97 % RF.

3.3.8 Längdändring hos mattor vid enbart fuktpåverkan

För att mäta fuktrörelser hos de olika golvmaterialen har mattremsor med måtten 215x19 mm använts. De har först konditionerats i 45 % RF i ca 1/2 år. Därefter har de placerats i klimatlådor med RF 59, 85, 93 och 97 % samt i vatten. (100 % RF).

De olika golvmaterialen visar olika fuktrörelser. I Figur 3.3.8a visas svällningen för linoleummatta tvärs valsriktningen. Av figuren framgår att fuktrörelserna är betydande. I Figur 3.3.8b visas fuktrörelserna för matta E, F och C. I Figur 3.3.8c visas fuktrörelserna hos matta C efter 50 resp 165 dygn. Vid 97 % RF sväller först matta C för att därefter börja krympa. Detta bör vara en fuktsvällning följt av en krympning p g a mjukgöraravgång.

I Figur 3.3.8d visas krympningen för matta C som uppkommer då lim appliceras på mattan. Som jämförelse är motsvarande krympning inlagd för matta B. Som jämförelse på krympningshastigheten är krympningen hos matta C i 97 % RF inritad.

Samma fenomen har visat sig i långtidsförsöken. Mattorna har här limmats så att ca 4 cm av mattproverna sticker ut utanför bruksplattorna. Denna del har alltså inte kontakt med lim. Den utstickande delen av matta C "går i vågor" i samtliga klimat, dvs denna del är opåverkad (eller mindre påverkad) medan den limmade delen av mattan krympt kraftigt.

FRÅGA 8: Visar detta att mjukgörarvandring inte utlöses av fukt utan av dåliga mattor och/eller olämpliga kombinationer av lim/matta?

I Bilaga 3.3.8a visas fuktrörelserna för matta B och i Bilaga 3.3.8b visas fuktrörelserna för matta G.

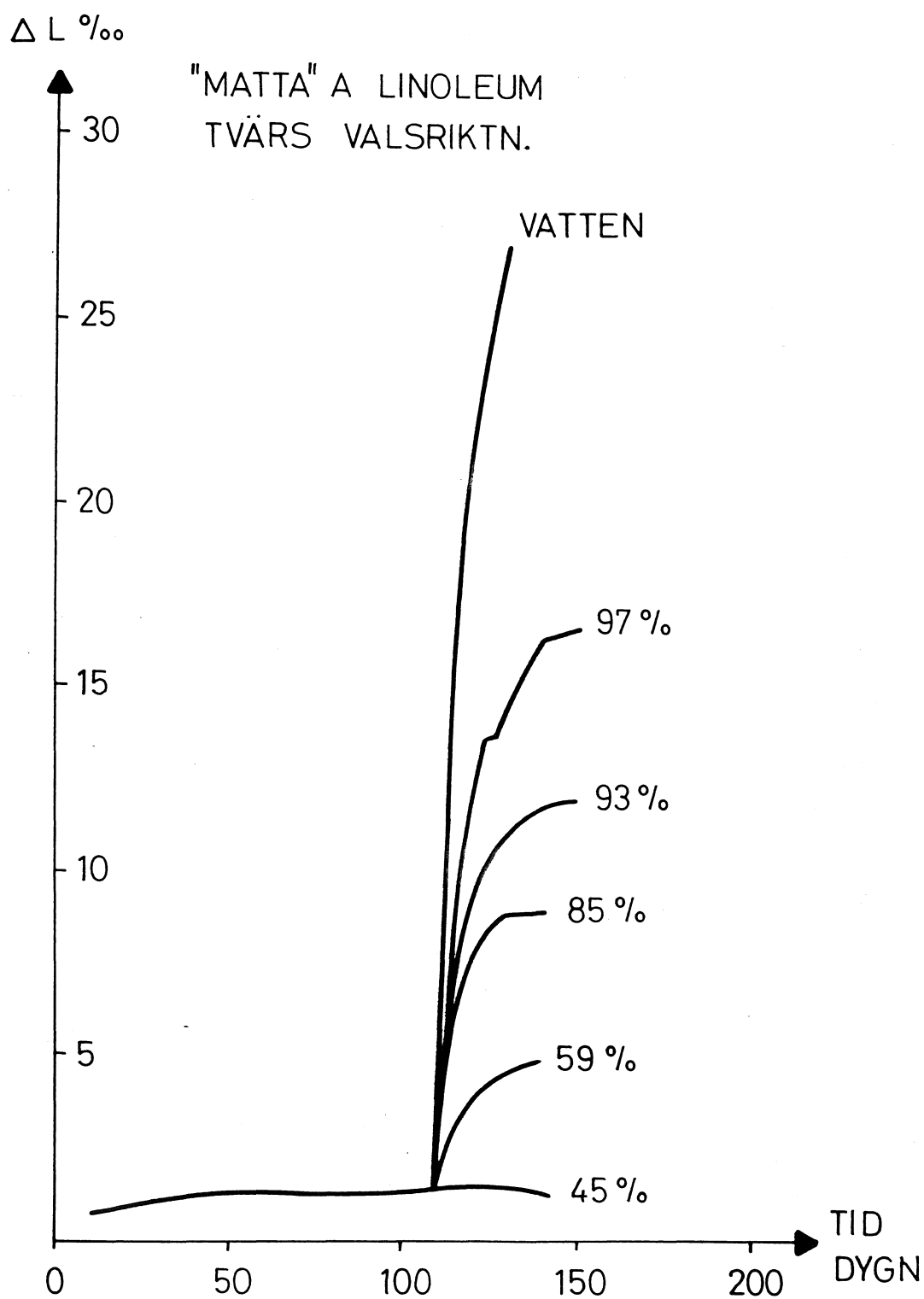


Fig 3.3.8a Fuktrörelser hos matta A, linoleum, i olika klimat.

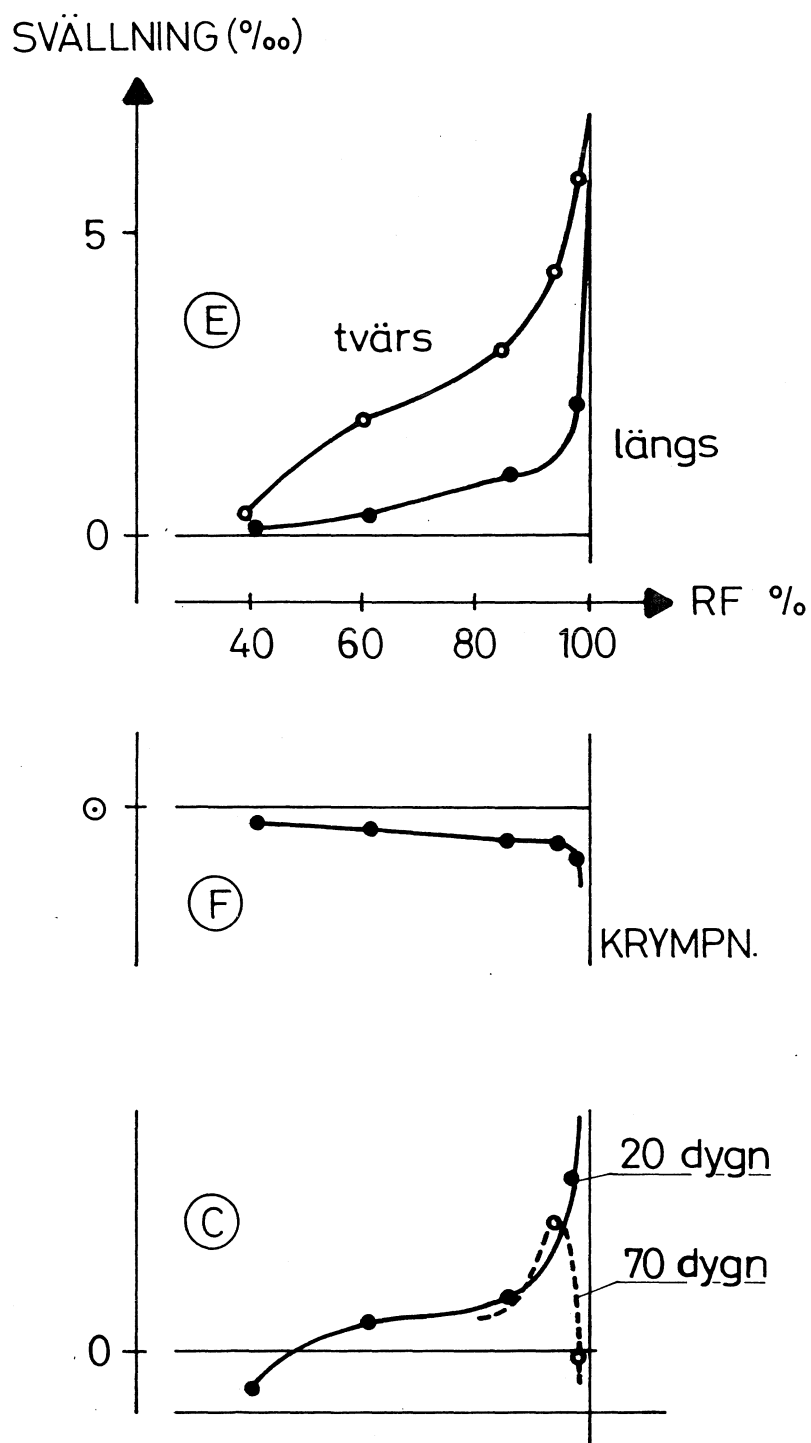


Fig 3.3.8b Fuktrörelser hos PVC-mattorna C, E och F.

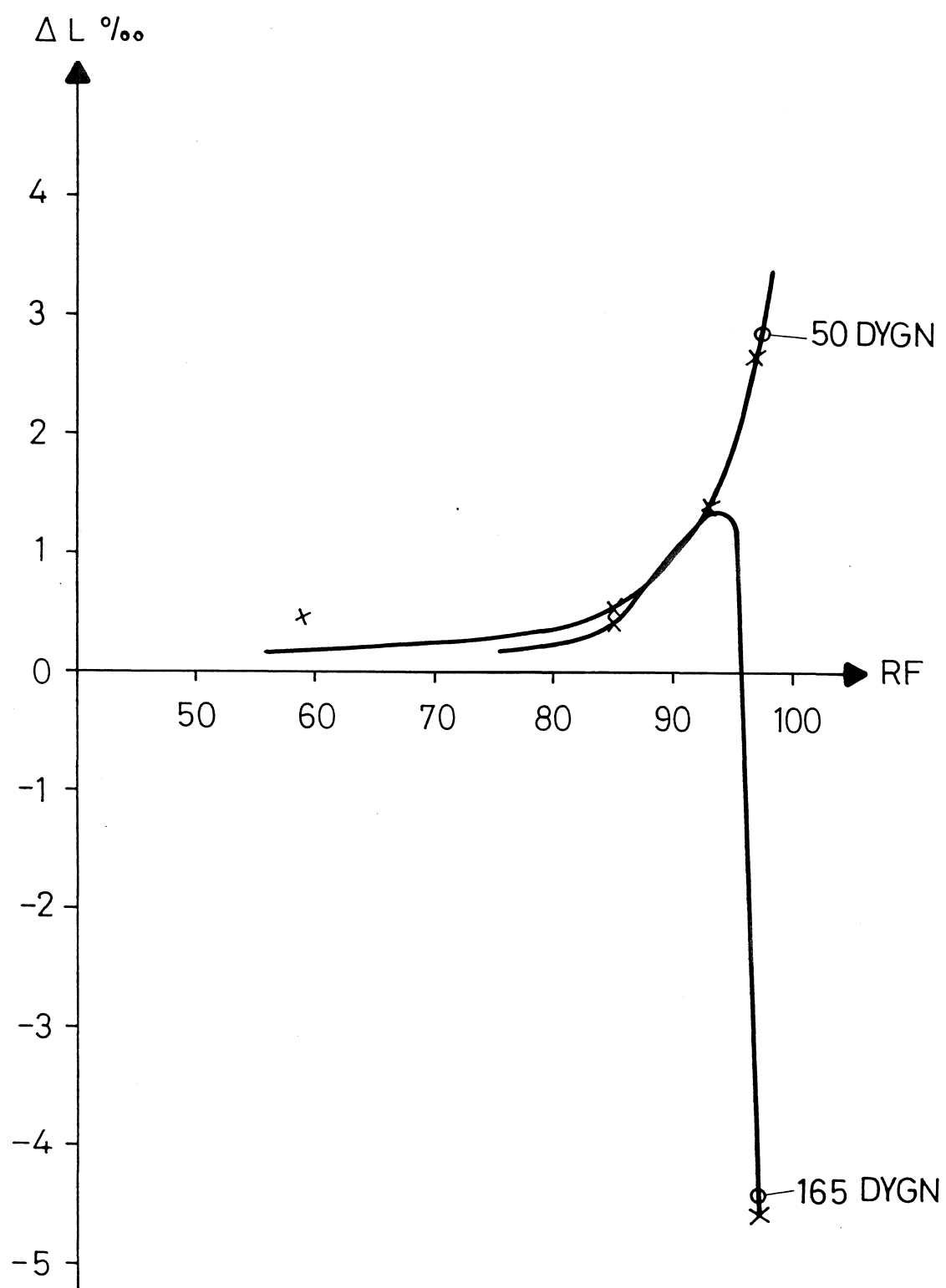


Fig 3.3.8c Rörelserna hos matta C efter två exponeringstider.

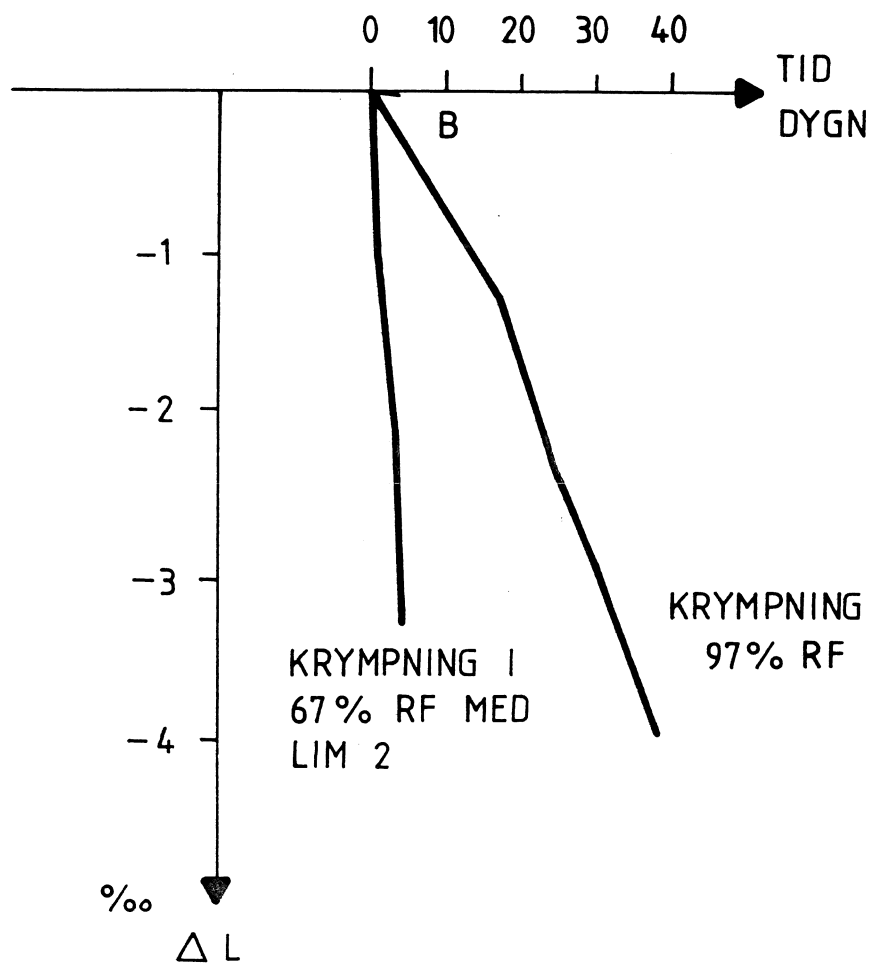


Fig 3.3.8d Krympförloppet hos matta C i torrt klimat då lim applicerats. som jämförelse visas krympförloppet hos matta B och C i fuktigt klimat utan lim.

3.3.9 Längdändring hos mattor vid alkalipåverkan

För att undersöka om olika alkalipåverkan samt om kombinationen av alkali + lim har någon inverkan på fuktrörelserna hos olika mattor, lades dessa på en sandbädd så att påverkan blev ensidig. I olika sandbäddar varierades pH (ca 7, 12.5 och 14). Sandbäddarna täcktes med glaslock, så att de delar av mattorna som inte har kontakt med sandbädden omges av 100 % RF.

