

## Ett träregelsystem med möjligheter

Lars Persson  
Stefan Sandahl

Sektionen för Väg & Vattenbyggnad  
Avdelningen för Bärande konstruktioner  
Lunds Tekniska Högskola  
Box 118  
221 00 Lund

Department of Civil Engineering  
Division of Structural Engineering  
Box 118  
S-221 00 Lund  
Sweden

## ETT TRÄREGELSYSTEM MED MÖJLIGHETER

A wooden frame system with possibilities

av

Persson, Lars. LTH, Lund

Sandahl, Stefan. LTH, Lund

1993

**ABSTRACT:** A wooden frame system for non-bearing interior walls has been developed. The wall consists of studs, spaced at a regular interval of 900 mm, forming a frame together with the bottom and top plate. The framework is sheathed with gypsum plasterboards. The system is developed and adjusted for the purpose of fixing the gypsum plasterboards with glue. A special investigation of the mechanical behaviour of the glue has been performed. Different type of connections between the studs and the top and the bottomplate has been tested. Based on these tests one frame system has been developed and tested. The experimental investigations show that this system performs rather well.(Swedish)

Rapport TVBK-5061  
ISSN 0349-4969  
ISRN: LUTVDG/TVBK--5061--SE

EXAMENSARBETE TVBK-5061

Handledare: Sven Thelandersson  
Staffan Svensson

LUND februari 1993

Stefan Sandahl  
Lars Persson

# Innehållsförteckning

## Sammanfattning

1 Inledning.....	1
2 Kvalitetskrav på trä.....	2
3 Provning av limfog mellan gips och trä.....	4
4 Framtagning av detaljlösning för träregelsystemet.....	13
5 Fullskaleförsök.....	18
5.1 Böjprov.....	20
5.2 Punktbelastningar.....	31
5.3 Monteringsdetaljer.....	34
5.4 Skjuvförsök.....	37
6 Montering av systemet.....	40
7 Slutdiskussion.....	44
Referenser.....	47
<b>Bilaga 1 Diagram från förförsök</b>	
1.1 Spikförbandsprovning.....	48
1.2 Limtjockleksprovning.....	49
<b>Bilaga 2 Diagram från fullskaleförsök</b>	
2.1 Provning av detaljlösningar.....	53
2.2 Fixering av gipsskivor med lim.....	60

# Sammanfattning

Syftet med vårt examensarbete var att ta fram ett monteringsfärdigt träregelsystem för icke bärande innerväggar. Kraven som ställdes på detta system var att:

- Systemet ska vara enkelt i sin tekniska utformning.
- Systemet ska kunna monteras på ett snabbt och ergonomiskt riktigt sätt.
- Systemet ska vara flexibelt, för att klara av eventuella variationer i bjälklagshöjd och eventuella måttavvikelser och formfel hos träreglarna.
- Väggbeklädnad i form av gipsskivor ska kunna limmas på träregelsystemet.

Provningar i liten skala av limfogar mellan gips och trä har genomförts, liksom fullskaleförsök av det utvecklade regelsystemet.

Examensarbetet har lett fram till ett förslag till ett monteringsfärdigt träregelsystem.

# 1 Inledning

Föreliggande examensarbete har genomförts vid Lunds Tekniska Högskola på avdelningen för Bärande Konstruktioner. Arbetet har utförts under sommaren och hösten 1992. Examensarbetet har handletts av prof Sven Thelandersson och civ ing Staffan Svensson.

Produktion av sågade trävaror och andra träbaserade produkter är av stor betydelse för Sveriges ekonomi och en stor andel av produktionen används i byggandet. Under de senaste decennierna har trenden dock varit att trä i allt större omfattning ersatts av andra material i byggandet. Skälet till detta är bla att trä fortfarande i huvudsak används som lösvirke, medan utvecklingen i övrigt går mot systemlösningar som medger rationell byggnadsproduktion och väl dokumenterade och förutsägbara egenskaper hos den färdiga produkten. Till detta kommer att kvaliteten hos byggnadsvirke inte alltid är tillfredställande, framförallt när det gäller måttnoggrannhet och formavvikelser.

Mot bakgrund av dessa problem har Södra Timber nyligen initierat ett forskningsprogram som är inriktat på kvalitet hos trä i kedjan från skog till slutanvändning. Detta examensarbete är relaterat till detta forskningsprogram och ska leda fram till ett monteringsfärdigt träregelsystem för ickebärande innerväggar.

Rapporten inleds med en beskrivning av kvalitetskrav på träreglar och en undersökning av kvaliteten på träreglarna. Därefter kommer en beskrivning hur limfogen mellan gipsskiva och träregel fungerar. I de följande två kapitlen beskrivs framtagna detaljlösningar för regelsystemet och provningen av dessa. Därefter följer en arbetsbeskrivning för vårt förslag till träregelsystem. Rapporten avslutas med en diskussion om hur detta träregelsystem och dess monteringsmetoder kan vidareutvecklas.

Material som används under examensarbetet har biståtts av följande intressenter, Södra Skogsägarna med träreglar, Casco-Nobel och Essve med lim, Norgips med gipsskivor och Europrofil med stålreglar.

Proven har utförts i rumsklimat. Klassificering med hänsyn till brand, ljud, hållfasthet och stabilitet har ej gjorts. Hur det monterbara träregelsystemet står sig ekonomiskt mot konkurrerande regelsystem har inte studerats.

Vi vill tacka dem som hjälpt oss under arbetets gång och framför allt ing Per-Olof Rosenkvist på V laboratoriet.

## 2 Kvalitetskrav på trä

Från byggarbetsplatsen kommer ofta klagomål på kvaliteten hos byggnadsvirke. Klagomålen har oftast rört träs formstabilitet och måttnoggrannhet. Detta har medfört att trä i stor utsträckning ersatts av andra byggnadsmaterial. De krav som tidigare funnits på byggnadsvirke har oftast enbart berört träs hållfasthet. Några krav på måttavvikelse och formstabilitet har ej preciserats. Förslag till krav som bör ställas på byggnadsvirke har tagits fram av Johansson et al /1/. Vi har kontrollerat om dessa krav är relevanta för en icke bärande träregelvägg och om det trä vi fått från ett sågverk klarar att uppfylla dessa krav.

Som utgångsmaterial har vi använt träreglar med dimensionen 45x70 mm i längder från 3.2 till 4.7 m. Hållfasthetsklassen på träet är ö-virke.

### Kvalitet på reglarna

260 träreglar levererades den 2/6-92 direkt från Södra Skogsägarnas sågverk i Hyltebruk. Omedelbart efter ankomsten okulärbesiktigades träreglarna och de staplades om i en lagerlokal där de legat under hela försökstiden. I lagerlokalen har träet utsatts för typiskt inomhusklimat. Denna miljö kan tyckas väl idealisk för byggnadsmaterial, men eftersom regelsystemet lämpligen bör tillverkas på fabrik kan denna miljö anses representativ.

Vid leverans gjordes en stickprovsmässig fuktkvotsbestämning med fuktkvotmätare, se tab 1. Den uppmätta fuktkvoten var mycket varierande alltifrån 8 till 14%. Dessutom hade träet påverkats av starkt solsken före leveransen, vilket märktes på att träet missfärgats. Under examensarbetets gång har fuktkvoten kontrollerats och den 11/9-92 var träet i jämvikt med en fuktkvot på 10%, vilket kan anses som representativt för trä i jämvikt i en inomhuskonstruktion på sensommaren.

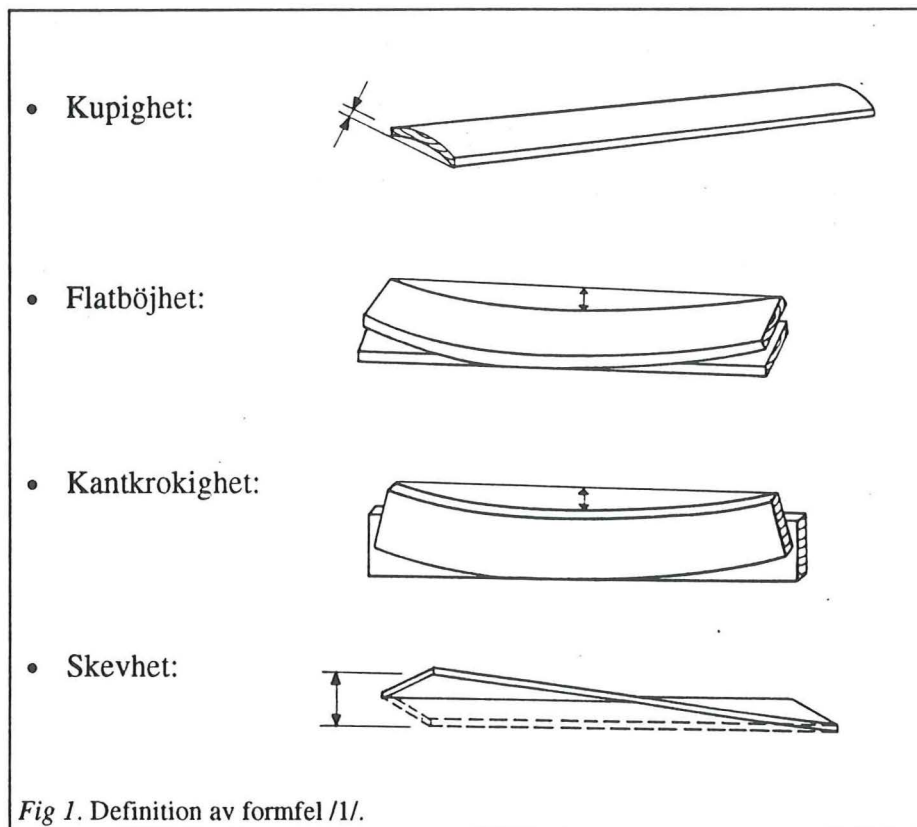
DATUM	2/6-92	11/9-92
REGEL	FUKTKVOT %	
1	11,5	10,4
2	13,5	10,6
3	13,0	11,0
4	11,0	9,9
5	7,5	10,2
6	11,5	10,9
7	14,5	10,4
8	9,5	10,2
9	10,5	10,0
10	10,5	10,1

Tab 1. Fuktkvot

En första sortering av virket genomfördes då träs fuktkvot befann sig i jämvikt. Mängden formfel hade då stigit avsevärt, en grov okulär gallring visade att 15% av det totala antalet regler var helt oanvändbara, dvs de hade så stora deformationer att de kan betraktas som oanvändbara i byggnadssammanhang. De flesta av dessa deformationer kan hänföras till skevhet.

## Kvalitetskrav

För en närmare granskning av träs kvalitet har vi använt rapporten /1/ som utgångspunkt. I denna rapport ges förslag till krav på de måttavvikelser och formfel som kan tillåtas för konstruktionsvirke, se fig 1.



Dessa värden översatta till en träregel med längden 2.3 m ger följande maximalt tillåtna formfel:

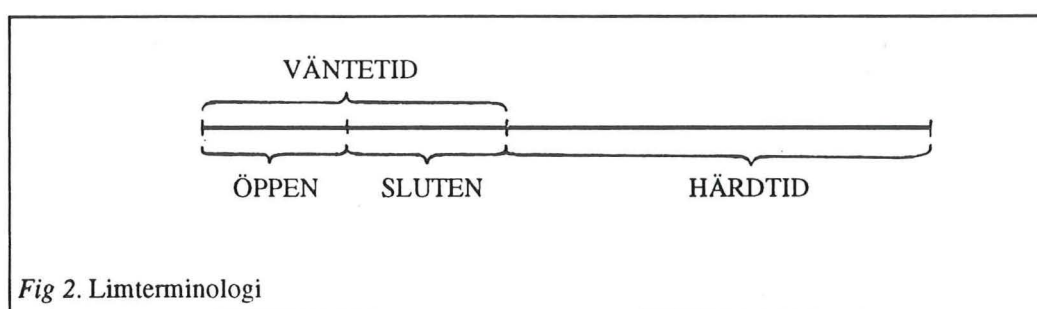
- Kupighet:  $\approx 2$  mm
- Flatböjdhet:  $\approx 6$  mm
- Kantkrokighet:  $\approx 5$  mm
- Skevhet:  $\approx 6$  mm

I kapitel 5 jämförs träregelsystem byggda med helt raka regler, dvs utan formfel, med träregelsystem med regler med maximalt tillåtna formfel. Reglar med större formfel än de maximalt tillåtna har också provats för att se hur mycket dessa formfel påverkar det färdiga resultatet.