I Figur 3.3.9a visas svällningen hos matta B, som är en svällningsbenägen "lågmigrerande" PVC-matta. Av figuren framgår att höga pH-värden (14) minskar svällningen. Dessutom ger lim 2 en kraftigt minskad svällning, både med och utan alkali.

I Figur 3.3.9b visas krympningen hos matta C, som är en "högmigrerande", svällningsbenägen PVC-matta. Av figuren framgår att pH=14 ökar krympningen mycket kraftigt, medan pH=12.5 inte ger annan effekt än vatten. Observera skalan på y-axeln. Krympeffekten av lim är också tydlig för alla tre limmen.

I Figur 3.3.9c redovisas fuktrörelserna för matta F, som är mjukgörarsläppande. Vid pH=14 ökar krympningen kraftigt. Krympeffekten av lim verkar här huvudsaken vara en initialeffekt, som alltså uppkommer direkt efter limning.

Slutsats: Mätning av längdändring förefaller vara ett bra sätt att upptäcka alkalisk nedbrytning. pH måste dock vara högt och speciellt för fuktsvällande mattor bör en referens som bara påverkas av fukt användas.

Styvhetsförändringar hos dessa mattor uppmätes också, se nedan.

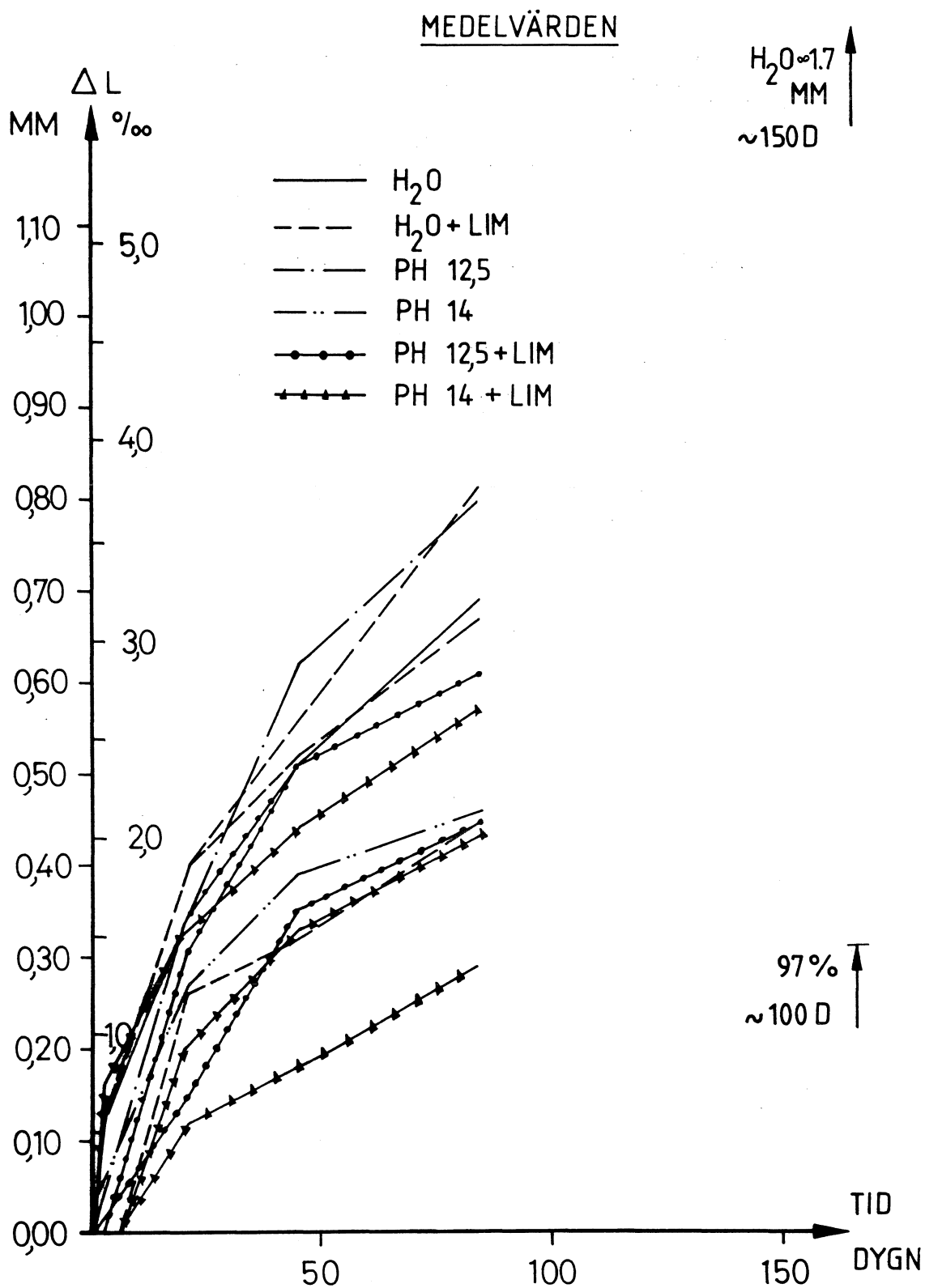


Fig 3.3.9a Längdändring av matta B vid ensidig påverkan av vatten och alkaliska lösningar, med och utan limfilm på mattans undersida.

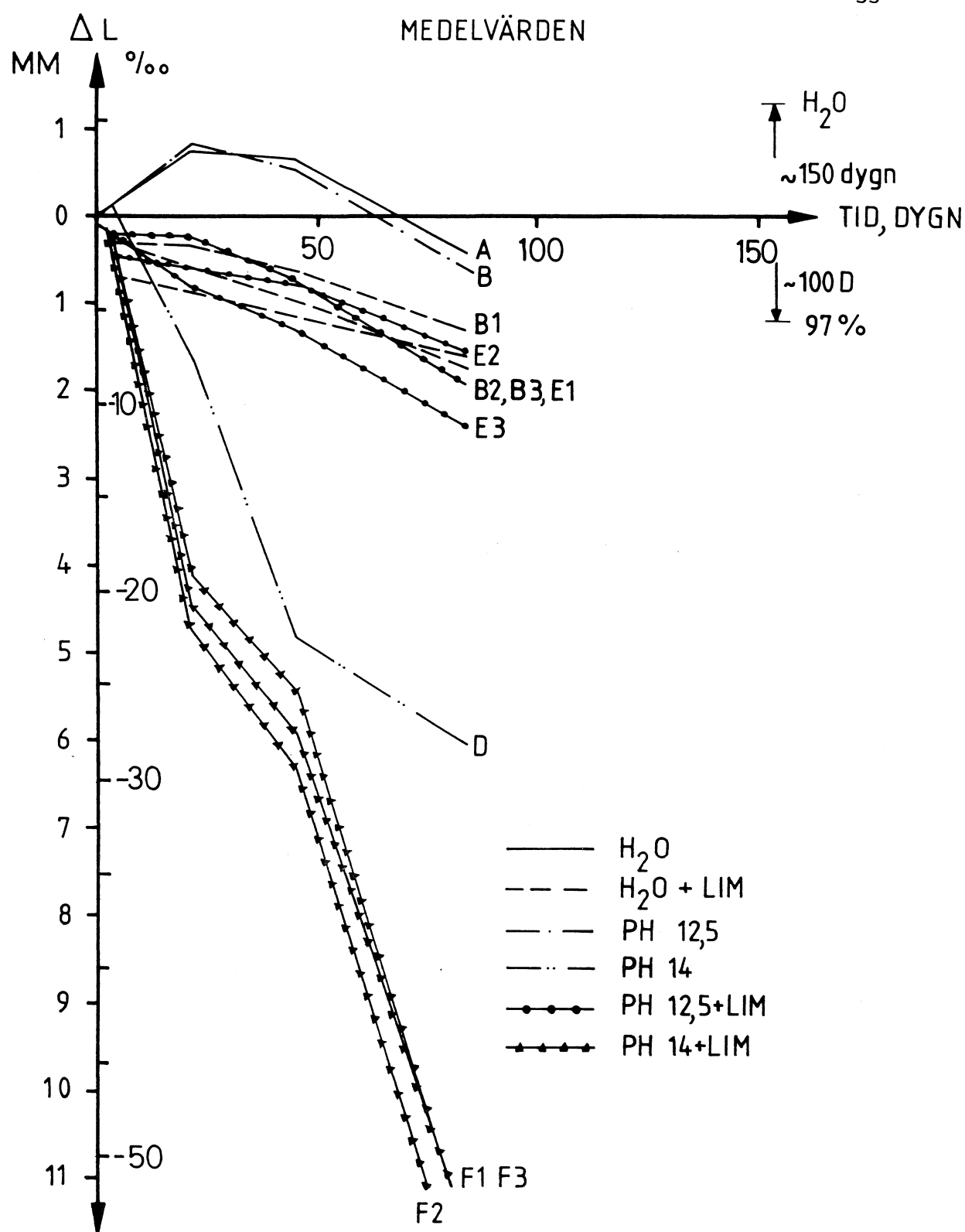


Fig 3.3.9b Längdändring av matta C vid ensidig påverkan av vatten och alkaliska lösningar, med och utan limfilm på mattans undersida.

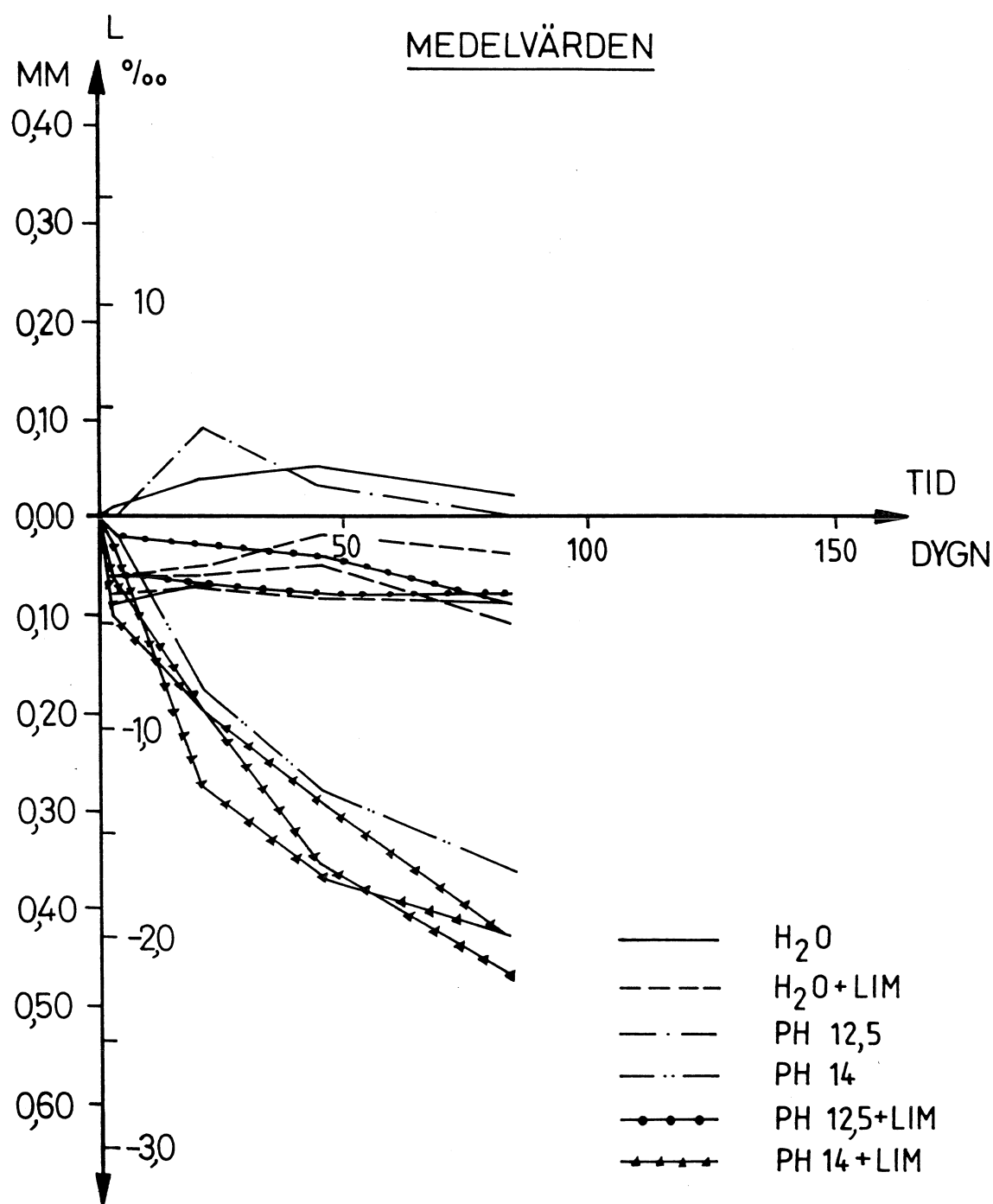


Fig 3.3.9c Längdändring av matta F vid ensidig påverkan av vatten och alkaliska lösningar, med och utan limfilm på mattans undersida.

3.3.10 Förändring av styvhet hos mattor

De mattprover vars längdändring bestämts ovan enligt 3.3.8 och 3.3.9 har efter avslutad längdändringsbestämning, använts för att mäta förändringar i styvheten hos mattorna. Härvid konditioneras först samtliga mattprover i rumsklimat för att fukttillståndet i dem skall vara detsamma vid mätillfället. Mätningen skall visa på irreversibla förändringar som ägt rum i mattorna under den tid de exponerats för fukt och alkali.

Vid enbart fuktpåverkan har följande resultat erhållits:

- Mattorna B, D-G har inte fått någon signifikant styvhetsändring i intervallet 40-97 % RF. Bilaga 3.3.10a-3.3.10e.
- Matta C har förstyvats märkbart i 93 och 97 % RF, men inte alls i 40-85 % RF, se Figur 3.3.10a.

(FRÅGA 9: Är detta fuktens inverkan på mjukgöraravdunstning?)

- Matta A (linoleum) har förstyvats tydligt i valsriktningen i 93 och 97 RF. Efter exponering i 97 % RF hade även hållfastheten sjunkit märkbart. Resultaten visas i Figur 3.3.10b. Tvärs valsriktningen finns inte samma tydliga förstyvning.

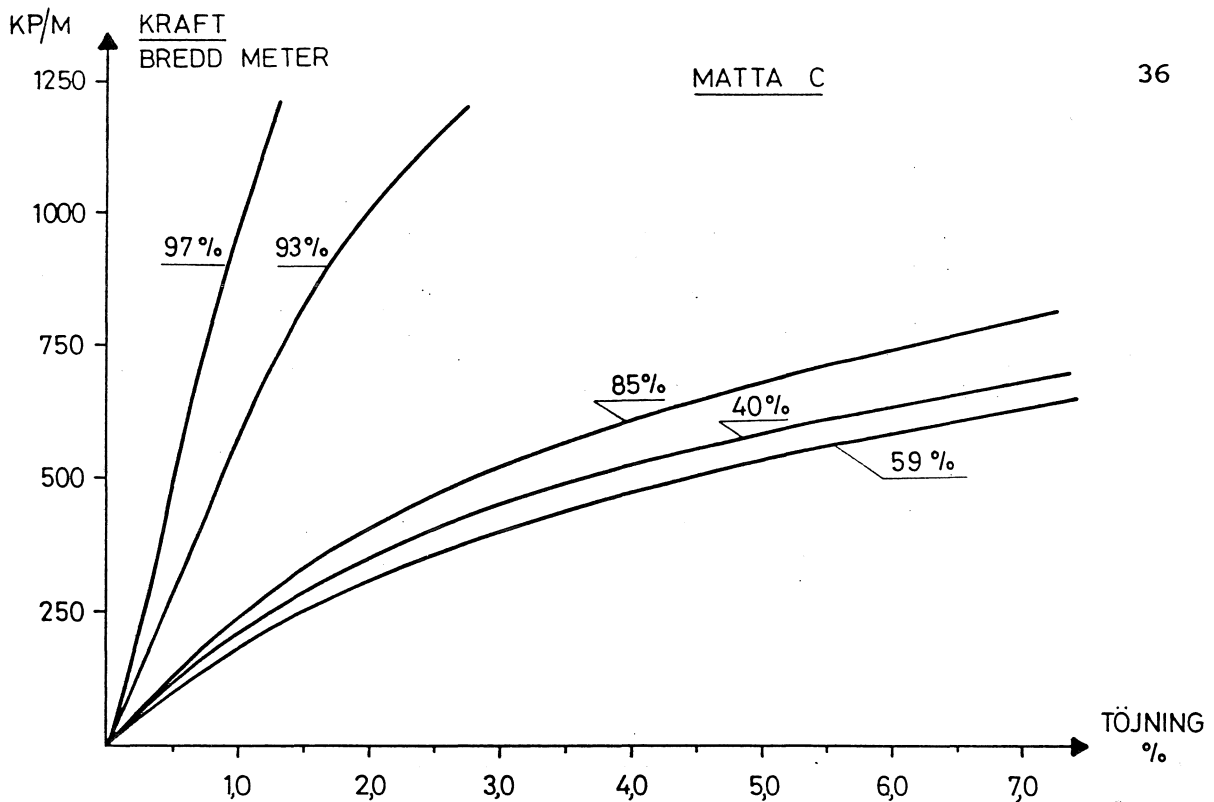


Fig 3.3.10a Exempel på mätning av styvhetsförändringar vid olika fuktpåverkan. Lutningen på arbetskurvorna ger styvheten efter exponering i olika klimat. Matta C.

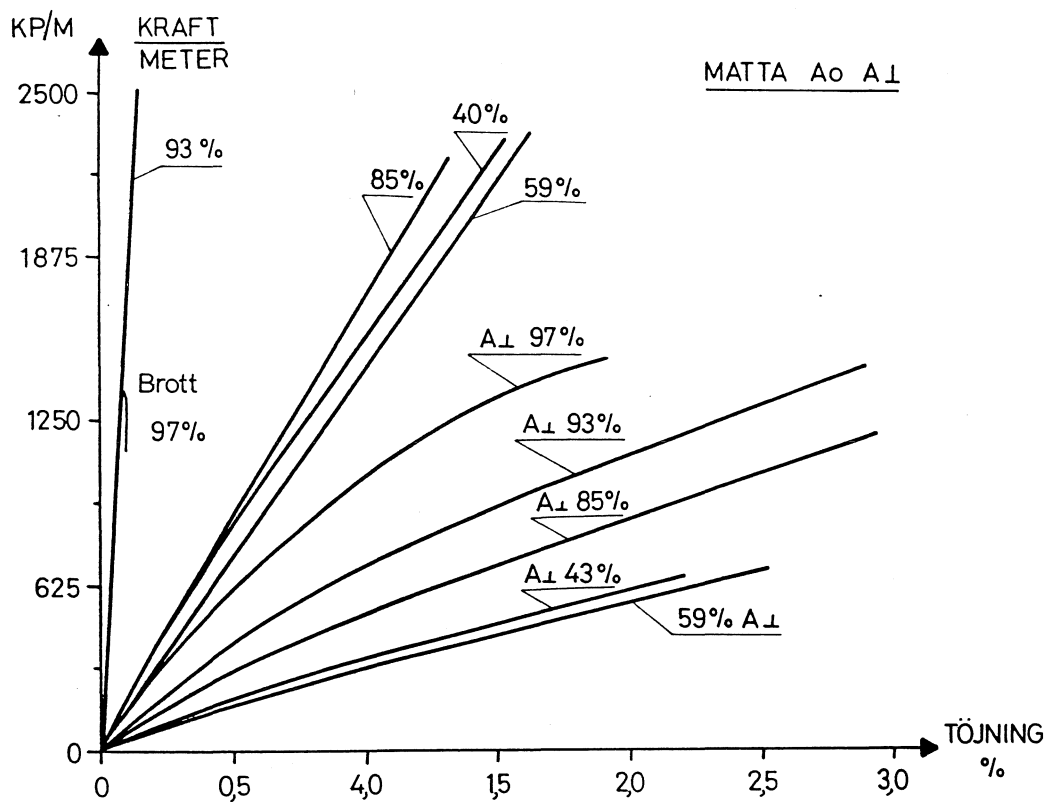


Fig 3.3.10b Exempel på mätning av styvhetsförändringar vid olika fuktpåverkan. Lutningen hos arbetskurvorna ger styvheten efter exponering i olika klimat. Linoleum i valsriktningen och tvärs valsriktningen (A_⊥).

Styvhetsförändringar efter alkalisk fuktpåverkan.

Ur mattorna i långtidsförsöket skars mattremsor ut med måtten 215 x 19 mm. Mattorna konditionerades i rumsklimat före dragprovning. Vid utvärderingen av styvheten har den första delen av kraft-deformationskurvan ej medtagits, ty här kan förekommer glidning i infästningen mellan matta och dragprovningssmaskin.

För mattorna i det lägsta RF-området (normalt ca 50 % RF) har styvheten satts till 1.0. Styvheten hos mattor i övriga RF-områden har relaterats till mattorna i det lägsta RF-området.

Som exempel visas i Figur 3.3.10c och 3.3.10d, matta A, i Figur 3.3.10e och 3.3.10f, matta D samt i Figur 3.3.10g och 3.3.10h, matta B.

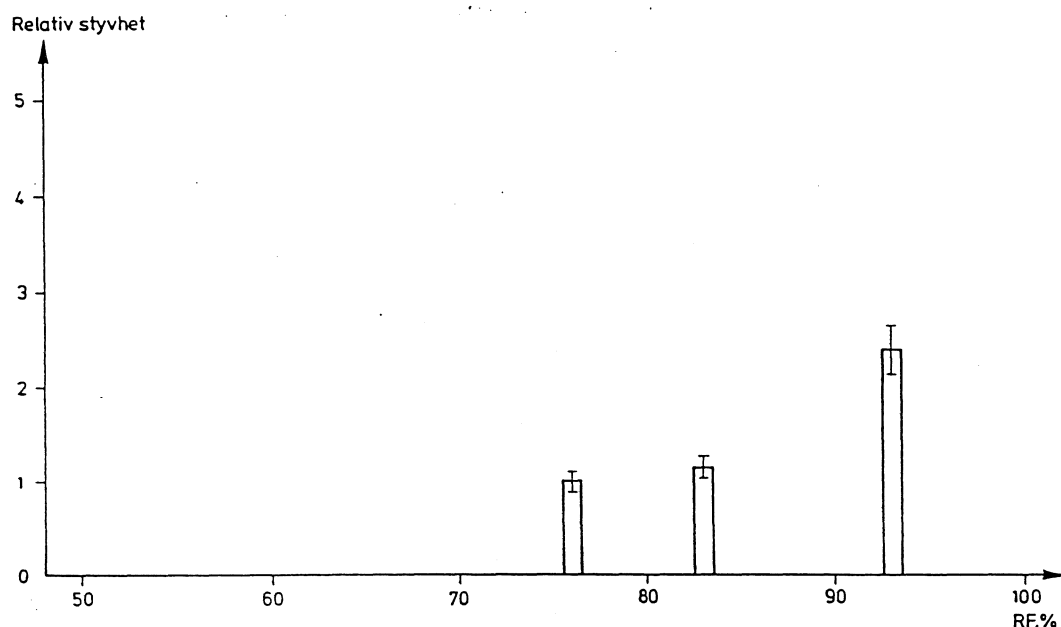


Fig 3.3.10c Förändringar i relativa styvheten vid olika påverkan. Matta A (linoleum) limmad med lim 1.

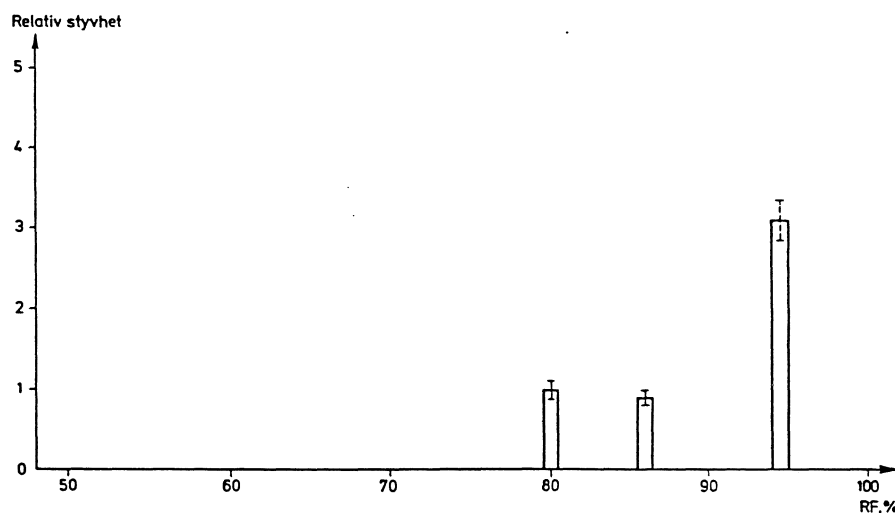


Fig 3.3.10d Förändringar i relativa styvheten vid olika fuktpåverkan. Matta A (linoleum) limmad med lim 2.

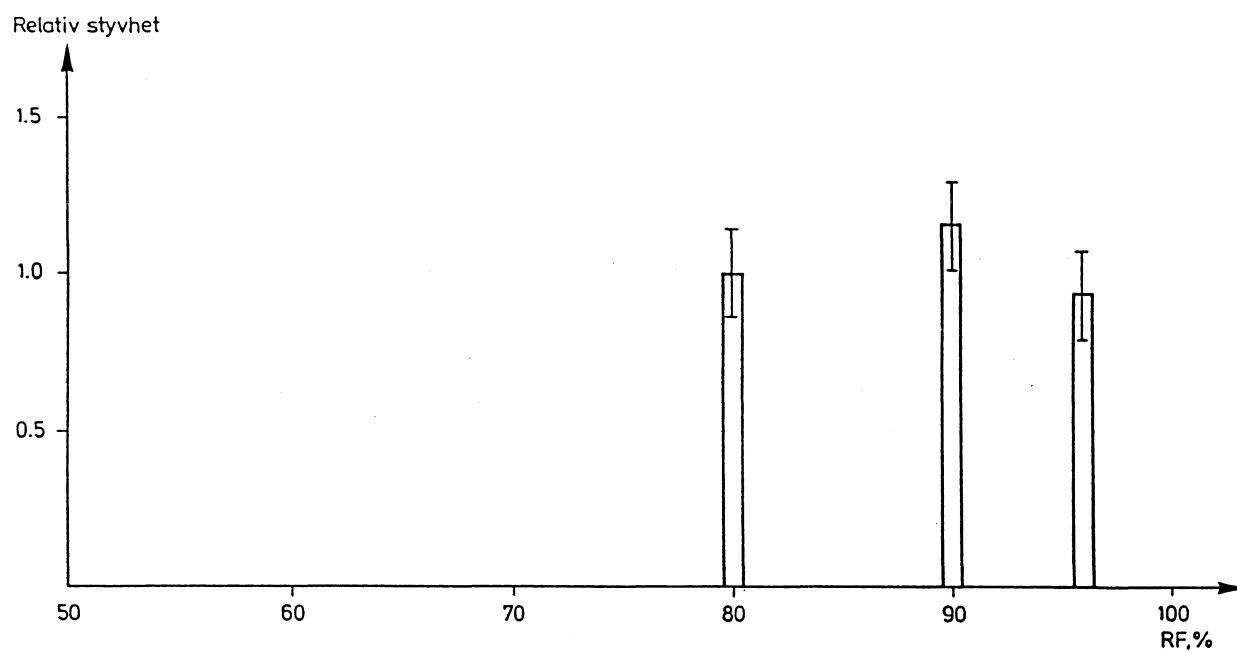


Fig 3.3.10e Förändringar i relativa styvheten vid olika fuktpåverkan.
Matta D limmad med lim 1.

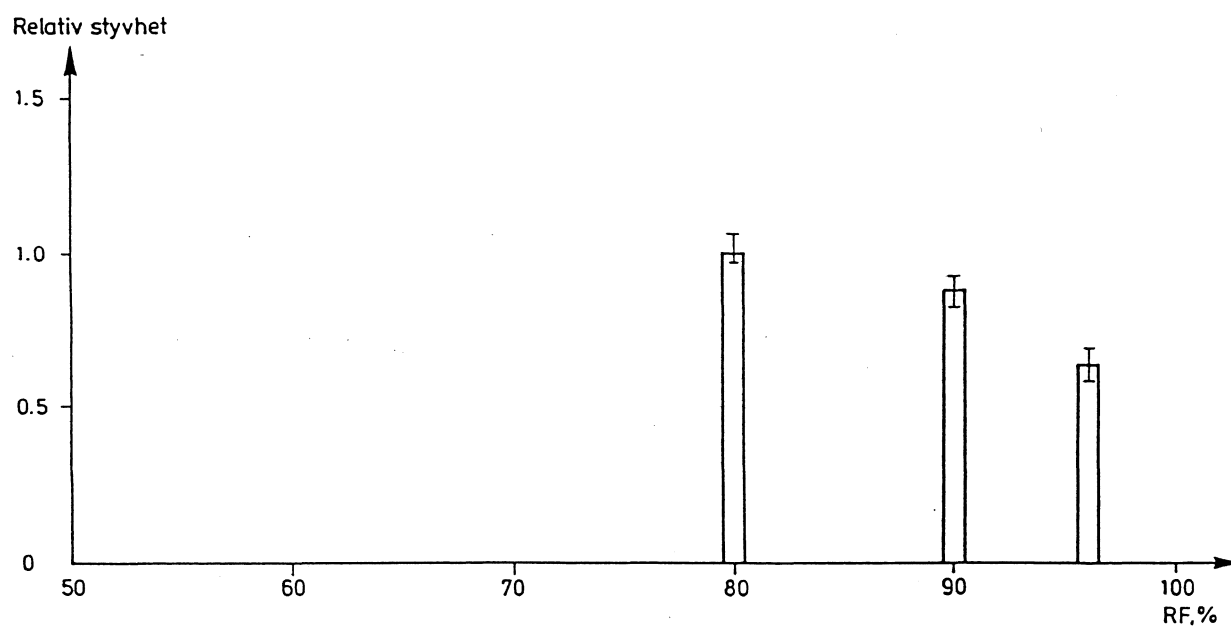


Fig 3.3.10f Förändringar i relativa styvheten vid olika fuktpåverkan.
Matta D limmad med lim 2.

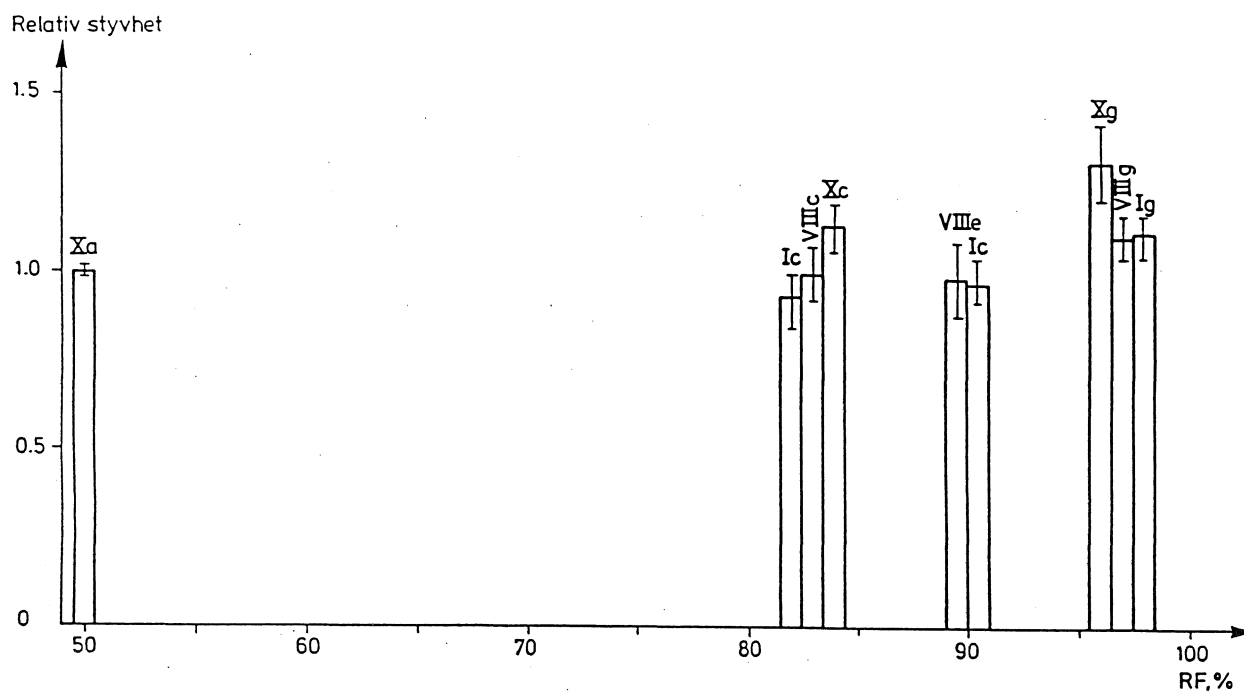


Fig 3.3.10g Förändringar i relativa styvheten vid olika fuktpåverkan.
Matta B limmad med lim 1.