### 3 Provning av limfog mellan gips och trä

Detta kapitel kommer till stor del att handla om limning. Inledningsvis definieras en del termer som förekommer i samband med limning. *Väntetid* är tiden från att limmet påförs limstyckena till dess att press läggs på limfogen. Ibland förekommer benämningen *limningstid* för denna tid. Denna tid delas in i *öppen väntetid*, tiden från limpåföringen till dess att materialen förts samman och *sluten väntetid* som är tiden från det att materialen förts samman till dess att press lagts på limfogen. Under den öppna väntetiden kan vatten avgå fritt från limytan. Efter väntetiden följer *härtdiden*, då limmet övergår från flytande till fast form. Hur dessa tider hör samman visas i fig 2. Med ett lims elasticitet menas dess förmåga att ta upp deformation innan brott uppnås.



Försök i liten skala genomfördes för att bestämma egenskaperna hos limfogen mellan gips och träregel i en limmad träregelvägg. Dessutom undersöktes inverkan av limfogens tjocklek på egenskaperna hos den färdiga limfogen. Med en tjockare limfog kan man acceptera ett lägre krav på måttnoggrannhet hos träreglarna. Andra faktorer som undersöktes var limmets förmåga att ge ett tillfredsställande resultat, även då limfogen hindras att krympa fritt under härtdiden. Detta inträffar i anslutning till de skruvar man använder för att hålla gipsskivan på plats under härtdiden. Den öppna väntetidens inverkan på det färdiga resultatet var också av intresse att studera.

Provkroppar har limmats och fått härda i normalt rumsklimat. Härtdiden för limfogen i provkroppen har begränsats till de för varje lim angivna, utom i de fall då vi ansett det var befogat med en fördubbling av härtdiden.

#### Val av lim

Vi sökte ett lim för montering av gips på ett ickebärande träregelsystem. Detta lim ska hålla gipsskivorna på plats och bära upp skivans egenvikt och nyttiga laster, samt vara elastiskt nog att klara av rörelser i husstommen. Väggen ska dessutom klara en del av ovanförhängande bjälklags egenvikt och nyttiga laster. Höga krav i dessa avseende går ej att uppfylla med ett och samma lim utan man får kompromissa mellan elasticitet och hållfasthet. Vi valde att prova två olika lim under våra försök. Ett med erkänt hög hållfasthet, Bison montagekit och ett med god elasticitet, Casco 8207.

## Bison montagekit

Limmet är avsett för limning av skivor av trä, sten, plast, metall eller keramiskt material. Framförallt är limmet framtaget för att limma regelverk. Limmet är vattenbaserat. Det har god arbetbarhet, permanent elasticitet och motstår fukt. Limmet ska appliceras i punkter eller i strängar. Materialytorna ska innan påstrykning av limmet kontrolleras så att de är rena, fettfria och torra. Efter 24 timmar håller limfogen för bruksbelastning. Limmet ska förvaras frostfritt.

## Casco 8207 dispersionslim

Detta lim är en blandning av acryl copolymer dispergerat (uppblandat) i vatten. Limmet är speciellt utvecklat för limning av lodräta flata gipselement mot trä, TRP-plattor (förzinkade stålplattor), gips mot stål och gips mot gips. Den öppna väntetiden är kort för detta lim och vidhäftningen är mycket god. På grund av limmets höga torrsubstans, 74% blir eventuella ojämnheter i de limmade materialen lätt fyllda. Limmet innehåller inga organiska lösningsmedel eller fyllmedel med slipande effekt och avger inga emulsioner. Temperaturen vid limning får inte understiga +10°C och den relativa luftfuktigheten får ej överstiga 65%. Vid påstrykning av limmet ska materialytorna vara rena, torra och fettfria. Limmet har en lagringstid på 1 år och ska förvaras frostfritt.

## Provutrustning och provkropp

Kravet på försöksprovkroppen var att den skulle kunna provas i en universalprovningssmaskin (MTS 810), där kraft och deformation registrerades, bild 1. Försöken utfördes med deformationsstyrning, dvs deformationen över provkroppen ökades med konstant hastighet (4 mm/min).

De ingående materialen i provkroppen är träregel, gipsskiva, spikningsplåt, lim och ankarspik. Träregeln, som valdes kvistfri och utan yttre synliga defekter, har en längd på 500 mm och tvärsnittsmåten 45x70 mm. För att kunna fixera provkroppen i MTS maskinens gripkäftar används spikningsplåtar som spikas fast i träregelns ändrar med ankarspik (40-40).

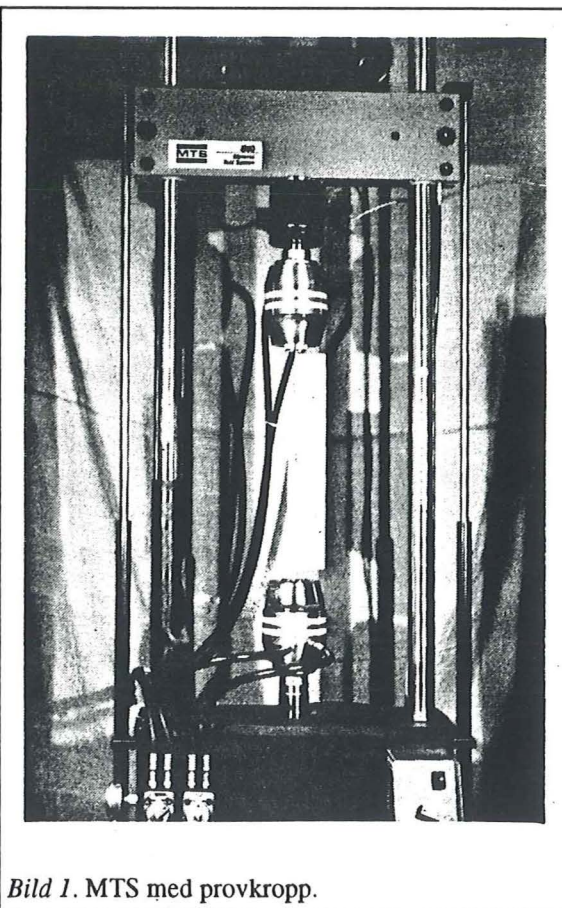


Bild 1. MTS med provkropp.

Antalet spik för fixering av spikningsplåtarna provades ut i en annan dragprovningmaskin (Alwetron). Dragprov gjordes med spikningsplåtar fixerade i en träregel med 3, 4 och 6 spik. Två försök gjordes med varje spikantal. Då ingen högre brottlast kunde uppnås med 6 spik jämfört med 4 valdes därför i testerna av limfogarna antalet 5 för att vara på säkra sidan, se bilaga 1.1.

Tillverkningen av provkropparna för provning av limfog gick till på följande sätt. En regel med spikningsplåtar i ändarna sågades halvt igenom. Limmet ströks ut på regeln och tjockleken av limfogen styrdes med hjälp av distansplåtar insmorda med ett tunt lager olja. Limrean hölls alltid konstant med en längd på 100 mm och en bredd på 42 mm dvs regelbredden, för att kunna jämföra resultaten utan att dessa påverkas av limareans storlek. Gipsskivan pressades med handkraft mot limmet på den halvt igenomsågade regeln och därefter lades press över limfogen med skruvtingar. Efter härdperioden togs skruvtingarna bort, distansplåtarna avlägsnades och den resterande biten av regeln sågades igenom, med provkroppen fastsatt i ett skruvstöd så att limfogen inte påverkades av vibrationer.

Avsikten med denna montering var att vi enbart skulle få skjuvkrafter i limfogen. Om man limmar fast två separata regelbitar mot gipsskivan kan man inte vara säker på att regelbitarnas centrumlinjer sammanfaller och ett vridande moment kan då uppstå i limfogen. För att mäta förskjutningen i limfogen sattes en potentiometer så nära randen som möjligt på varje limfog för att eliminera irrelevanta töjningar i gips och träregel. Provkroppens utformning med potentiometrar monterade visas i fig 3.