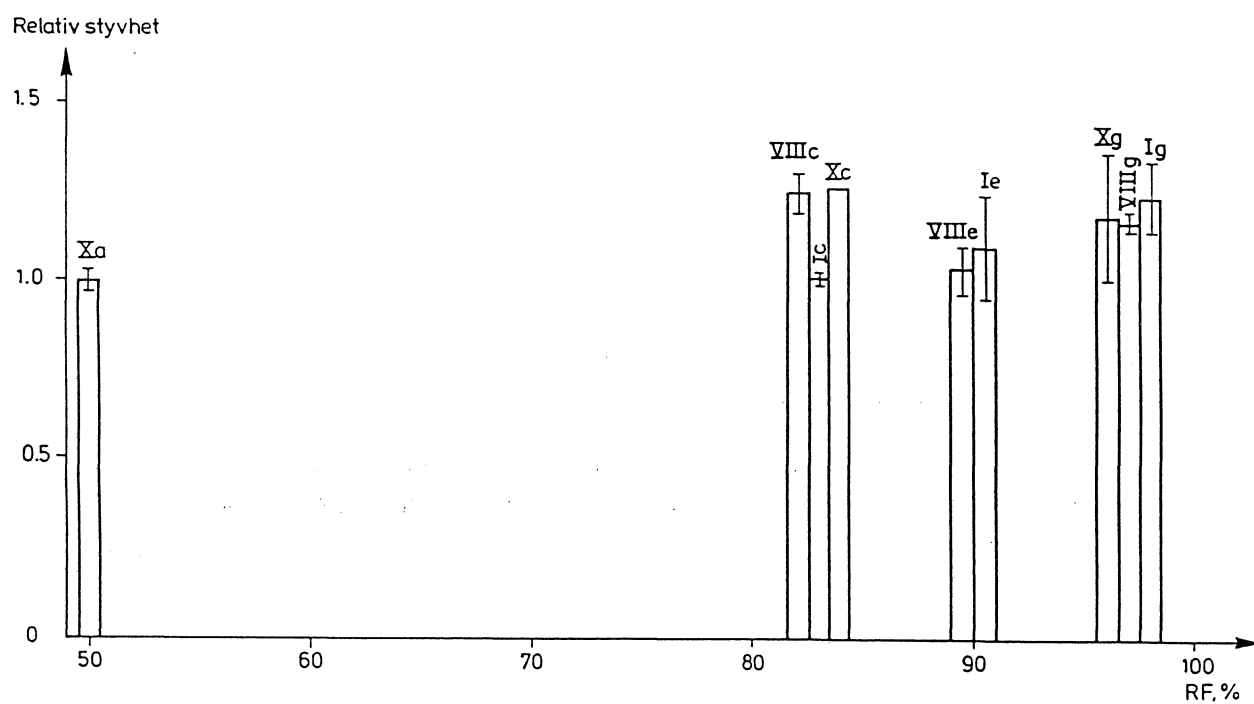


Fig 3.3.10h Förändringar i relativa styvheten vid olika fuktpåverkan.
Matta B limmad med lim 1.

För matta A, som var täckt med plastfolie, ökar styvheten markant för mattor som har varit vid ca 93 % RF.

För matta D med lim 1 synes ingen signifikant styvhetsändring mellan de olika klimaten. Med lim 2 synes styvheten minska med ökande RF. Skillnaden är signifikant ***, men en viss försiktighet tillrådes. En förklaring kan vara att mattorna ej hade torkat ut till jämvikt med omgivande rumsklimat.

För matta B synes ingen markant styvhetsändring mellan de olika klimaten.

För matta G förelåg ingen signifikant styvhetsändring.

Övriga mattor redovisas i bilaga 3.3.10f-3.3.10i.

3.3.11 Ånggenomgångsmotstånd hos mattor

Ånggenomgångsmotstånd hos mattorna mellan 50 % och 94 % RF bestämdes med den så kallade skålmetoden eller koppmetoden. Till diffusionsskål användes en glasskål med inre diameter på ca 18 cm och med en höjd på ca 9 cm. RF 94 % åstadkommes med en mättad saltlösning av kaliumnitrat inne i skålen. Mattan som provades är "lock" till skålen. Mellan mattprov och kant till skålen tätas med en blandning av bivax och paraffin.

Följande tabell erhålles

Tabell IV Ånggenomgångsmotstånd hos mattor.

Matta	Ånggenomgångsmotstånd (s/m)
	$\cdot 10^3$
A	300
B	1300
D	1300
E	900
F	250
G	1500

De redovisade ånggenomgångsmotstånden kan eventuellt vara större då eventuella läckage mellan glasskål och bivax är svåra att upptäcka.

4. DISKUSSION AV RESULTAT

4.1 Fuktmätningar

För de RF-mätare som vi har använt är noggrannheten normalt $\pm 3\%$ RF (3 x standardavvikelsen) på korrekt värde. Om trolig RF under mattor i långtidsförsök sätts samman med uppmätta värden i långtidsförsök fås Fig 4.1a.

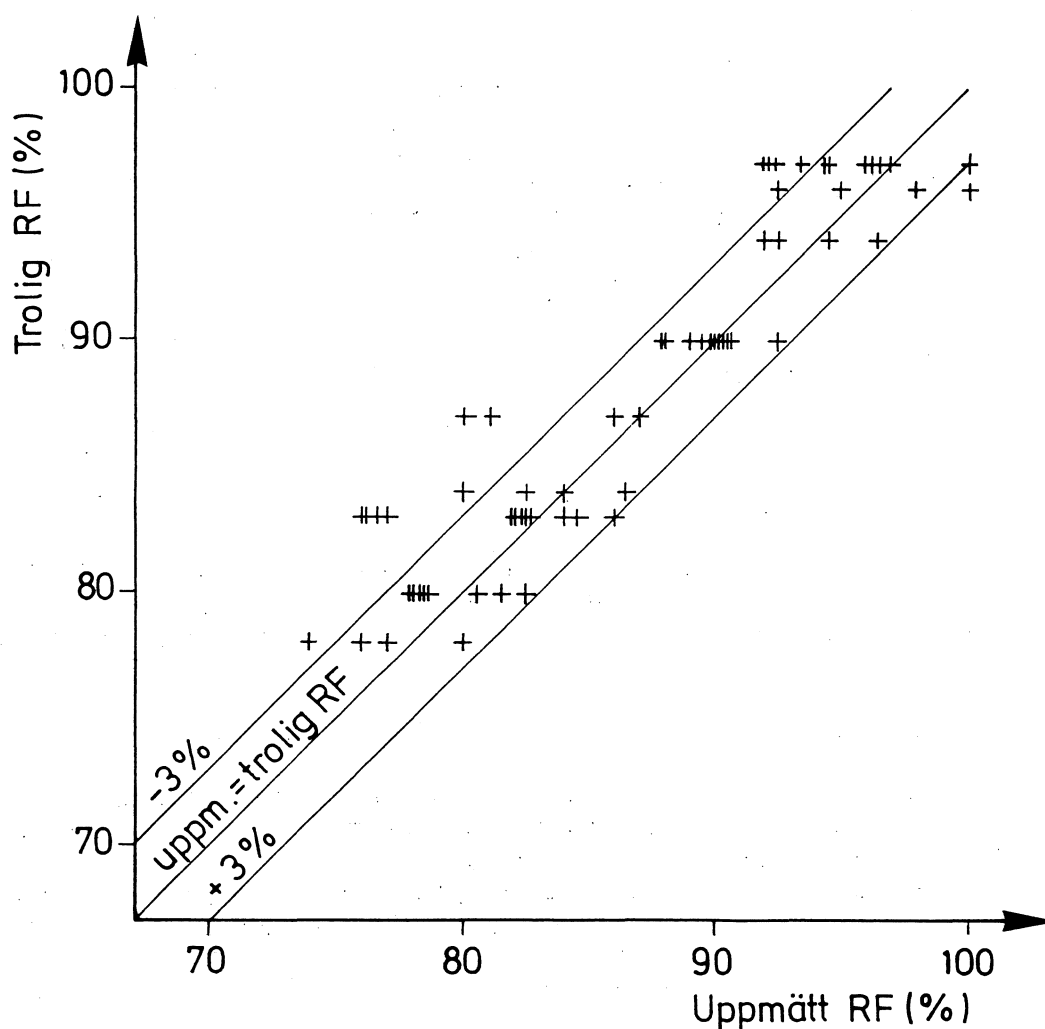


Fig 4.1a Samband mellan uppmätt RF och trolig RF under mattor i långtidsförsök.

I Figur 4.1a har de flesta mätvärdena fallit innanför de yttre linjerna som markerar ± 3 % RF. De mätresultat som ligger utanför ± 3 % RF-linjerna kan eventuellt vara felmätningar.

4.2 Förändring av styvhet hos lim

Metoden som provades och som redovisas i 3.3.4 är ett dåligt mått på lims fuktkänslighet. En orsak till detta kan vara att provningsmaskinens egna deformationer är stora i förhållande till limmets deformationer.

4.3 Förändring av fläkförhållfasthet hos lim

I Fig 3.3.5c redovisas tidsförloppet vid konditionering i 97 % RF. Efter ca 3 månaders konditionering i klimatlåda med 97 % RF omkring hela provkroppen är RF bara 92 %. Det tar nog minst ytterligare 6 månader för att komma upp till slut-RF. De kraftdeformationssamband som redovisas i Fig 3.3.5d är tämligen moderata i sina svängningar runt sin medelnivå. Det förekommer exempel där svängningarna är betydligt större. Metoden är ej lämpad för försök med kort varaktighet om det inte går att öka ångpermeabiliteten hos betongen väsentligt.

4.4 Förändring av draghållfasthet hos enbart lim på betong

Mellan 80 % RF och ca 85 % RF synes ingen signifikant skillnad i draghållfasthet hos limmen föreligga, se Figur 3.3.6a. Mellan dessa 2 RF-nivåer och 97 % RF har medeldraghållfastheten hos lim 1 reducerats med en faktor på ca 0.5 och för lim 2 med en faktor på ca 0.3. För lim 3, som var ett "dåligt" lim har medeldraghållfastheten reducerats med en faktor på ca 0.7. Trots den höga relativa fuktigheten, 97 %, synes draghållfastheten vara hög i förhållande till draghållfastheten vid lägre RF.

4.5 Förändring av draghållfasthet hos lim i långtidförsök

På grund av den olika limmade arean mellan matta och betong går det ej att dra några slutsatser då hänsyn ej tages till den limmade arean. Om inverkan av limmad area skulle korrigeras så som har skett för matta B så kan man eventuellt få något samband mellan draghållfasthet och RF. För matta B med lim 1 och 2 ligger medelhållfastheten vid $RF_{trolig} = 97$ % på

ca 1.6-1.8 MPa då limmad area är 100 %. Den proportionella reduktionen av draghållfastheten mellan ca 80 % RH och ca 97 % RH är inte större för matta B med lim än för enbart lim, se Fig 3.3.6a, 3.3.6d och 3.3.6e. Dvs matta B påverkar inte limmets draghållfasthet negativt.

4.6 Lukt från limfilmer i långtidförsök.

Tabell III i avsnitt 3.3.7 är intressant på det sättet att den indikerar att man eventuellt inte kan tala om en kritisk RF för ett lim. Kombinationen matta-lim bör studeras. Matta B är av lågmigrerande typ och tydlig lukt märktes vid ca 90-97 % RF. Matta F är av mjukgörarsläppande typ och tydlig lukt märktes vid ca 84-94 % RF. Om lukten från limfilmen kombineras med mattornas benägenhet att släppa mjukgörare erhålles Fig 4.6a.

5. FORTSATT ARBETE

Förstudien har visat att vägen fram till att rutinemässigt bestämma kritiska fukttillstånd för byggnadsmaterial är lång. Det krävs en kraftfull satsning, omsorgsfullt arbete mm. De olika delmomenten är till vissa delar av tvärvetenskaplig natur och fordrar där kompetens utanför fuktgruppen, främst inom kemin och materialteknik. Förutom från högskolornas byggnadsmaterialavdelningar kan detta fås genom ett nära samarbete med materialtillverkarna och deras branschorganisationer samt genom utnyttjandet av andra forskningsinstitutioners speciella kompetens.

6. SAMMANFATTNING

I undersökningen har ingått sju olika mattor i kombination med i huvudsak två lim. Provningsar har skett dels med ett långtidsförsök (ca två år) under inverkan av fukt och alkali och dels med olika korttidsförsök. Olika mätmetoder har studerats i korttidsförsöken för att se om det finns någon mätmetod som överensstämmer med resultat från långtids- och fältförsök. Någon sådan entydig mätmetod har vi inte funnit, t ex provning av fläkhållfastheten är inte en lämplig metod om inte ångpermeabiliteten hos bruksunderlaget ökas väsentligt så att konditioneringstiden kan förkortas.

Försök har visat att alkali, främst K_2O , transporteras fram till betongens ytskikt och ansamlas ner till ett djup av 2-3 mm under betongytan.

Långtidsförsöket tyder på att det inte existerar en entydig kritisk RF för ett lim utan att kombinationen av matta lim bör beaktas. För matta B, som är en kommersiellt tillgänglig PVC-matta som är svällningsbenägen och av lågmigrerande typ, så tyder resultaten på att kritisk RF för både lim 1 och 2 är ca 95 %, vid inverkan av enbart fukt.

Någon signifikant ökning av styvheten hos PVC-mattorna har ej skett efter ca två års exponering i långtidsförsöket.

För matta A, som är en linoleummatta, tyder styvhetsförändringarna vid 93 och 97 % RF att kritisk RF ligger mellan 85 och 93 %. I praktiken torde normalt denna RF-nivå inte erhållas under mattan, såvida inte betongen suger vatten kapillärt eller inte har torkat ut tillräckligt, pga mattans relativt låga ånggenomgångsmotstånd.

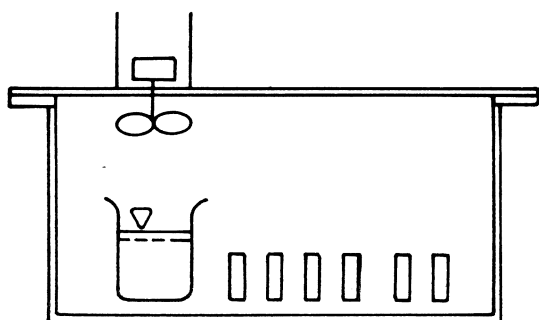
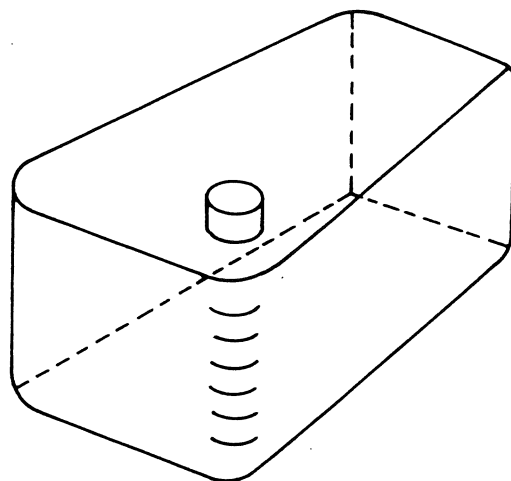
7. REFERENSER

Nilsson, L-O, 1977, Fuktproblem vid betonggolv. (LTH, avd Byggnadsmateriallära), Lund. Rapport TVEM-3002.

Nilsson, L-O, 1979, Byggfukt i betongplatta på mark, del 2; Fuktmätning. (LTH, avd Byggnadsmateriallära), Lund. Rapport TVEM-3008.