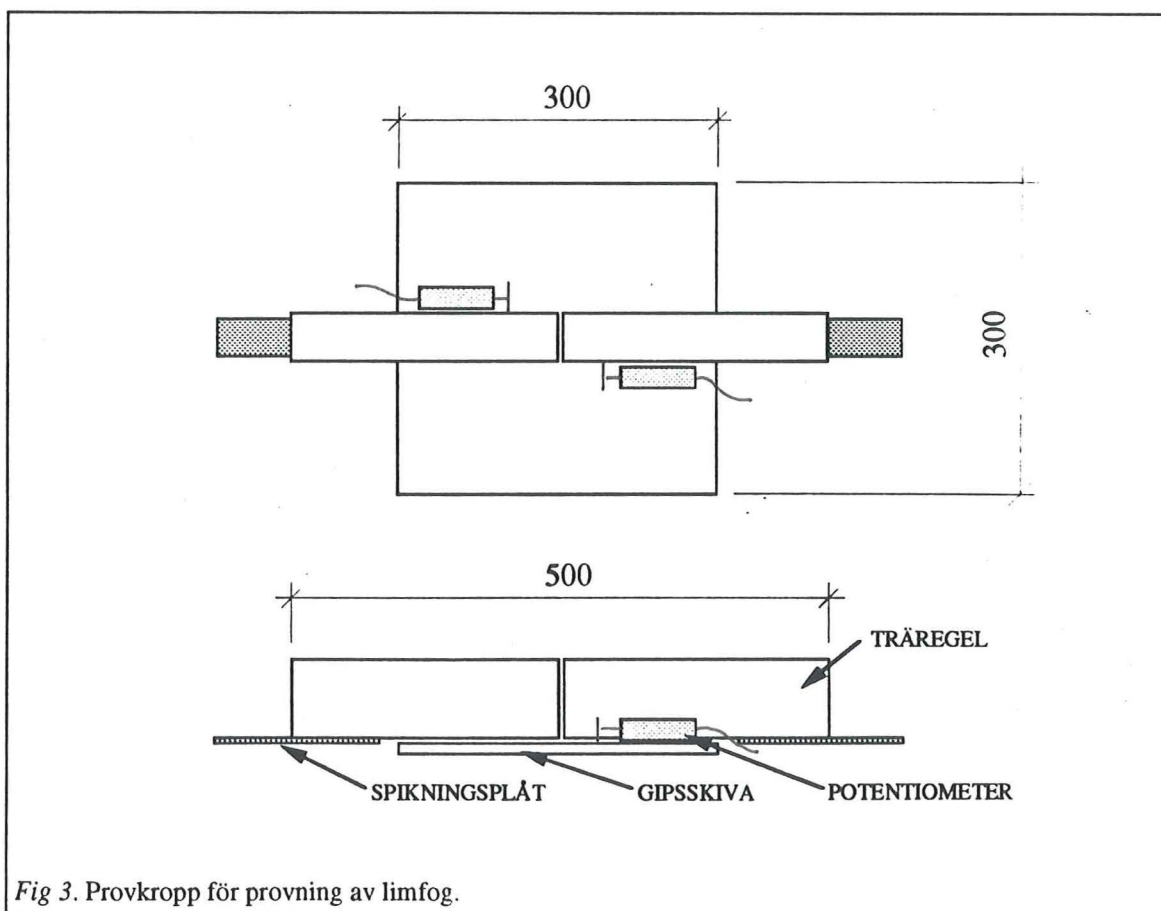


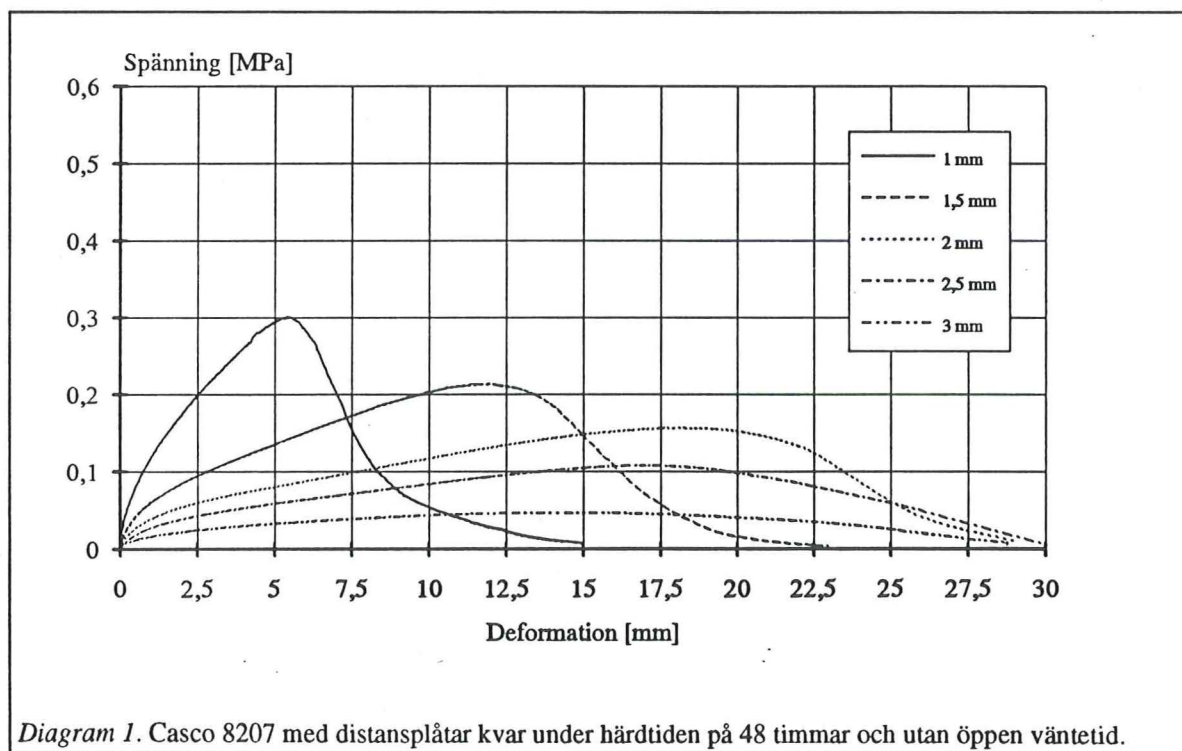
Fig 3. Provkropp för provning av limfog.

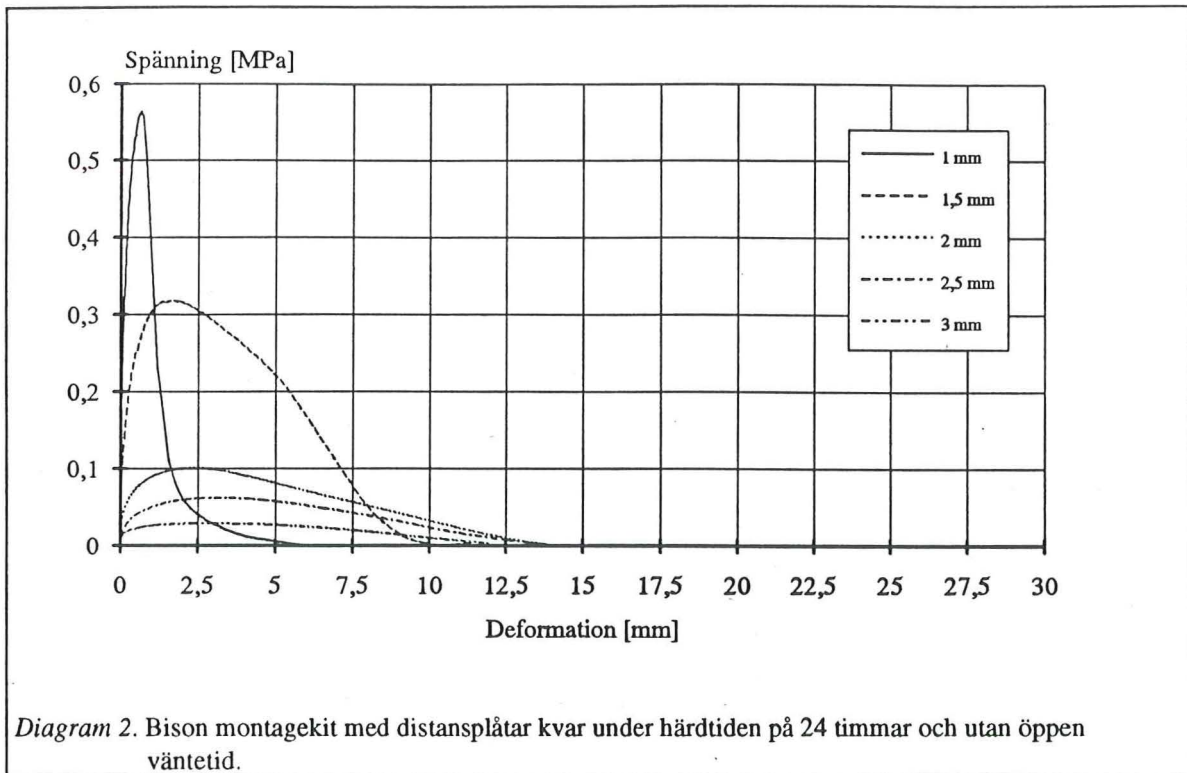
## Försöksresultat

Varje provserie bestod av fem provkroppar, med olika limtjocklekar. Limtjocklekarna varierade från 1 till 3 mm med 0.5 mm intervall. I de första försöksserierna gjordes två identiska serier för att kontrollera tillförlitligheten hos provningsmetoden.

### Försöksserie 1

I den första försöksserien med Bison montagekit och Casco 8207, ströks limmet jämntjockt över hela ytan och gipsskivan pressades mot limmet på regeln, direkt utan öppen väntetid. Provkropparna fick sedan härda i 24 timmar under press av skruvtvingar. Casco 8207 var långt ifrån färdighärdad efter denna härdtid varför vi lät provkropparna limmade med detta lim härda ytterligare 24 timmar. Efter härdningstidens slut togs distansplåtarna på provkropparna bort. Resultaten av denna försöksserie för Casco 8207 och Bison montagekit visas i diagram 1 och 2. Varje kurva representerar kraft och förskjutning i den limfog där brott uppstod.





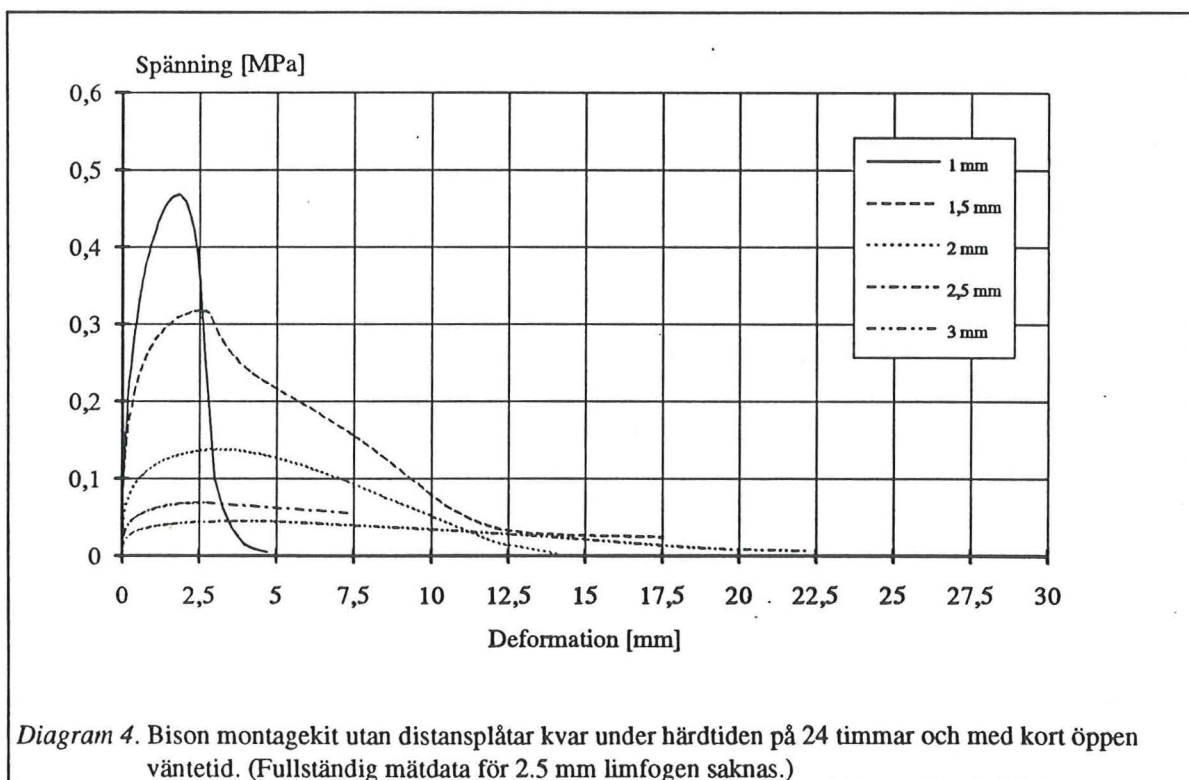
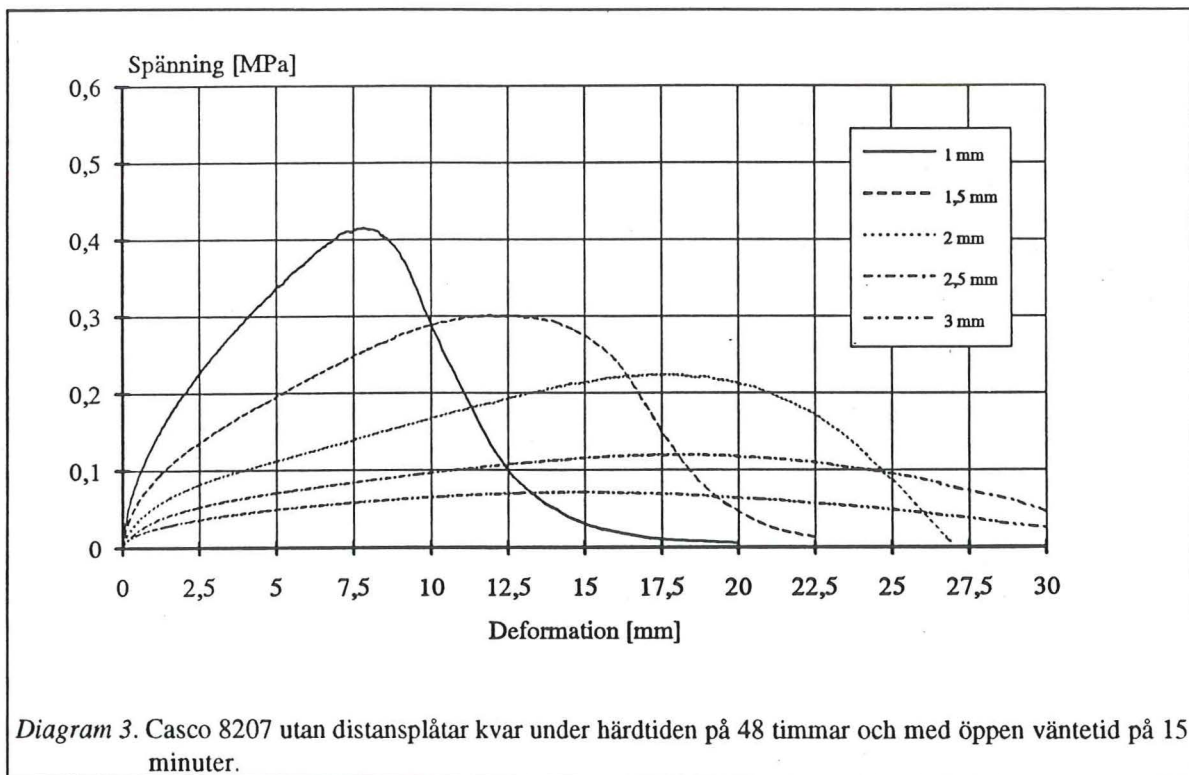
Av dessa resultat framgår att elasticiteten (deformerbarheten) ökar med ökad limtjocklek. Däremot minskar hållfastheten (brottspänningen) med ökad limtjocklek. Casco 8207 uppvisar större elasticitet och lägre hållfasthet än Bison montagekit. Tre olika brott för limfogen kan iakttagas. För de tunnaste limfogarna fås vidhäftningsbrott mellan gipsskiva och limfog, för de tjockaste limfogarna fås brott i limfogen och för de mellanliggande tjocklekarna fås en kombination av dessa båda.