8. BILAGOR

KLIMATBOXAR



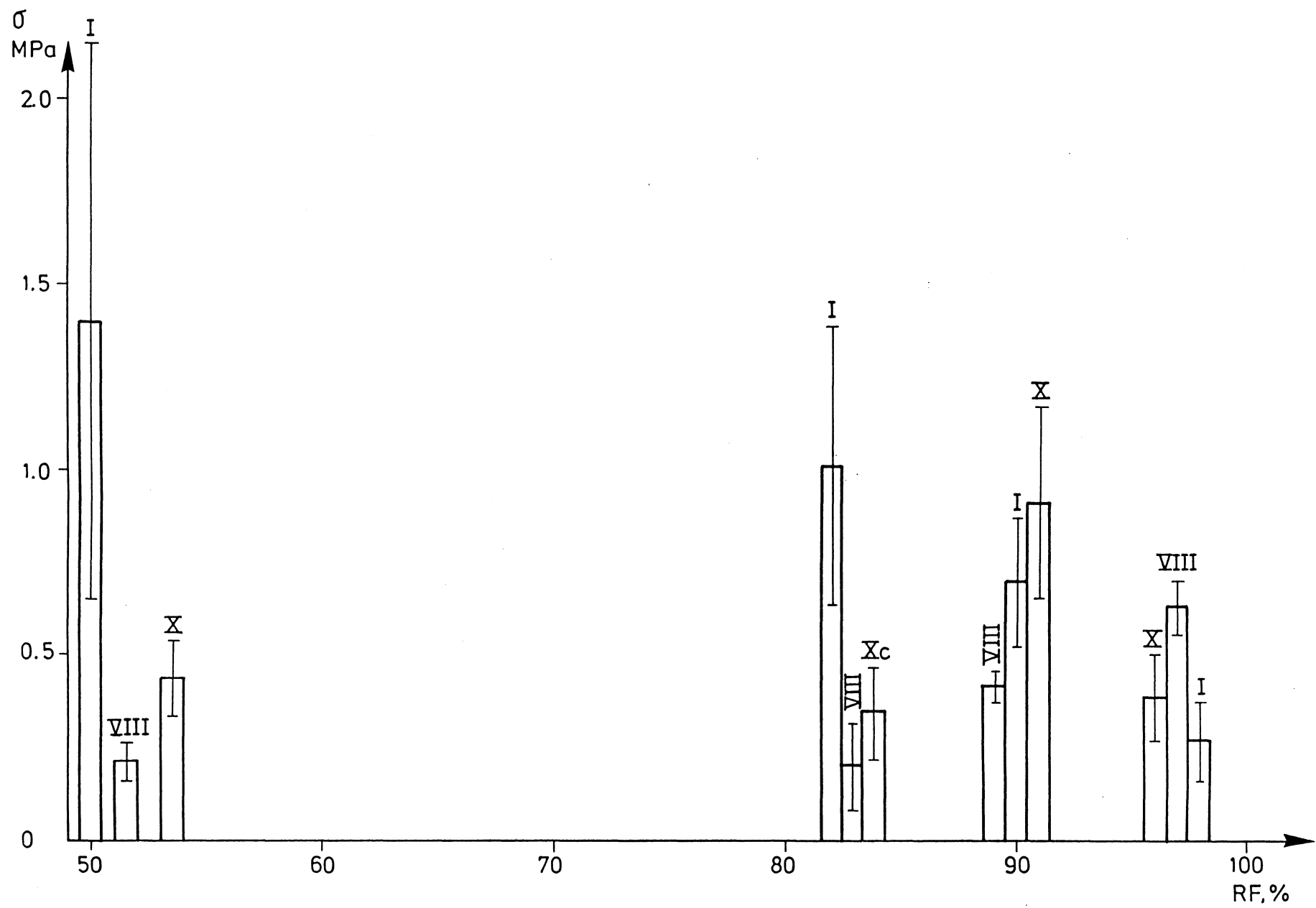
- MÄTTAD SALTÖSNING
- FLÄKT MED UTVÄNDIG MOTOR
- FÖRSEGLAD BOX
- PLACERAD I KONSTANTRUM

OBS! ● TEMPERATURSKILLNADER!
● TVÅSIDIG FUKTPÅVERKAN
PÅ BELÄGGNING!

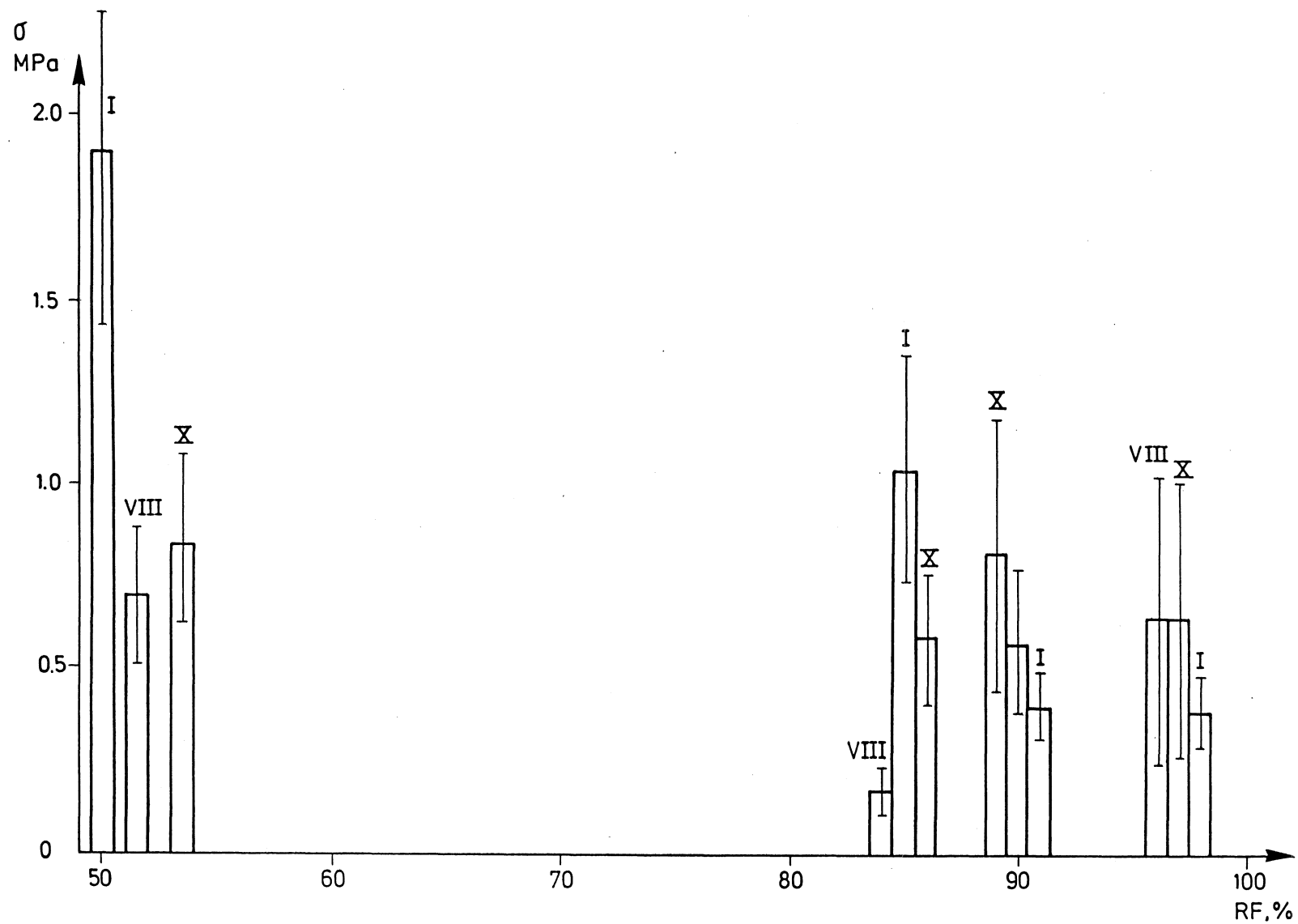
Bilaga 3.2a Principskiss på klimatboxen för bruksskivor
150 x 50 x 10 mm.

Figure 1 is a horizontal dot plot showing the distribution of Relative Frequency (RF) for 100% and 85% salt solutions. The x-axis is labeled 'RF' and ranges from 60 to 100. The y-axis lists 100% salt solutions (1-10) and 85% salt solutions (1-10). Data points are represented by dots, with horizontal lines indicating the range. The 100% salt solutions generally show higher RF values (mostly 100) compared to the 85% salt solutions (mostly 85-93).

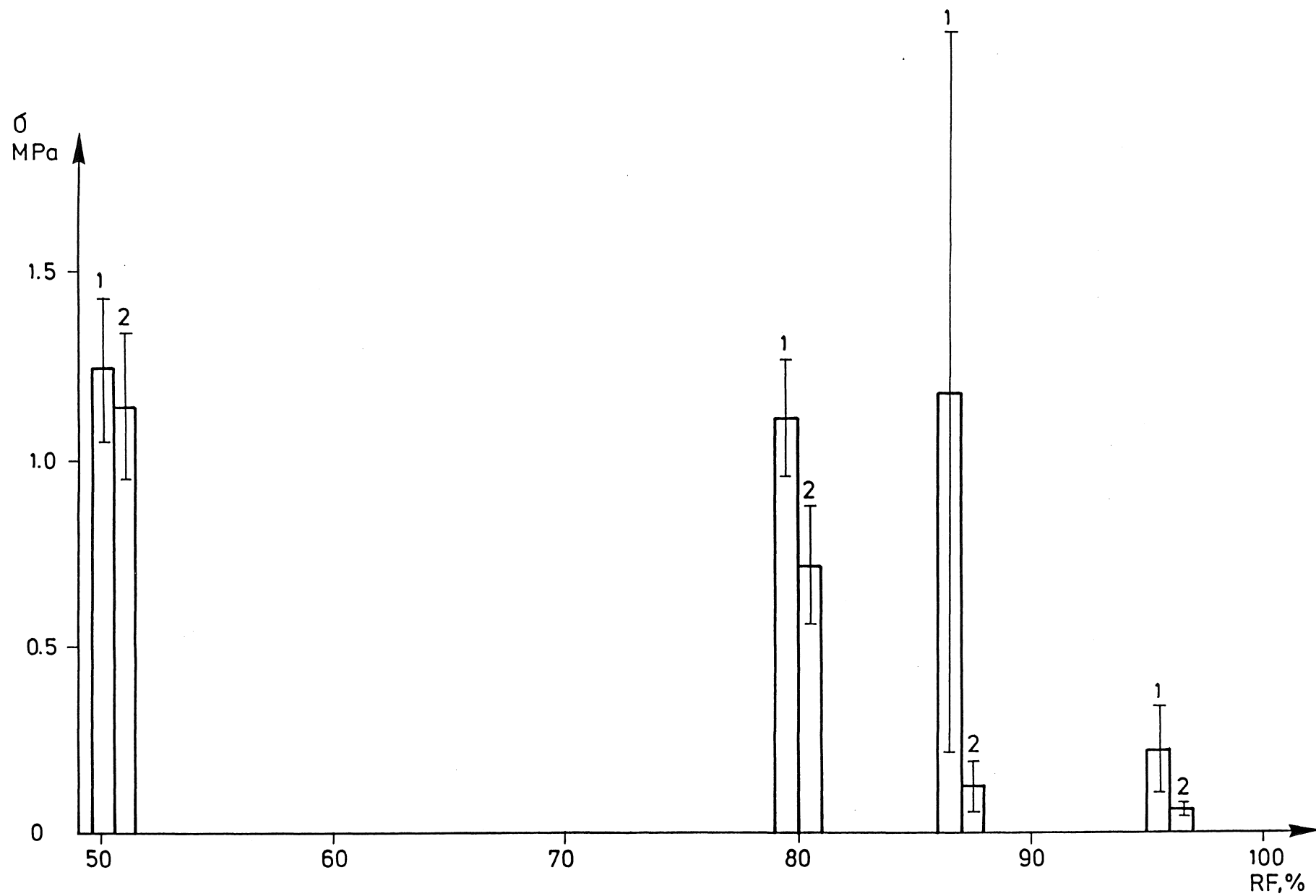
●⁸⁵● Nominell RF (av saltlösning)



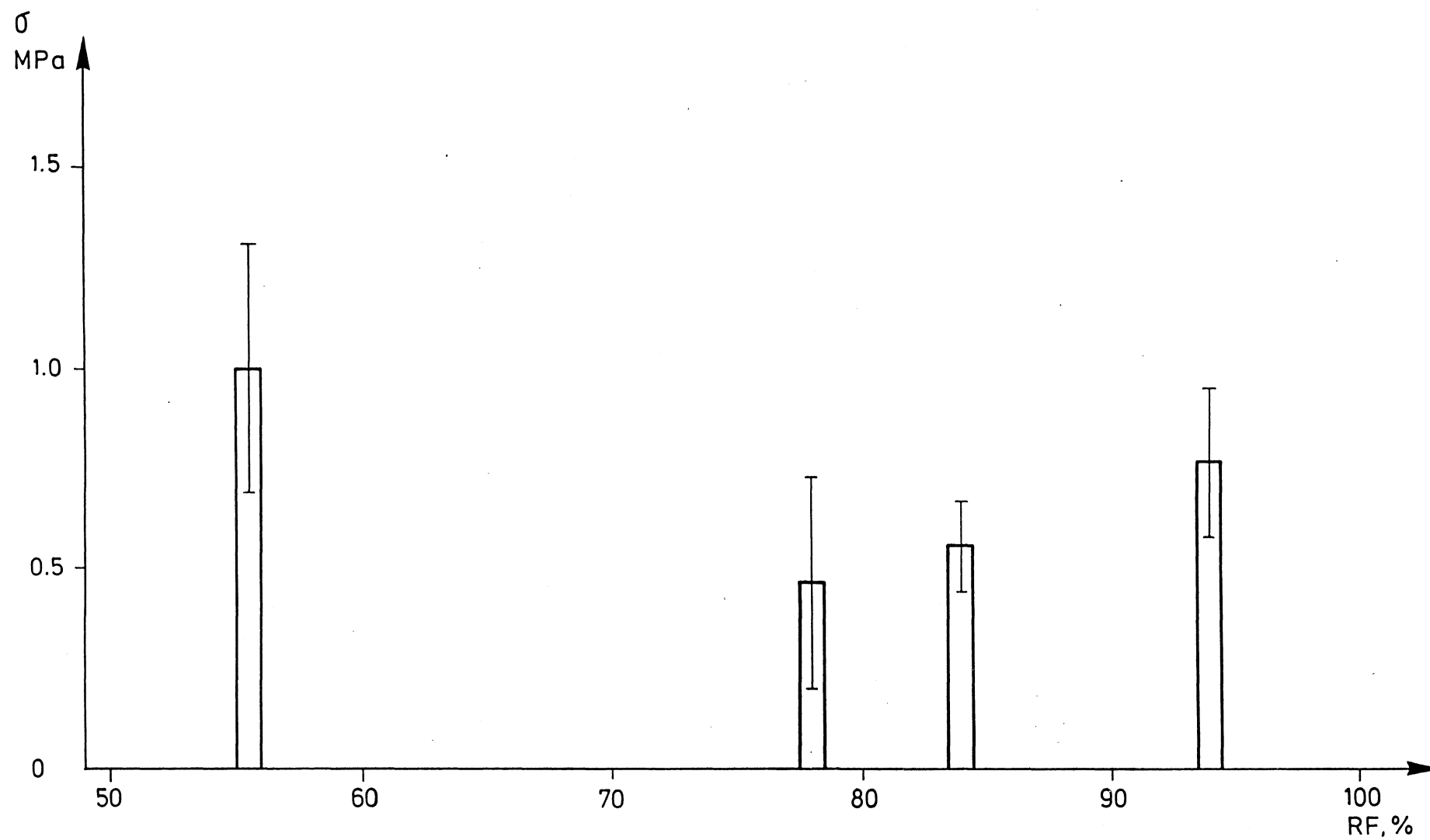
Bilaga 3.3.6a Draghållfasthet hos lim 1, limmad på matta B. Korrektion för limmad area är ej utförd.



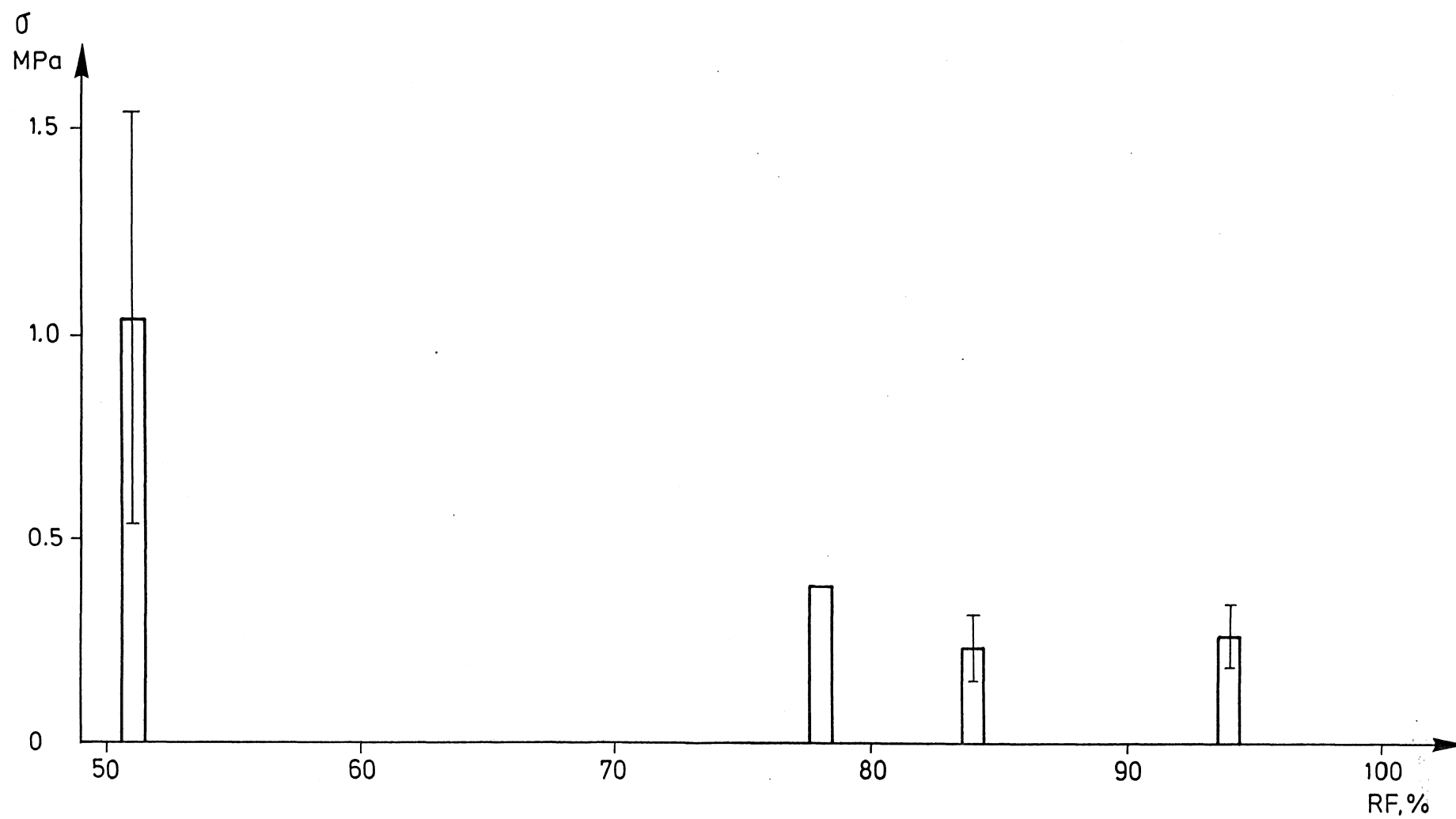
Bilaga 3.3.6b Draghållfasthet hos lim 2, limmad med matta B. Korrektion för limmad area är ej utförd.



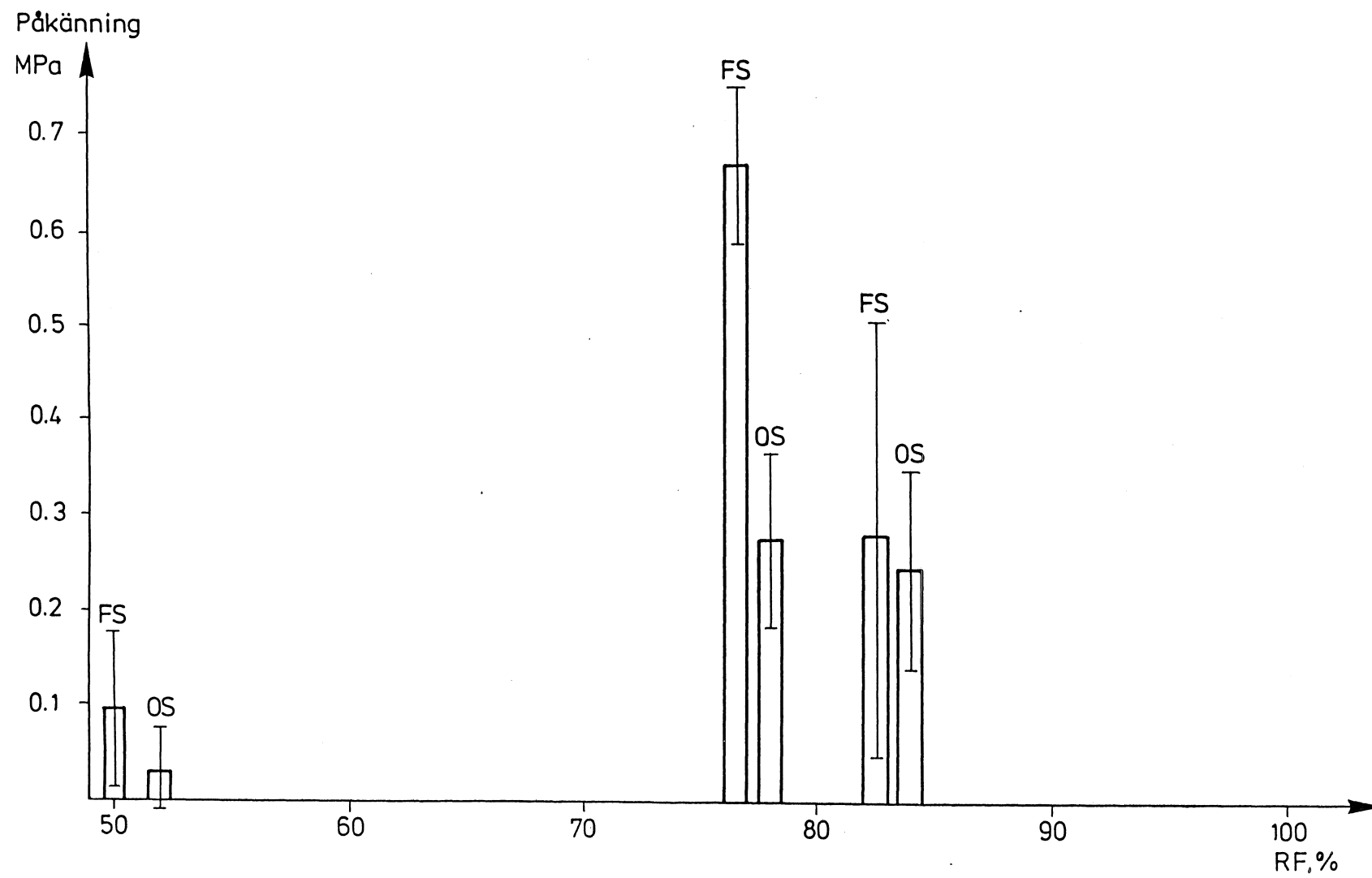
Bilaga 3.3.6c Draghållfasthet hos lim 1 och 2, limmad på matta E. Korrektion för limmad area är ej utförd.



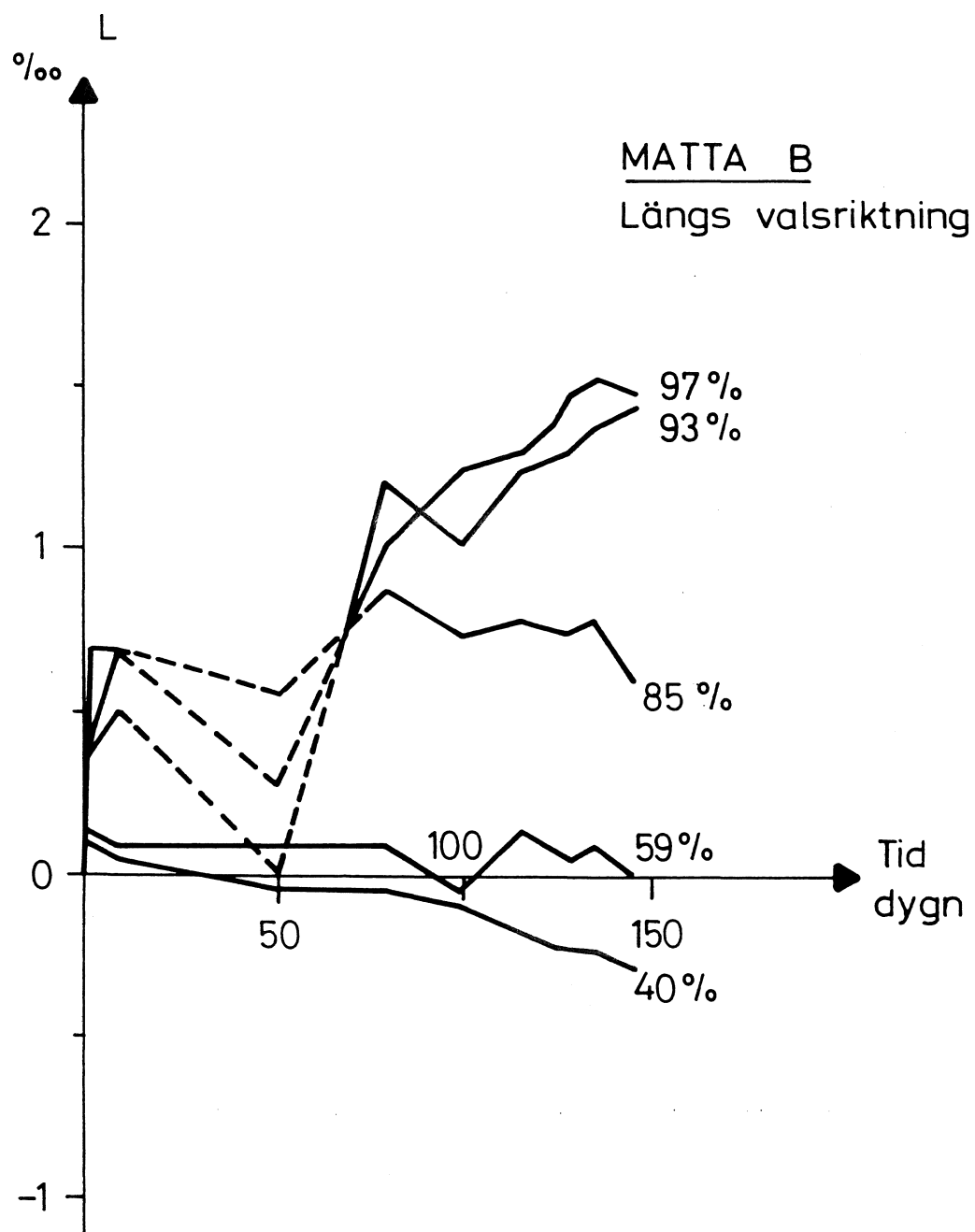
Bilaga 3.3.6d Draghållfasthet hos lim 1, limmad på matta F. Korrektion för limmad area är ej utförd.

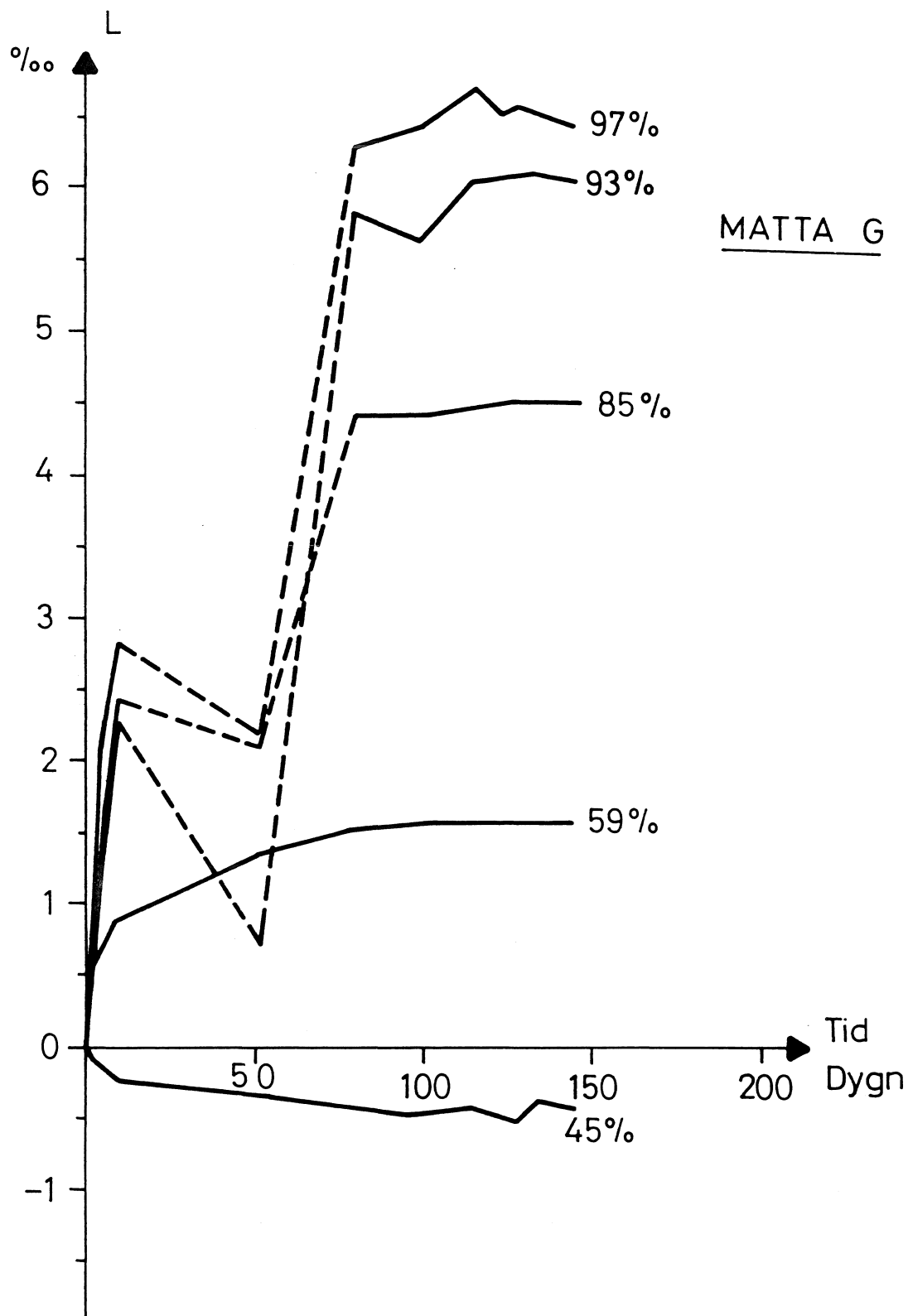


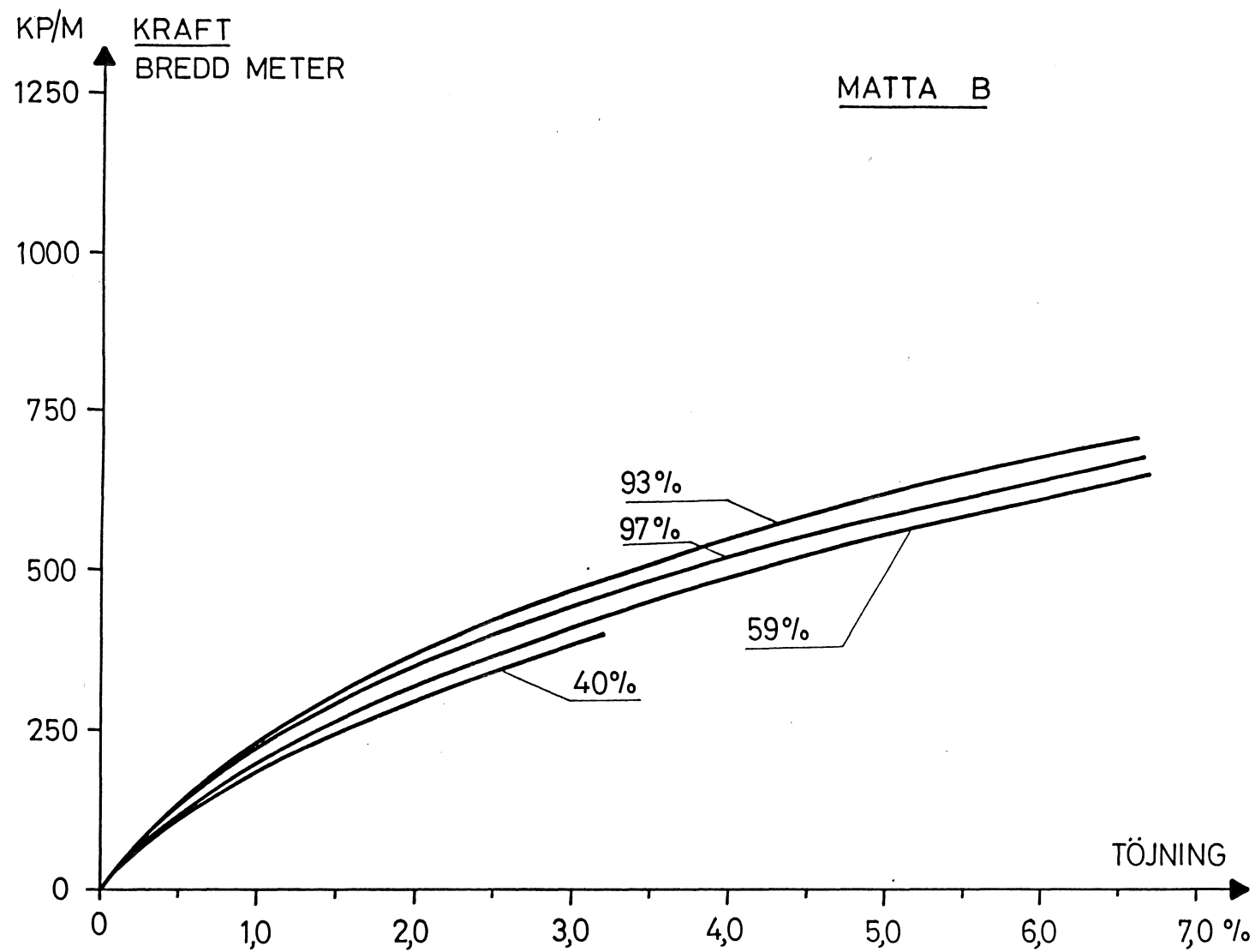
Bilaga 3.3.6e Draghållfasthet hos lim 2, limmad på matta F. Korrektion för limmad area är ej utförd.