### Försöksserie 2

Denna försöksserie var identisk med försöksserie 1 för att kontrollera tillförlitligheten i provmetoden. Resultatet av denna visas i diagram 1.2b och 1.2d i bilaga 1, där de båda provningsserierna kan jämföras med varandra. Jämförelsen indikerar att reproducerbarhet och tillförlitlighet hos provningsmetoden är god.

### Försöksserie 3

Vi ville kontrollera hur limfogen påverkas av inbyggda spänningar. Casco 8207 gavs en öppen väntetid på 15 minuter, enligt tillverkarnas produktblad. Provkroppar limmade med Bison montagekit gjordes fortfarande med en kort öppen väntetid, helt i enlighet med tillverkarnas rekommendationer. Efter att bitarna sammanpressats togs distansplåtarna försiktigt ut. Limfogen fick nu torka helt fritt dvs utan press från skruvtvingar och en tjockleksminskning på 25% kunde konstateras för Casco 8207 och något mindre för Bison montagekits limfog, vilket i stort sett är proportionellt med volymen vatten i limmen. Resultaten av försöksserie 3 visas här i diagram 3 och 4.



Hållfastheten ökade märkbart för Casco 8207 i denna försöksserie. En trolig förklaring till detta är att spänningar uppstår i fogen redan under härdningen när distansplåtarna sitter kvar. När yttre belastning därefter läggs på klarar fogen inte så hög belastning i detta fall som när den tillåts krympa fritt under härdning. Bison montagekit uppvisar inte samma

märkbara hållfasthetsökning, även om en viss ökning finns för de tjockare fogarna. Hållfasthetstillväxten kan även förklaras av förbättrad härdning pga ökad lufttillförsel när disansplåtarna tas bort tidigt.

#### Försöksserie 4

Efter diskussion med Casco Nobel, då vi tog upp problemet med den långa härdtiden för Casco 8207, ändrades limpåstrykningssätt i försöksserie 4. Casco Nobels limspackel 6120 användes för Casco 8207, som ger limsträngar, istället för ett jämntjockt lager lim, se fig 4. Eftersom Essve ej nämner något om en limspackel vid denna typ av limning avstod vi från att prova denna limningsmetod på Bison montagekit.

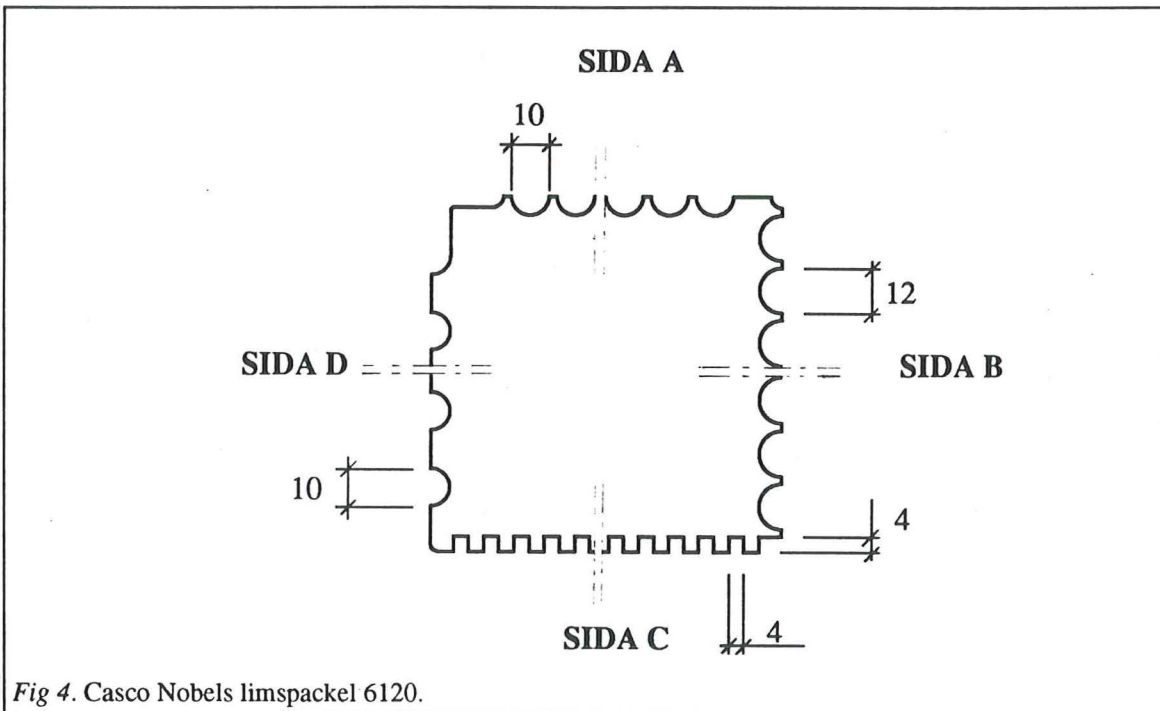
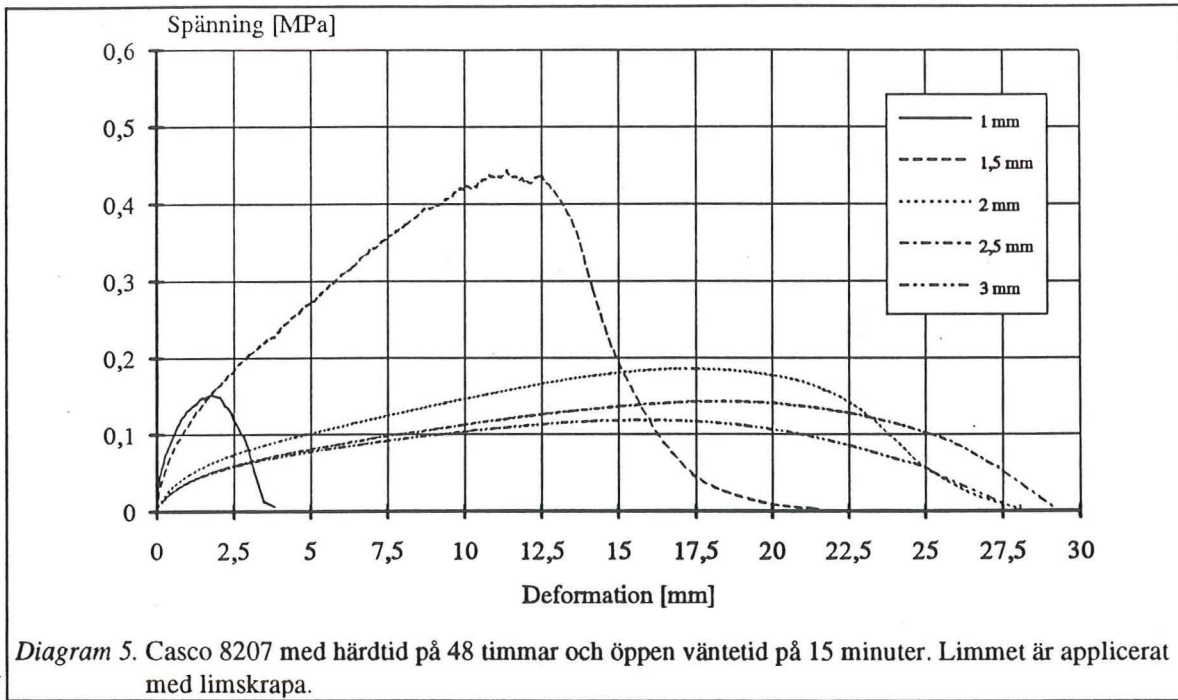
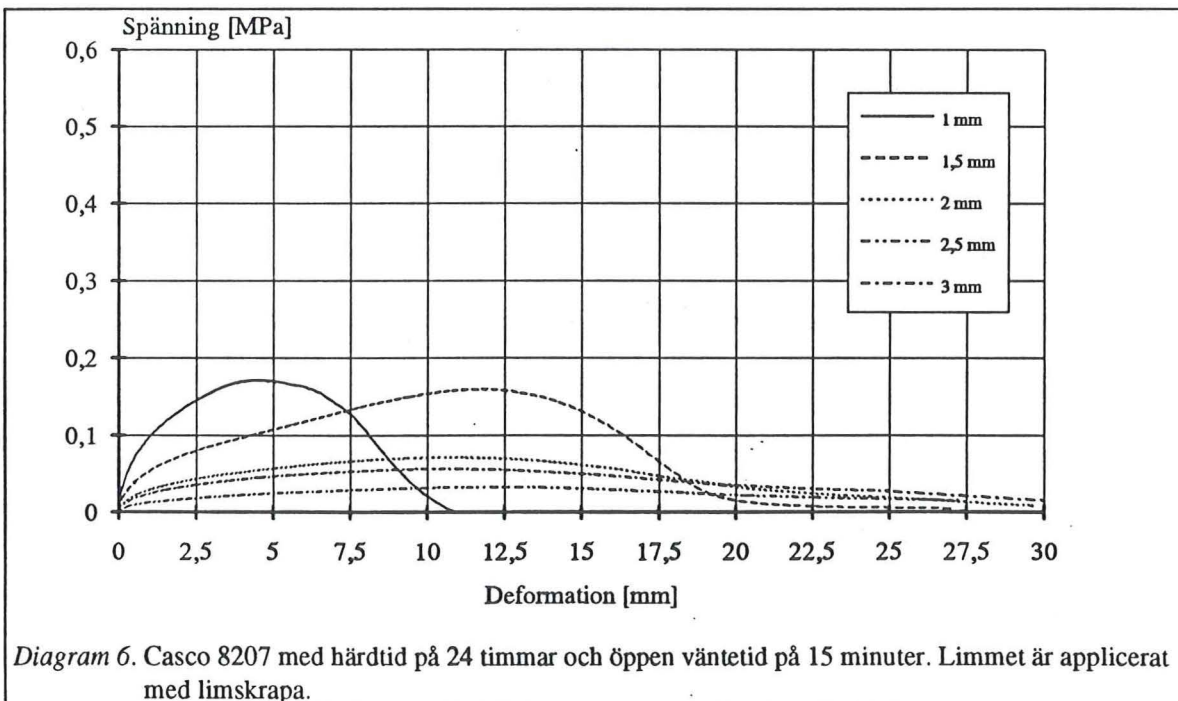


Fig 4. Casco Nobels limspackel 6120.