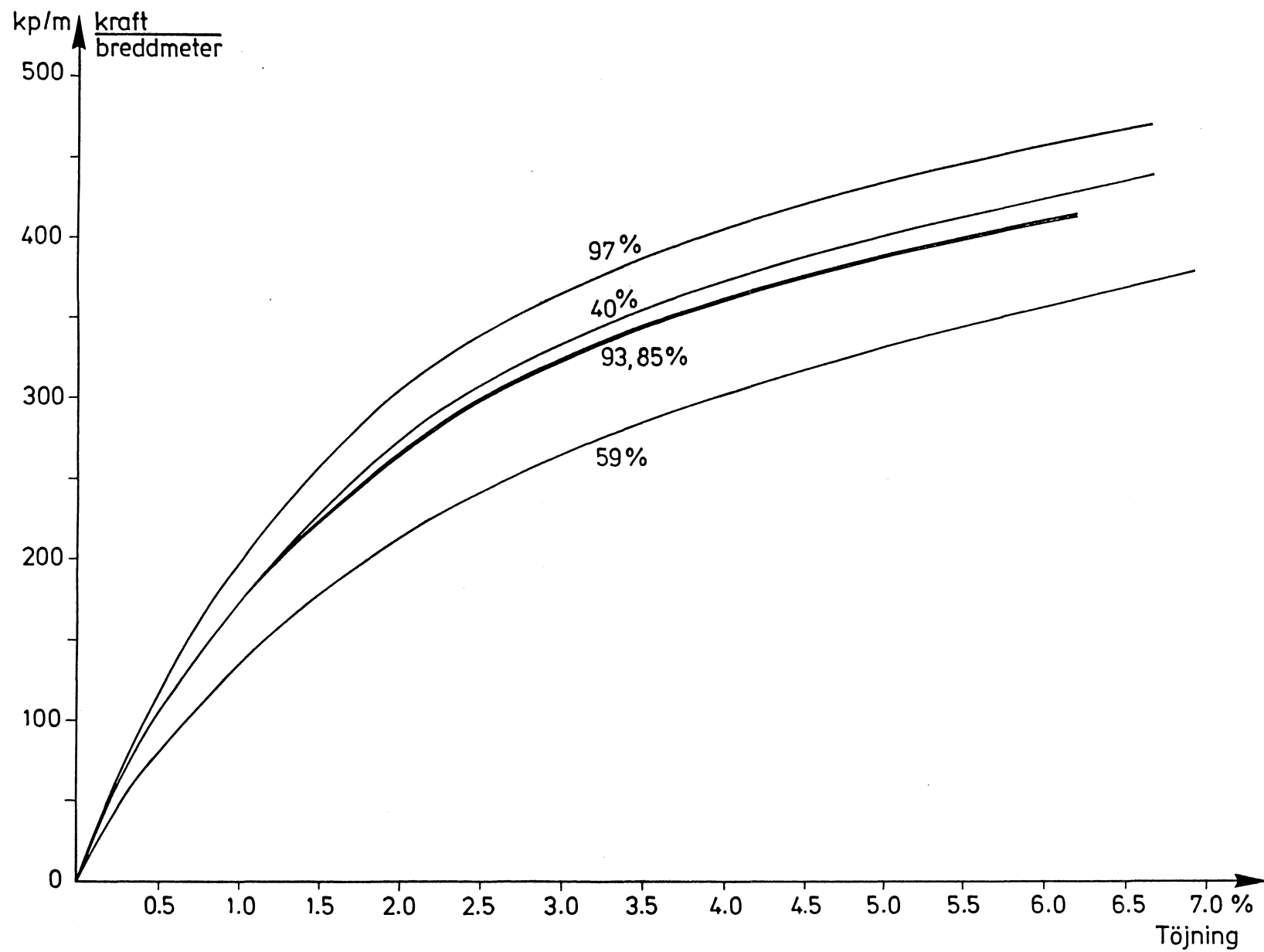
Bilaga 3.3.6f Draghållfasthet hos lim 1, limmad på matta G. Korrektion för limmad area är ej utförd.



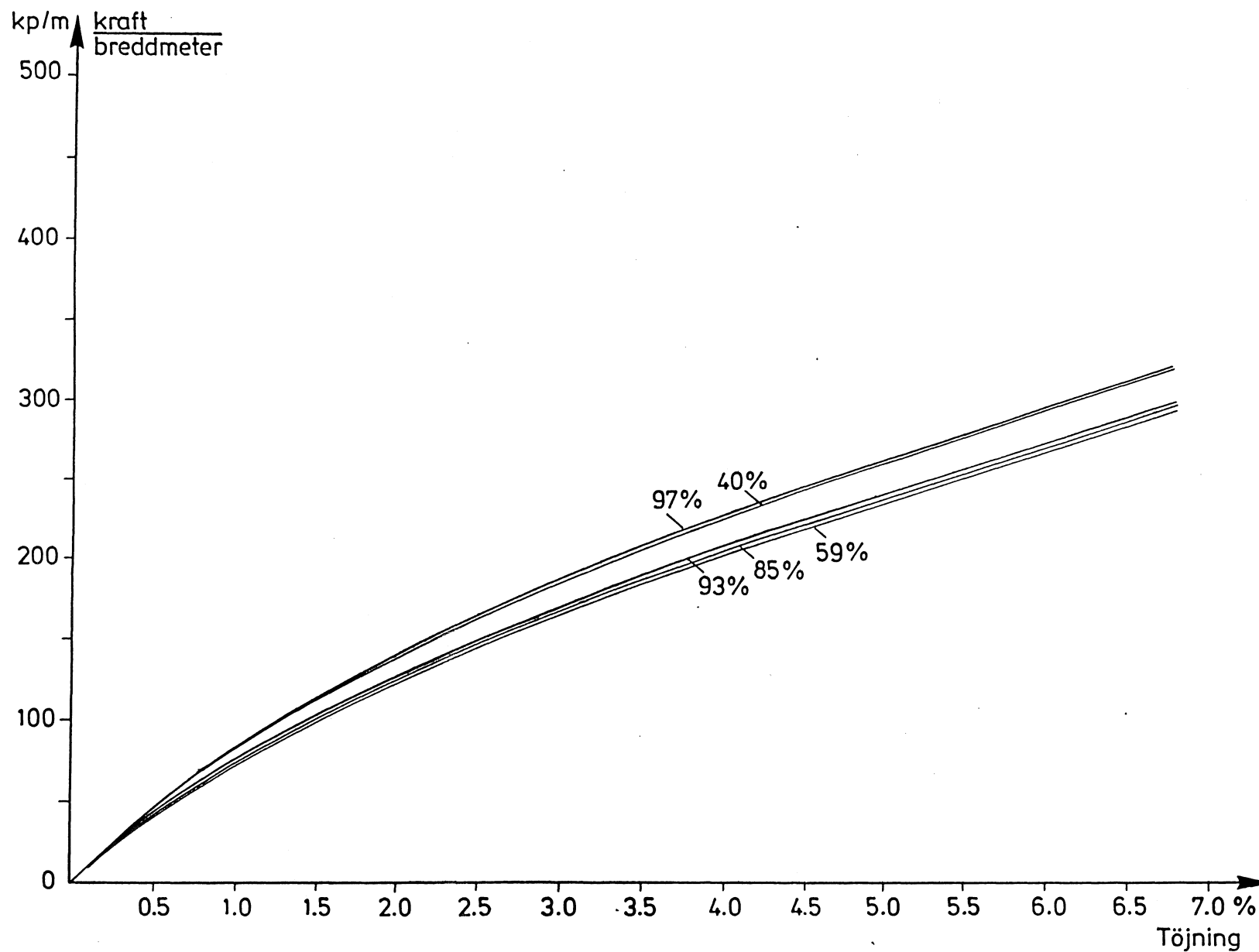




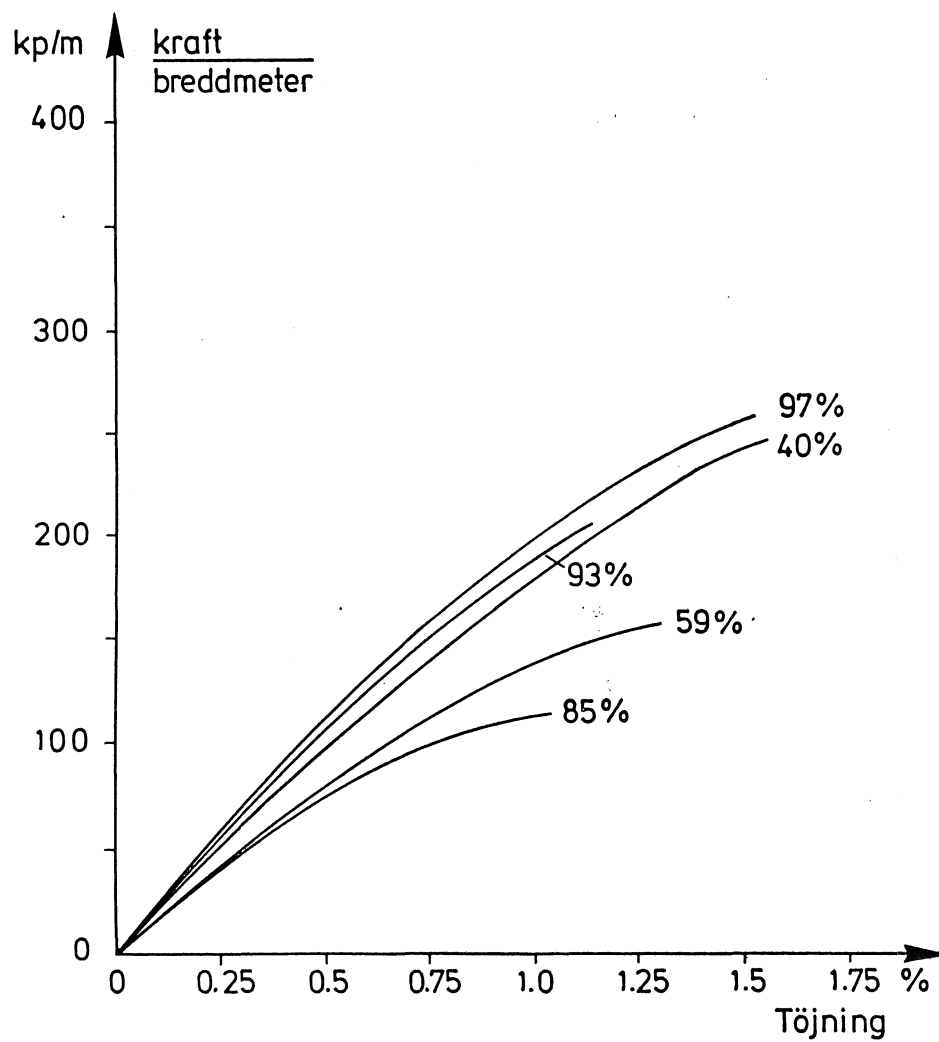
Bilaga 3.3.10a Mätning av styvhetsförändringar vid olika fuktpåverkan. Lutningen på arbetskurvorna ger styvheten efter exponering i olika klimat. Matta B.



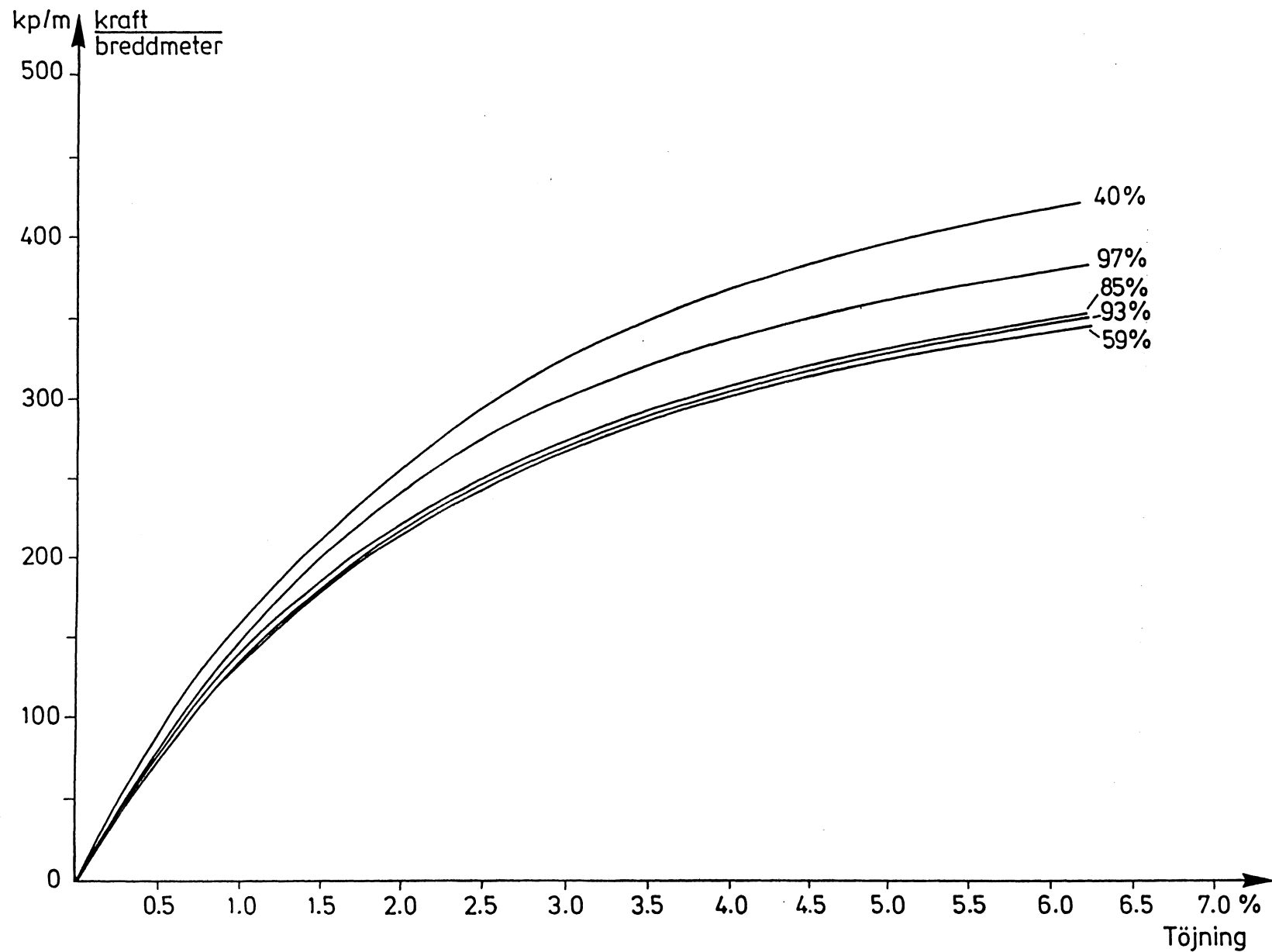
Bilaga 3.3.10b Mätning av styvhetsförändringar vid olika fuktpåverkan. Lutningen på arbetskurvorna ger styvheten efter exponering i olika klimat. Matta D.