Casco Nobel rekommenderade sida C på limspackeln till våra försök och den användes också för limfogen med 1 mm tjocklek. Då vi fann att denna sida på skrapan vätte limfogen dåligt valdes att göra 1.5- och 2 mm limfogarna med sida A på limspackeln, som ger en större volym lim. Av samma anledning användes sida B för 2.5- och 3 mm limfogen. En väntetid på 15 minuter tillämpades innan regel och gips sammanpressades. Provkropparna fick härda helt utan press med härdtider på 24 respektive 48 timmar. Vår förhoppning var att limfogen skulle ha uppnått fullgod styrka redan vid 24 timmar, med den nya limmetoden. Resultaten från denna försöksserie visas här i diagram 5 och 6.



Med ändrad påstrykningsmetod ökades hållfastheten ytterligare i jämförelse med tidigare försök, se diagram 5, åtminstone för 1.5, 2.5 och 3 mm tjocka limfogar. Att 2 mm limfogen är något lägre kan bero på att volymen lim ej fyllde upp ordentligt på grund av distansplåten. För 1 mm limfogen fick vi, precis som tidigare ett vidhäftningsbrott. När limmet påfördes med spackel blev volymen så liten att den ej räckte för att helt väta de bägge ytorna, vilket reducerade bärförmågan.



En jämförelse mellan diagram 5 och 6, visar att Cascolimets hållfasthet förändras signifikant mellan 24 och 48 timmar.



## Slutsatser av försök med limfogar

- En tjockare limfog ger högre elasticitet, men lägre hållfasthet.
- Bison montagekit är styvare än Casco 8207, trots att Casco 8207 fått härda en längre tid.
- Båda limtyperna fungerar väl vid limning mellan trä och gipsskiiva. I de fortsatta försöken provades därför båda limtyperna.
- En tjockare limfog kräver längre härdtid.
- Fri härdning ger en högre brottspänning.

För Casco 8207 gäller att:

- Limmet ska påföras med limspackel.
- Limmet ska läggas ut i höga strängar, så att full vätning kan garanteras.
- Limmet blir ej blivit färdighärdat efter 24 timmar. Fortfarande finns delar av limfogen som ej uppnått någon hållfasthet efter denna tid.

# 4 Framtagning av detaljlösning för träregelsystemet

För att utveckla ett nytt monteringsfärdigt träregelsystem för icke bärande innerväggar, behöver nya detaljer tas fram vid anslutningar mellan stående regler och hammarband/syll. Försök har gjorts att utveckla system för träregelväggar, men inget av dem har ännu slagit igenom på marknaden. Monteringsfärdiga system finns idag för stålreglar och dessa har idag en dominerande ställning på marknaden.

För att konstruera ett monteringsfärdigt träregelsystem använder vi följande utgångsmaterial:

- Träreglar, 45x70 mm
- Gipsskivor, 900 mm breda
- Lim och skruv för festsättning av gipsskivor
- Material för tillverkning av knutpunkter

## Faktorer att ta hänsyn till

- Hur bör regelsystemet vara utformat för att klara av de laster som kan förekomma och vilka laster är det fråga om?
- Hur stora är avvikelserna i rumshöjd och hur ska de tas upp?
- Hur ska formfel i reglarna hanteras i systemet så att de ej påverkar den färdiga väggen?
- Hur görs knutpunkterna för att systemet ska vara rationellt att montera?
- Hur ska skivorna sättas fast för att ojämnheter hos reglarna ska märkas så lite som möjligt?
- Hur ska hammarband och syll fästas in i bjälklagen?
- Hur kan syll och hammarband skyddas från fukt från bjälklagen?

Nominell rumshöjd i bostadshus är normalt 2.4 meter.

Speciella krav på toleranser för detta mått finns inte. För att få fram i praktiken förekommande variationer i rumshöjd har vi gjort ett arbetsplatsbesök och mätt rumshöjden. Dessutom har vi samtalat med elementtillverkare. Dessa undersökningar indikerar att en praktiskt rimlig måttavvikelse på rumshöjden är  $\pm 15$  mm.

Vi insåg också att fler krav på ett regelsystemet måste ställas. Dessa är:

- En så ergonomiskt riktig arbetsmiljö som möjligt eftersträvas vid resningen av systemet.
- Ekonomi. En dyr detalj som minskar arbetstiden kan motiveras.
- Inga specialverktyg ska behövas.

När vi hade gått igenom dessa faktorer fann vi att knutpunkterna vid hammarband och syll måste utformas så att de löser olika funktioner. Den ena knutpunkten ska ha god passform och den andra ska ta upp rumshöjdsavvikelser och formfel i regeln. Förslag till knutpunkter som vi anser vara intressanta redovisas nedan.

## Hammarbandsknutpunkter

Vid hammarbandet eftersträvades en så god passform som möjligt, detta för att här få en plan yta att fästa gipsskivan mot regelsystemet.

### Hammarbandsknutpunkt 1

I hammarbandet finns hål borrade med konstant c-avstånd. På regeln är en liten cylinder monterad. Denna cylinder passar i det borrarade hålet, se fig 5.

Vid monteringen av hammarbandet måste hålen mätas in så att de överensstämmer med den framtida placeringen av de stående reglarna. När reglarna ska resas förs cylindern in i det borrarade hålet.

Hålen i hammarbandet förborras på lämpligt c-avstånd. Cylindern på regeln tillverkas av trä eller plast och skruvas, alternativt spikas fast vid regeländen.

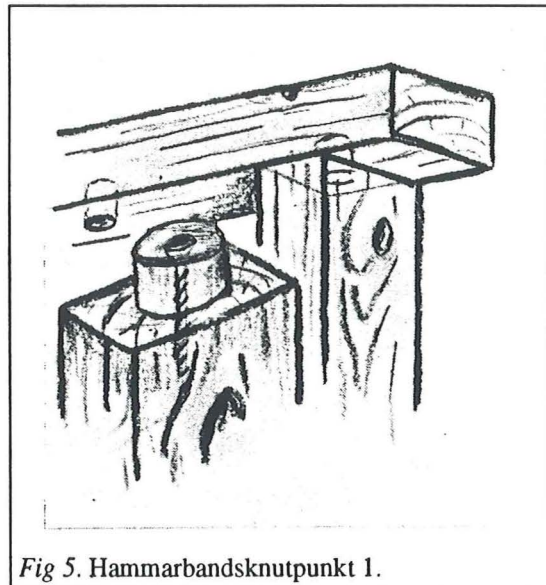


Fig 5. Hammarbandsknutpunkt 1.

## Hammarbandsknutpunkt 2

På hammarbandet finns en rektangulär förhöjning. I regeländen finns ett jack med motsvarande utformning, se fig 6.

Vid montering förs regeländens jack upp mot hammarbandets förhöjning och regeln reses. Detta system medför en stor flexibilitet vid monteringen av reglarna eftersom man kan välja c-avstånd fritt.

Förhöjningen på hammarbandet kan fräsas ut direkt, alternativt kan en list av plast eller trä skruvas eller limmas på hammarbandet.

Liknande knutpunktslösning finns redan i det så kallade ISO-träregelsystemet, Danewid /2/.

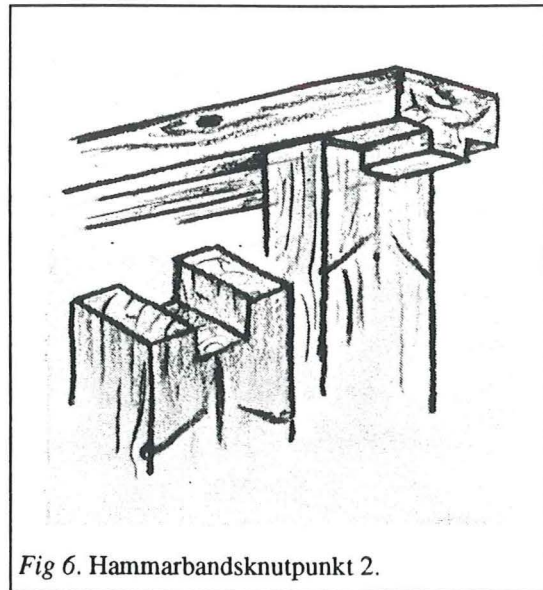


Fig 6. Hammarbandsknutpunkt 2.

## Hammarbandsknutpunkt 3

I hammarbandets hela längd finns ett smalt spår. Regeländen har ett liknande spår. En stålplatta förbinder hammarband och regel, se fig 7.

Vid montering av denna knutpunkt fästes stålplattan i spåret på regeln. Regeln reses och fixeras vid hammarbandet med stålplattan. Denna knutpunktslösning medför fri regelplacering.

Spåren i hammarband och regelände har bredden några mm och djupet någon cm och kan göras på sågverk. Stålplattan utformas så att den passar i spåren.

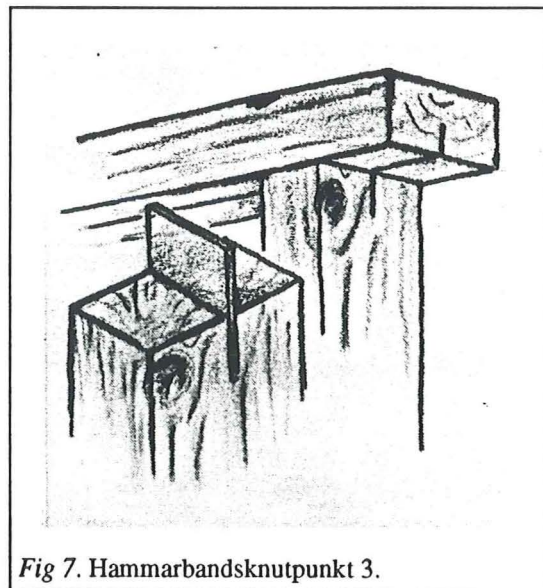


Fig 7. Hammarbandsknutpunkt 3.

## Hammarbandsknutpunkt 4

I hammarbandet finns ett brett spår och på regeländan finns en tapp som passar i detta spår, se fig 8.

Vid montering trycks regeländans tapp upp i det breda spåret och regeln reses. Regeln styrs i väggens plan av spåret. Med denna lösning är flexibiliteten god.

Spåret i hammarbandet och tappen i regeländan förtillverkas vid sågverk.

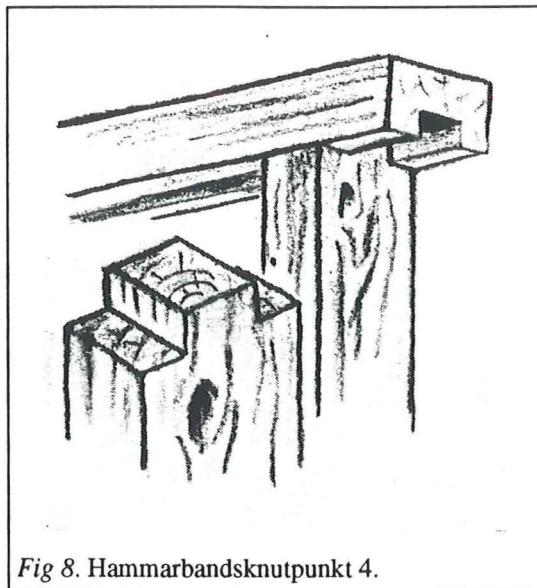


Fig 8. Hammarbandsknutpunkt 4.

## Syllknutpunkter

Vid syllknutpunkten ska eventuella längd avvikelser och formfel hos träregeln och variationer i rumshöjd kunna tas upp. Därför måste kraven på passform sättas lägre. De förslag till knutpunkter som togs fram var följande.

### Syllknutpunkt 1

Regel och syll förbinds med vinkelbeslag. Detta beslag fixeras med ankarspik, se fig 9.

Vid montering spikas vinkelbeslaget fast på syllan vid den plats där regeln senare ska stå. Regeln trycks upp mot hammarbandet så att eventuella avvikelser upptas i syllknutpunkten och fixeras därefter med spik vid vinkelbeslaget. Regeln kan på detta sätt monteras på valfri plats längs syllan.

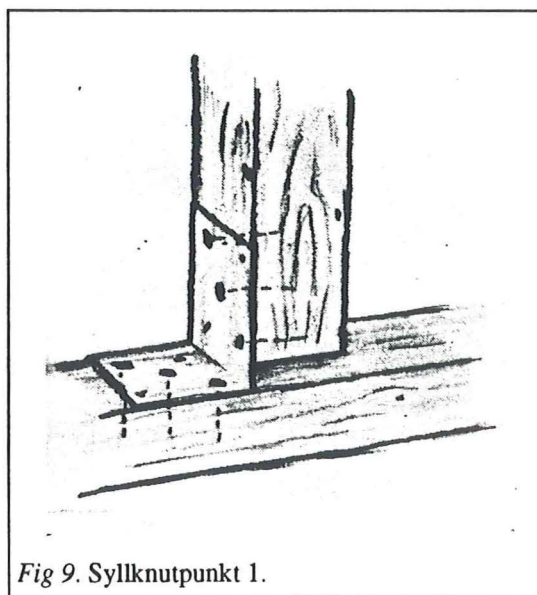


Fig 9. Syllknutpunkt 1.

## Syllknutpunkt 2

Längs syllen finns ett spår och i centrum på regeländan finns ett hål. Syllen och regeln förbinds med en dubb som går från hålet i regeländan till spåret i syllen, se fig 10.

Vid montering trycks dubben upp i hålet. Regeln med dubben pressas ner i spåret i syllen till det djup som erfordras för att avvikelser i rumshöjd ska tas upp. Spåret i syllen finns för att hjälpa regeln i väggens plan och för att underlätta dubbens nerpressning. Regeln kan fixeras i hela syllens längd.

Spåret och hålet förtillverkas på sågverk. Dubben tillverkas i stål.

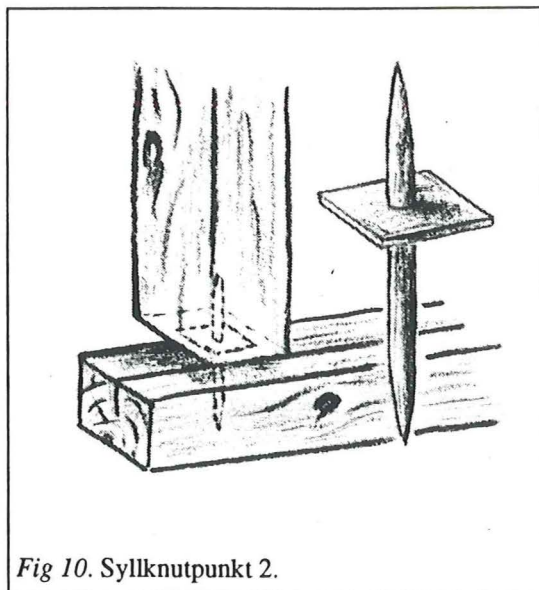


Fig 10. Syllknutpunkt 2.

## Syllknutpunkt 3

I syllen finns hål borrade med konstant c-avstånd och i regeländans centrum finns ett hål. Syllen och regeln förbinds med en gängad stång med en mutter och en bricka, se fig 11.

Vid montering införes den gängade stången i det borrarade hålet i regeländan. Regeln med stången föres ner i hålet i syllen och regeln reses. Mutter och bricka justeras så att de tar upp eventuella avvikelser i rumshöjd.

Hålen förborras och den gängade stången ges lämplig längd.

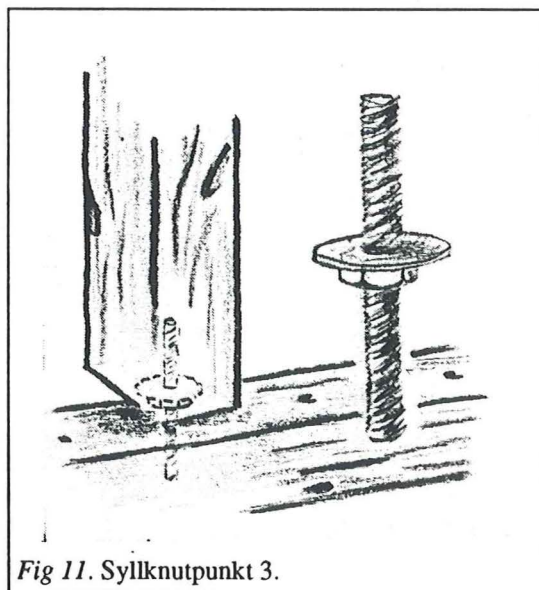


Fig 11. Syllknutpunkt 3.

## 5 Fullskaleförsök

Väggsektioner i full skala tillverkades för att testa de valda detaljlösningarna ur monteringssynpunkt och undersöka hur de uppför sig under belastning. De syll- och hammarbandsknutpunkter som vi totalt sett bedömde vara bäst valdes ut för att ingå i ett väggssystem. Detta system provades därefter under de belastningar som kan förekomma på en färdig vägg. En färdig vägg består av många detaljer. Ett par av dessa har vi försökt lösa, tex utformning av ett hörn och infästning av en dörr. Under arbetets gång har olika monteringsmetoder provats och utvecklats.

### Normer för en vägg

En vägg ska kunna klara de belastningar som kan förekomma under bruksstadiet, dvs under normala förhållanden. Dessa belastningar kan vara statiska såsom tyngd från upphängda bokhyllor. Belastningarna kan även vara dynamiska i form av stötar och dunsar från tex en dansande korpulent person. I NR1 6:17 står det att:

"En byggnadsdel och dess upplag skall ha sådan sådan styvhet att deformationer eller förskjutningar av byggnadsdelen vid avsedd användning inte inverkar menligt på dess funktion, skadar andra byggnadsdelar eller ger upphov till obehag.

Förutom den omedelbara deformationen då lasten påförs skall också beaktas inverkan av lastens varaktighet och variation samt byggnadsdelens miljö, innefattande temperatur och fuktighet."

Om svängningar står det:

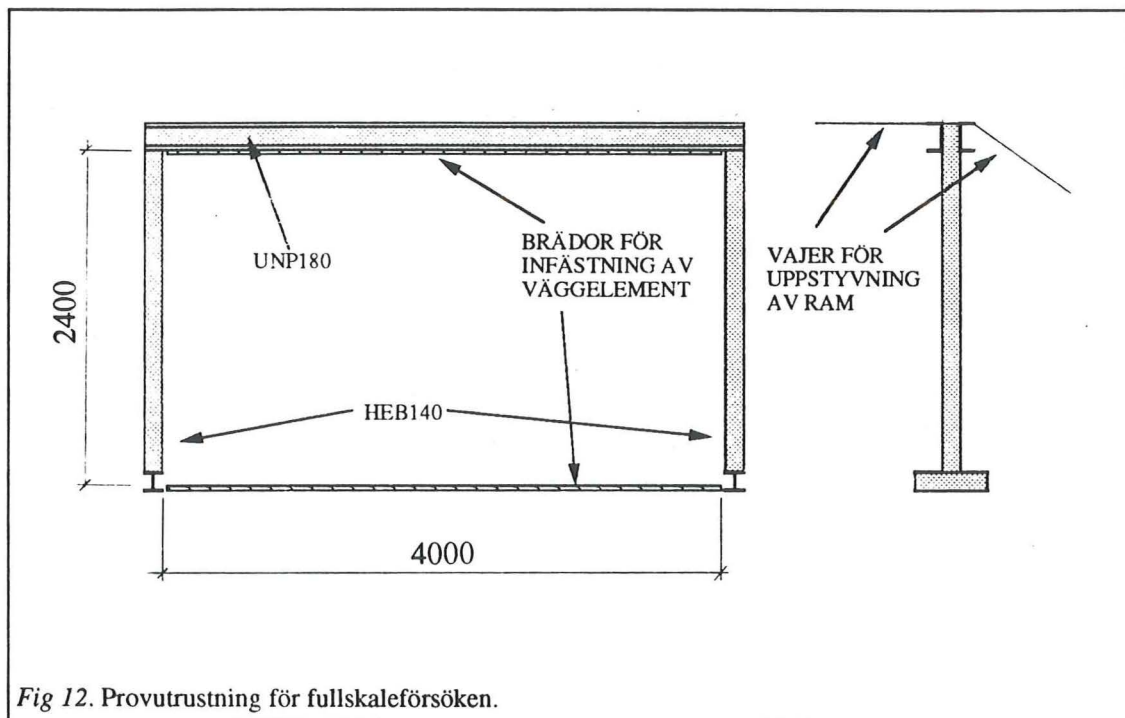
"En byggnadsdel skall utformas så att besvärande svängningar inte uppkommer för dem som vistas i byggnaden."

Detta gäller för dimensionering i bruksstadiet.

Eftersom vi här begränsar oss till innerväggar som inte medräknas som bärande i byggnadens stomsystem är dimensionering i brottgränstillståndet inte aktuellt.

## Provutrustning under fullskaleförsöken

Vid provningen av väggelementen användes en stålram tillverkad av två stående HEB 140 och två horisontella UNP 180 sammansatta med skruvar i knutpunkterna. Ramen var uppstyvad med ett antal vajrar från ramens horisontella balk för att minimera sidoutböjningen vid belastning. Höjden på ramen var 2600 mm och bredden var 4000 mm. För att på ett enkelt sätt kunna fästa in väggelementen i stålramen skruvades brädor fast i de horisontella UNP180 och i betongbjälklaget. Dessa båda brädor simulerar tak respektive golv för infästning av en innerväggssektion. Det vertikala avståndet mellan "golvet" och "taket" var 2400 mm. Ramen visas i fig 12.





## 5.1 Böjprov

Böjprovets huvudsyfte var att få fram väl fungerande knutpunkter, som senare ska ingå i vårt valda regelsystem. De ska fungera både vid montering och under belastning. Vid böjprovningen jämfördes olika detaljlösningar och två olika fixeringssätt av gipsskivorna, skruv och lim. Som tidigare visats i kapitel 3, påverkas hållfastheten hos limfogens betydligt av fogtjockleken. Eftersom denna är svår att styra på de stora väggelementen och få lika från gång till gång, valdes skruvning framför limning vid undersökning av detaljlösningar, trots risken att vi optimerade ett regelsystem som lämpar sig bäst för skruvad gips. Referensprover gjordes med stålregelväggar och skråspikade träregelväggar.

Väggelementen böjprovades till brott under provningen av detaljlösningar med undantag från en referensvägg. Under de följande böjproven har linjelasten ökat successivt och avlastning har skett vid laster runt 5.5 kN/m, dvs brott har ej uppnåtts.

### Provkropp och provutrustning

Provkroppen består av ett väggelement. Väggelementet består av ett regelsystem med två stående regler, hammarband och syll 45x70 mm. Centrumavståndet mellan reglarna är 900 mm. Båda sidor av regelsystemet är klädda med en 900 mm bred och 13 mm tjock gipsskiva. Den totala höjden på väggelementet är 2400 mm.

Väggelementen belastades med en horisontell linjelast mitt på väggen, alltså 1200 mm över golvet. Linjelasten påfördes via en RHS-balk med en 100 mm bred platta påsvetsad. Kraften påfördes med hjälp av en hydraulisk domkraft som pressade mot RHS-balken. Kraften registrerades av en lastcell placerad i anslutning till domkraften. Ett väggelement med den pålagda linjelasten visas i fig 13.