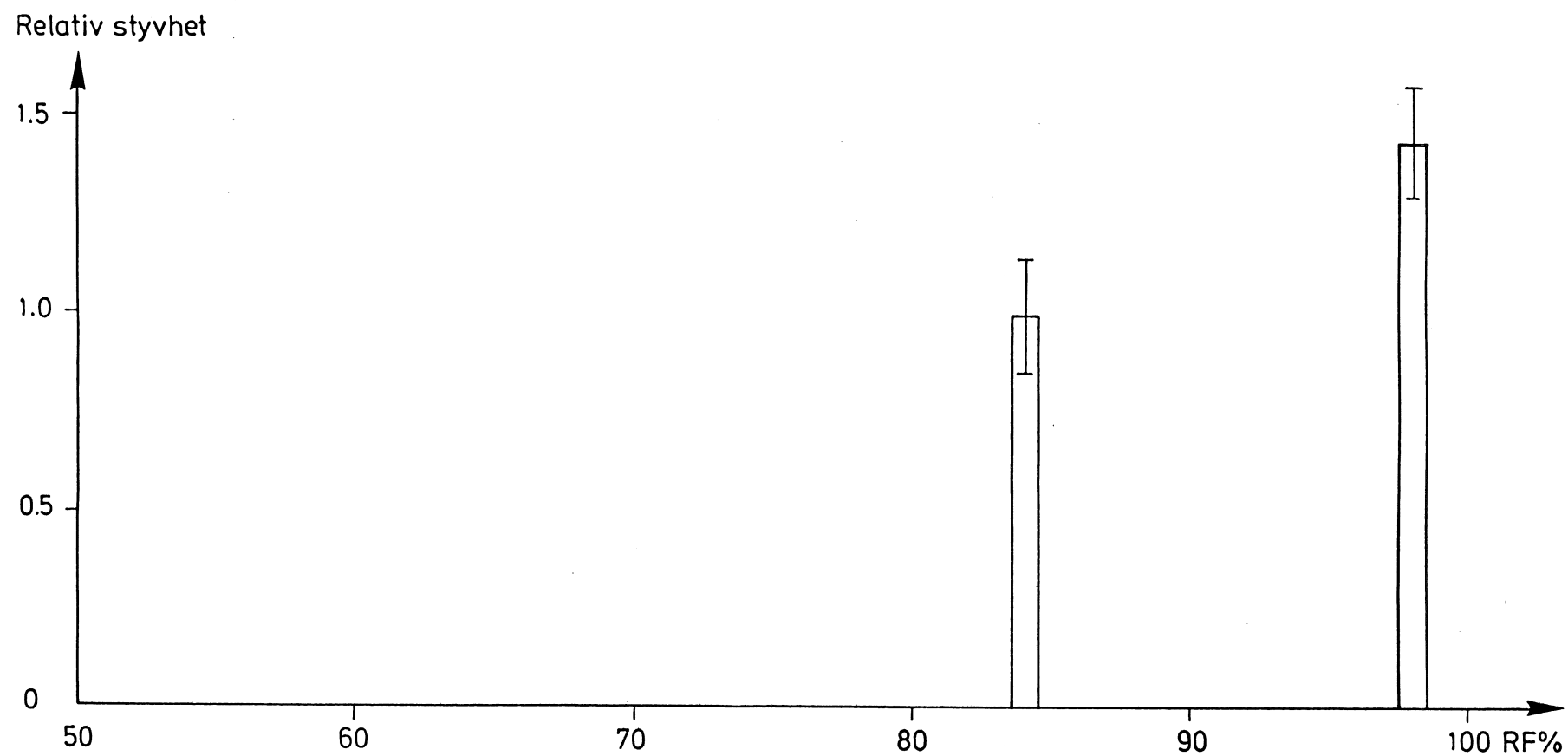
Bilaga 3.3.10c Mätning av styvhetsförändringar vid olika fuktpåverkan. Lutningen på arbetskurvan ger styvheten efter exponering i olika klimat. Matta E.



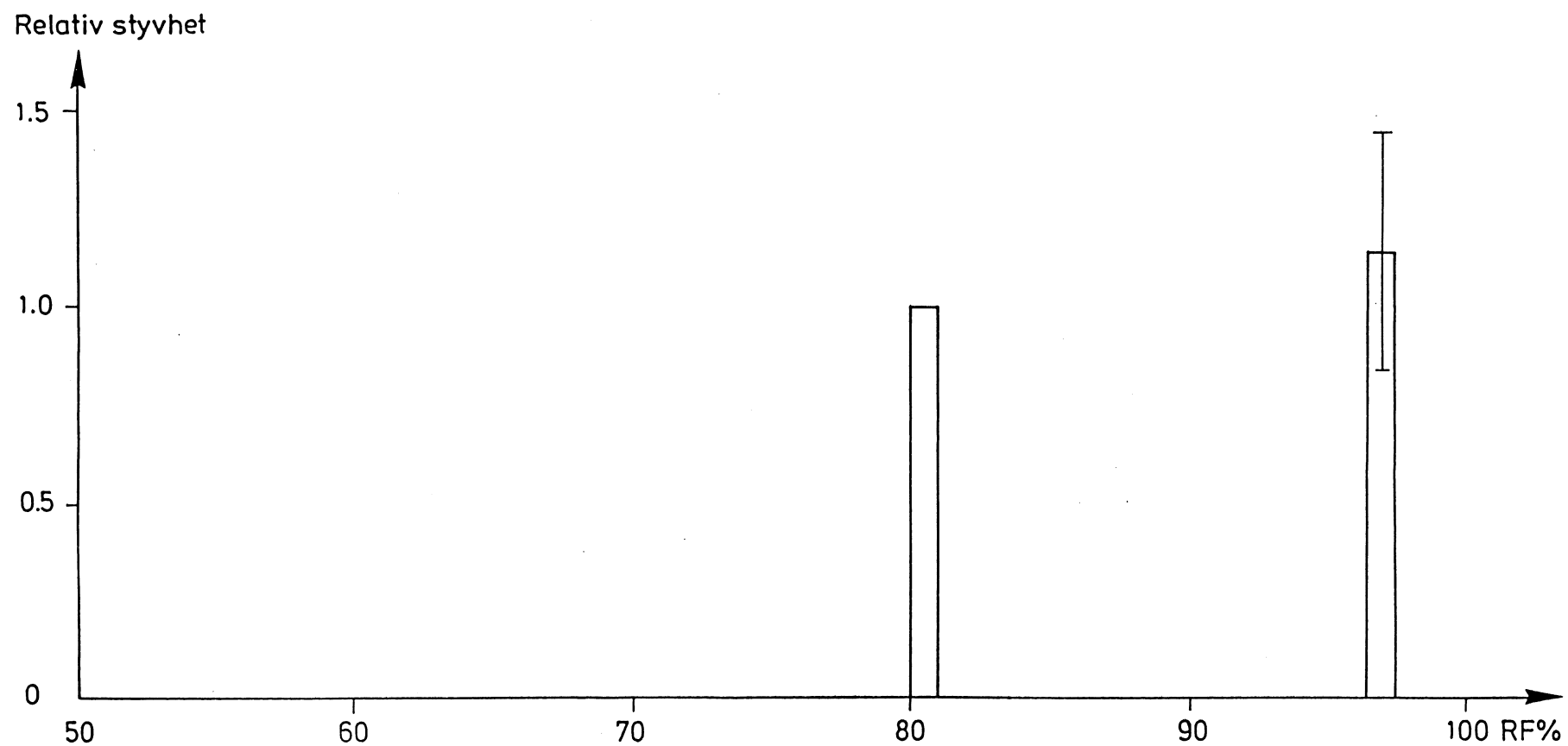
Bilaga 3.3.10d Mätning av styvhetsförändringar vid olika fuktpåverkan. Lutningen på arbetskurvan ger styvheten efter exponering i olika klimat. Matta F.



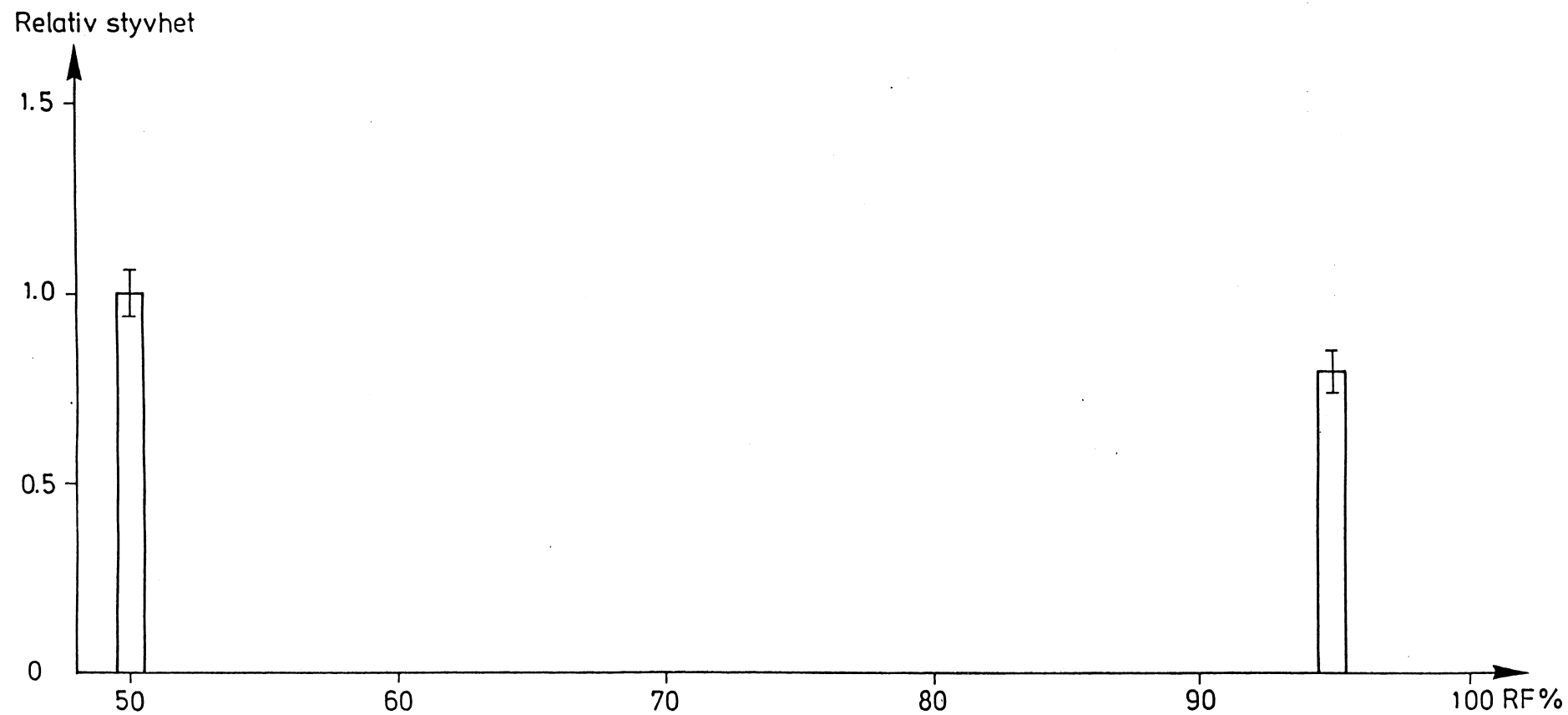
Bilaga 3.3.10e Mätning av styvhetsförändringar vid olika fuktpåverkan. Lutningen på arbetskurvan ger styvheten efter exponering i olika klimat. Matta G.



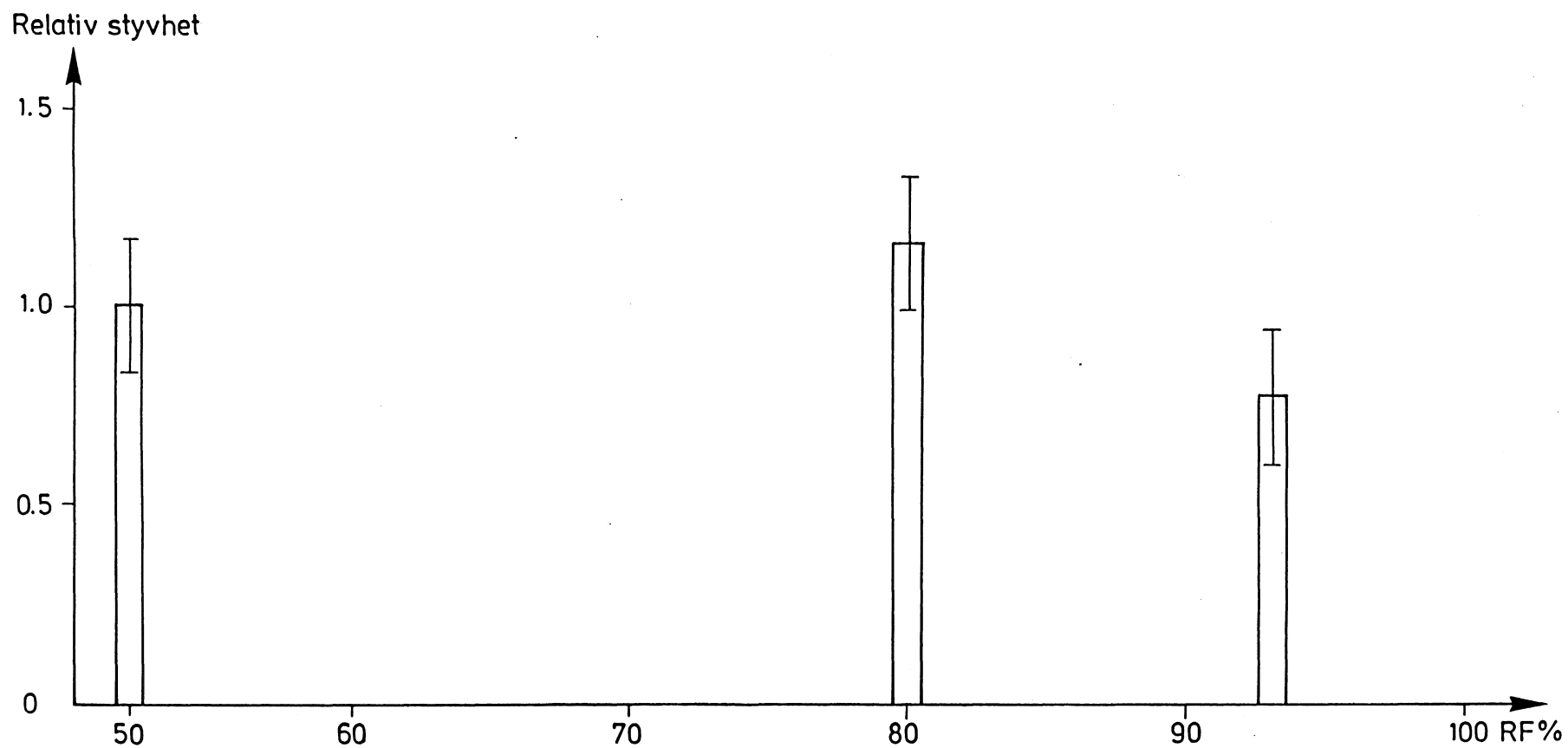
Bilaga 3.3.10f Mätning av relativa styvheten vid olika alkalisk fuktpåverkan. Matta E, limmad med lim 1.



Bilaga 3.3.10g Mätning av relativa styvheten vid olika alkalisk fuktpåverkan. Matta E, limmad med lim 2.



Bilaga 3.3.10h Mätning av relativa styvheten vid olika alkalisk fuktpåverkan. Matta F, limmad med lim 1.



Bilaga 3.3.10i Mätning av relativa styvheten vid olika alkalisk fuktpåverkan. Matta F, limmad med lim 2.