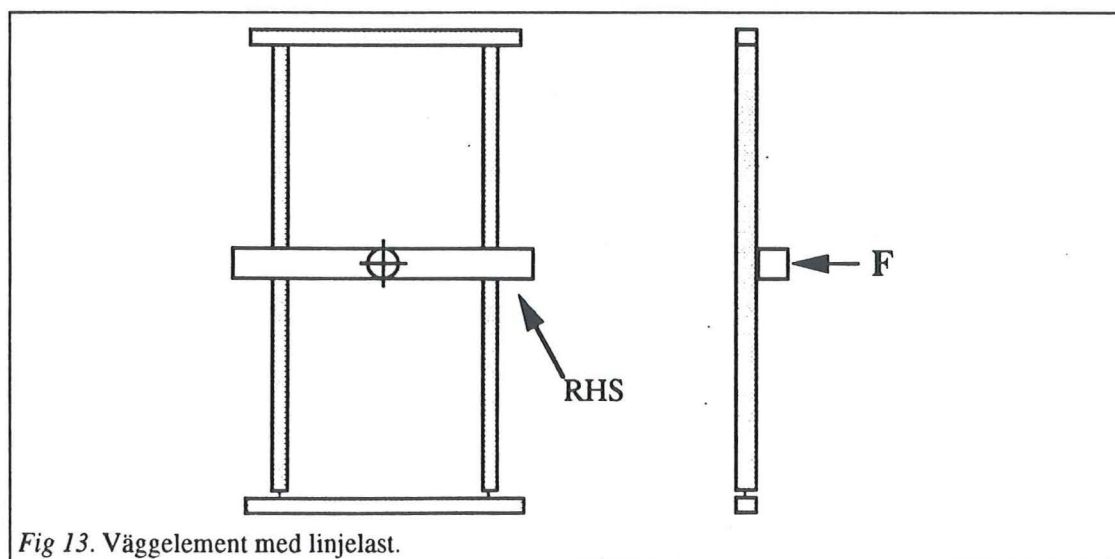


Fig 13. Väggelement med linjelast.

Förskjutningar mättes med sju potentiometrar, fyra placerades vid ändarna på de stående reglarna och tre på gipsskivans halva höjd. Dessa mätpunkter gavs benämningar enligt fig 14. Ramens horisontalförskjutning mättes under böjproven för att kunna korrigera mätdata från de övriga potentiometrarna. De båda övre potentiometrarna mätte hammarbandsdeformationen. Deras mätvärden korrigerades med hela horisontalförskjutningen. De tre mittersta potentiometrarna mätte mittdeformationen och deras mätvärden korrigerades med halva horisontalförskjutningen. De två nedersta potentiometrarna mätte sylldeformationen. Vid dessa anses den horisontella förskjutningen av ramen vara obefintlig.

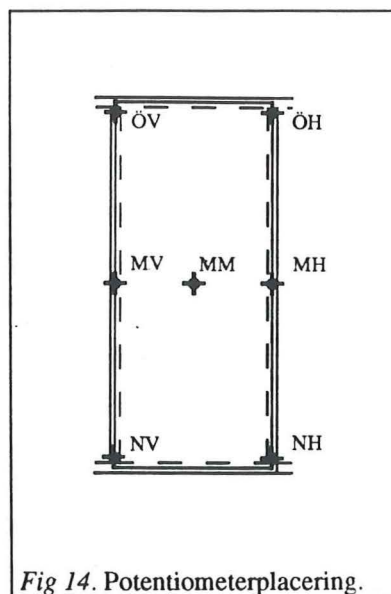


Fig 14. Potentiometerplacering.

## Provning av detaljlösningar

För att få fram den bästa kombinationen av detaljlösningar för det monterbara träregelsystemet böjprovades tre utvalda system med olika utformning samt två referenssystem. Resultaten från dessa prov visas i bilaga 2.1.a till 2.1.g.

### Referensvägg med skråspikade träreglar

De första träregelväggarna gjordes på konventionellt vis dvs hammarband och syll spikades fast i golv och tak. Reglarna sågades något längre än avståndet mellan hammarband och syll. Därefter sattes de på plats och fixerades med skråspikning. Regelsystemet är mycket stabilt redan utan gipsskivans uppstyvande hjälp. Gipsskivan trycktes upp mot taket så att toleranserna tas upp vid golvet. Detta glapp kan vid verkligt montage täckas med golvfoder. Gipsskivan fixerades med gipsskruvar, c 200 mm på reglarna och c 250 mm på hammarband och syll, totalt 32 skruvar.

### Referensvägg med stålreglar

Vi använde oss av Europrofils stålreglar med tillhörande skenor för hammarband och syll. Dessa skruvades fast i golv och tak. Stålregeln kapades med en plåtsax till rätt längd, sattes på plats mellan hammarband och syll och fixerades med en plåtskruv. Regelsystemet är i detta skede väldigt instabilt. Gipsskivan skruvades fast på stålreglarna med samma c-avstånd som för träregelväggarna ovan. Eftersom stålregeln var så instabil viker den sig lätt när man skruvar i gipsskruvarna vilket försvårar monteringen.

## System 1

Systemet med stålplatta i hammarband (hammarbandsinfästning 3) och en ståldubb i syll (syllinfästning 2), valdes som första variant. Spåren i hammarband och syll var 3,5 mm breda och 25 mm djupa. Dubbens totala längd var 95 mm och diametern 5 mm. En bricka var påsvetsad så att 25 mm av dubben gick ner i syllen. Träregeln var kapad 30 mm kortare än avståndet mellan hammarband och syll för att prova det för dubben värsta fallet. Regeln trycktes upp mot hammarbandet så glappet på 30 mm hamnade nere vid syllen, se fig 15. Redan vid monteringen av träregeln uppstod problem med dubben, som vek sig något vid infästningen i regeln. Denna böjning gick dock att rätta upp efter att regeln satt på plats, men det gav oss en indikation på att denna diameter på dubben är något för liten.

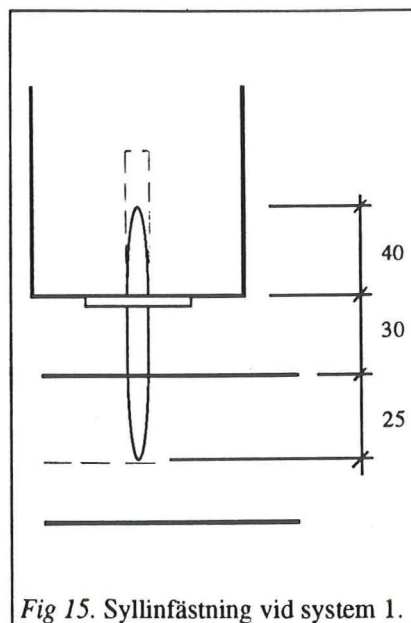


Fig 15. Syllinfästning vid system 1.

## System 2

I system 2 användes hammarbandet från ISO-systemet (hammarbandsinfästning 2) och syllknutpunkten gjordes med dubb (syllinfästning 2). Eftersom dubben visade sig vara för vek i det föregående systemet utfördes den med en diameter på 6 mm istället för 5 mm. Regeln var lätt att resa pga att den styrdes rätt i sida vid hammarbandet. Trots ökningen av dubbens diameter vek den sig vid monteringen. Denna deformation justerades innan böjprovning skedde.

## System 3

System 3 bestod av en stålplatta i hammarband (hammarbandsinfästning 3) med samma utformning som i system 1 och vinkelbeslag i syll (syllinfästning 1). Vinkelbeslaget (BMF vinkelbeslag 40390) fixerades med ankarspik (40-40), tre spik i regel och tre i syll. Glappet på 30 mm som fanns mellan syll och regel gjorde att det var väldigt svårt att spika fast regeln i vinkeljärnet. Det gick något lättare när vi spände fast regeln med en skruvtving, men fortfarande var det problem vid spikningen. Regeln har dessutom en benägenhet att spricka när man slår i ankarspiken för nära änden på träet.

## Utveckling av system 1

Ståldubbens diameter ökades till 8 mm, vilket medförde att monteringen gick bra.

## Mekaniskt beteende hos infästningsdetaljer

### Hammarbandsinfästningar

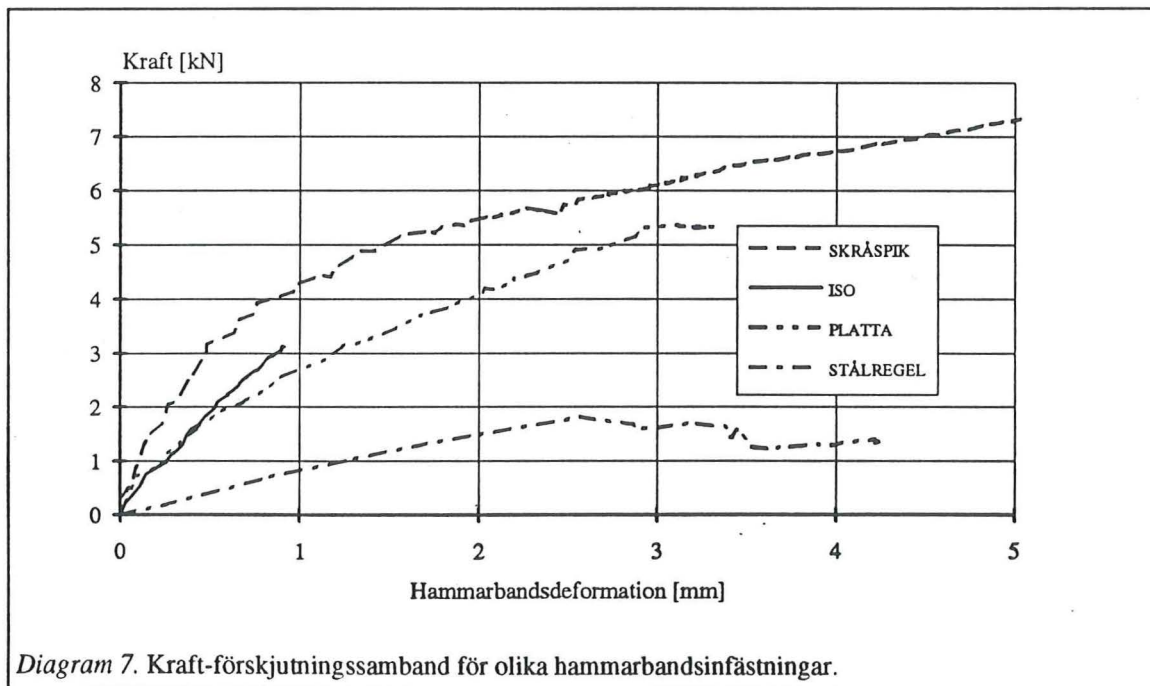
Av de metoder vi provat är skråspikning den bästa fixeringsmetoden av regeln i hammarbandet. Knutpunkten fungerar linjärelastiskt dvs det finns ett linjärt samband mellan kraft och deformation upp till 3 kN där kurvan böjer av. En förskjutning på 0.5 mm har då uppnåtts.

ISO-systemets hammarband (hammarbandsinfästning 2) uppvisar också goda elastiska egenskaper upp till 3 kN med 1 mm förskjutning, där vi tyvärr fick avbryta böjprovet eftersom oljetrycket inte kunde hållas uppe i hydrauldomkraften i detta försök.

Systemet med platta fungerar elastiskt upp till 1 kN med en förskjutning på 0.4 mm där kurvan får en böj och fortsätter sedan i det närmaste linjärt till 5 kN, där böjprovet avbröts. Efter avlastning verkar denna knutpunkt vara odeformerad.

Stålregelsystemets hammarband får tidigt stora deformationer och den uppnådda brottlasten är låg i förhållande till träregelsystemens.

Kurvorna för hammarbanden visas i diagram 7.



## Syllinfästningar

Kurvorna från de olika syllösningarna visas i diagram 8.

Även här uppvisar det skråspikade alternativet de bästa egenskaperna, dvs små förskjutningar vid hög last.

Systemet med 8 mm dubb i syllen har en elastisk deformation upp till ungefär 1 kN med en förskjutning på 0.5 mm.

Dubben med 5 mm diameter veks i ett tidigt stadium och drogs ur syllen som dessutom spräcktes, se bild 2.

Stålrégelsyllinfästningen, som är identisk med dess hammarbandsinfästning uppvisar även den stora förskjutningar vid låg last.

Syllinfästningen med vinkelbeslag vred sig i ett tidigt stadium och slutade att ta last, se bild 3 och diagram 8.

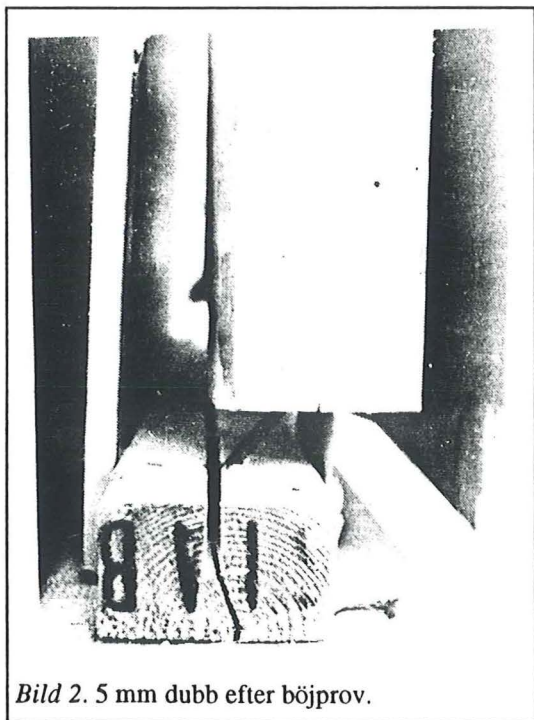


Bild 2. 5 mm dubb efter böjprov.

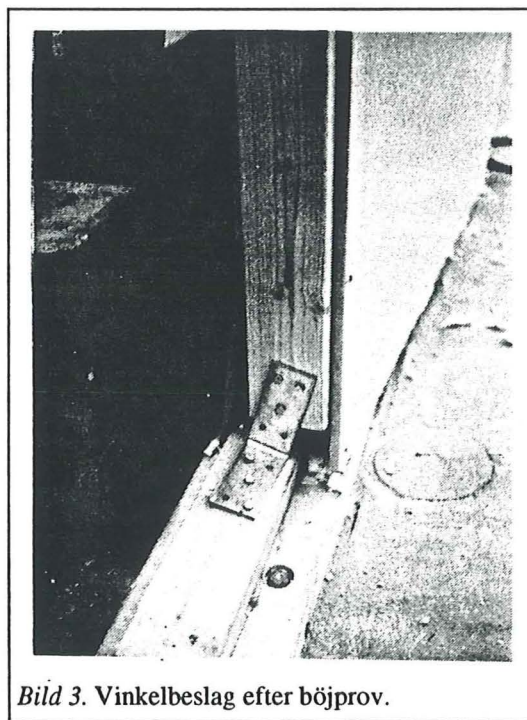
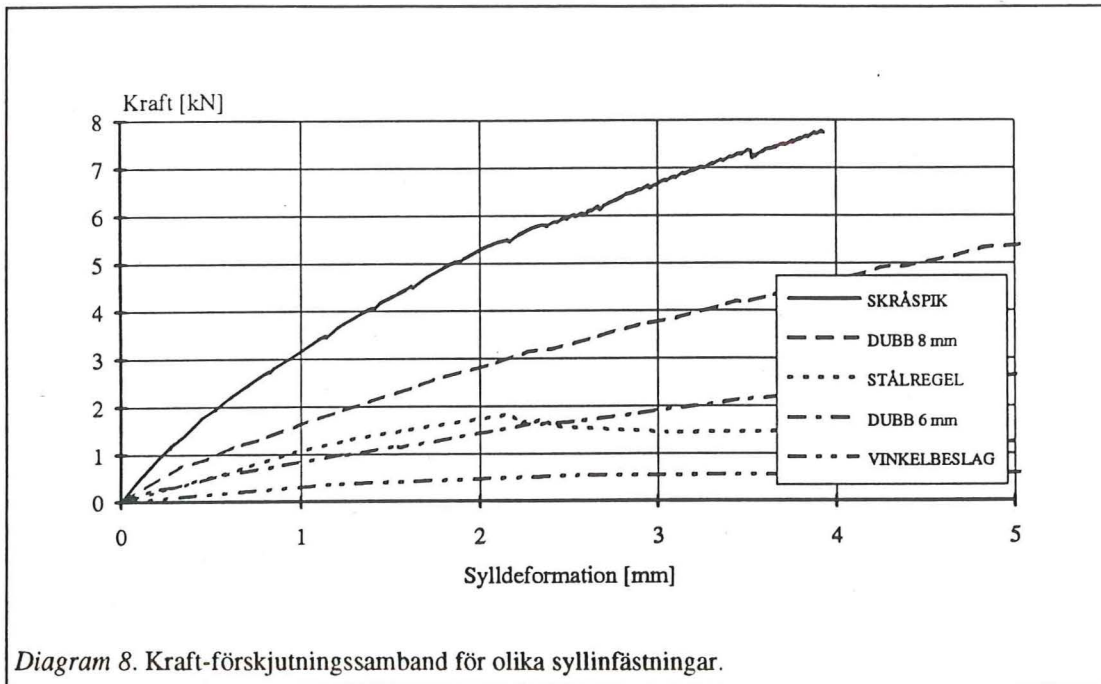


Bild 3. Vinkelbeslag efter böjprov.



## Val av system

Att skråspika fast träregeln i hammarband och syll är den allra bästa fixeringsmetoden av de som provats, om man ser till hållfasthet och deformationer. Vad som talar emot detta fixeringssätt är dess montering som tar mycket lång tid och är ganska arbetsam, framförallt när man måste spika över axelhöjd vid fixeringen av regeln i hammarbandet. Trots de fina hållfasthetsegenskaperna hos skråspikning anser vi att knutpunkterna med stålplatta i hammarband (hammarbandsinfästning 3) och dubb i syll (syllinfästning 2) är de som totalt sätt fungerar bäst tillsammans som ett system, om man utöver hållfasthet och förskjutning även väger in produktionsaspekter. Jämfört med ett stålregelsystem får man en betydligt styvare vägg. Vid större laster uppstår buckling av stålregeln och man får bestående deformationer. Dessa problem finns inte vid användning av träreglar.

I de fortsatta försöken kommer hammarbandsknutpunkt 3 och syllinfästning 2 att användas i regelsystemet.

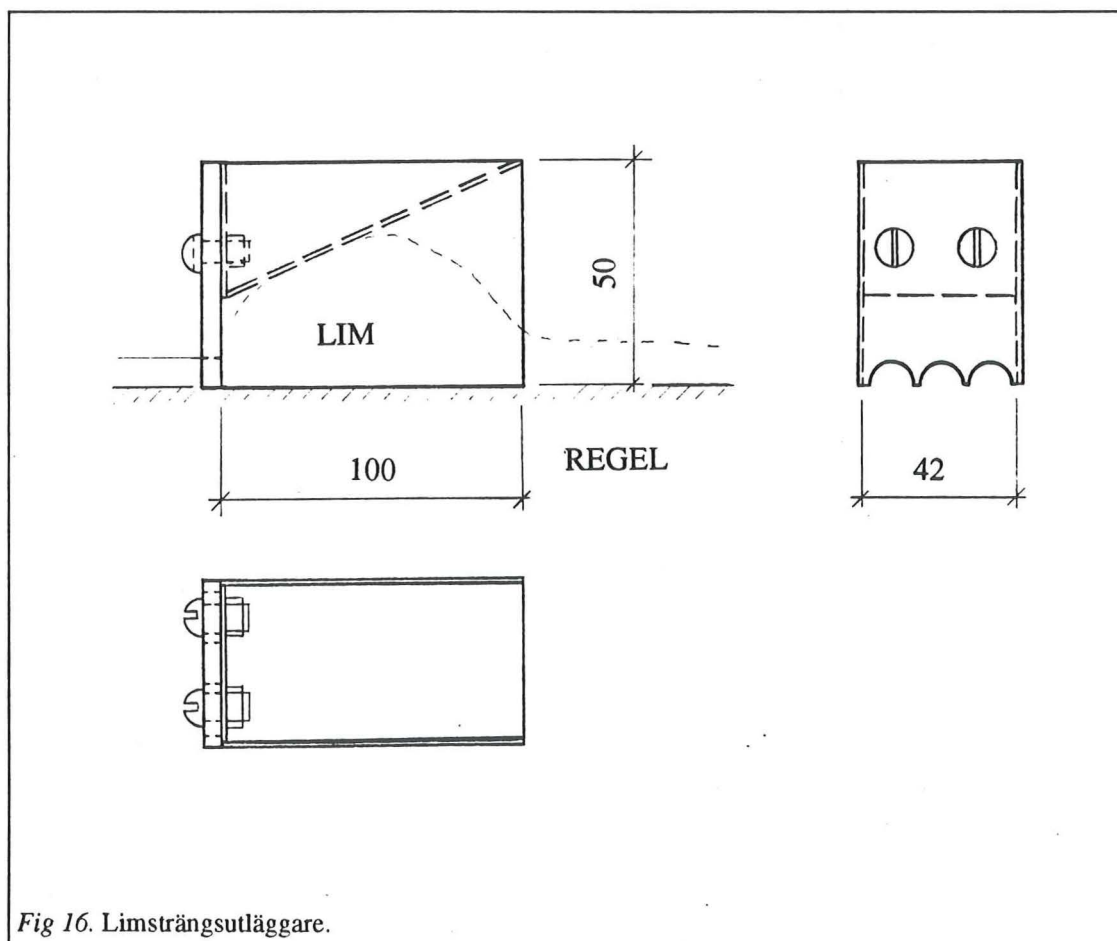
## Fixering av gipsskivor med lim

Provningsen av de båda limtyperna gjordes för att undersöka vilken av dem som ger den bästa limfogen i det färdiga systemet. Böjprov utfördes för hela väggelement för att kontrollera hållfasthet och elasticitet. Prover med raka respektive skeva regler utfördes och olika limtjocklekar provades för att se hur detta påverkar resultatet. När väggelementen monterats har vi fått en uppfattning om hur olika lim är att arbeta med. Resultaten från böjproven visas i bilaga 2.2a till 2.2g.

## Provlimning

Två provväggar gjordes inledningsvis, för att studera arbetsmetodiken vid praktisk limning av en hel regelvägg. Till dessa två väggar valdes Casco 8207. Den ena provväggen gjordes med raka regler och den andra med regler som hade en skevhet på 4- respektive 9 mm, enligt fig 1.

Till vår hjälp hade vi en limmaskin som Casco Nobel ställt till vårt förfogande. Maskinen drivs med tryckluft och tar limmet direkt från limspannen till ett munstycke. Det är inte lätt att applicera limmet på regelsystemet eftersom man varken kan lägga ut limsträngar eller styra limtjockleken. Detta innebär att man måste skrapa ut limmet med limspackeln efter det att limmet har blivit påfört regeln och vinsterna med minskat kladd har då gått förlorad. För att underlätta detta sista moment gjorde vi en slags uppsamlare av limmet till limspackeln. Denna limsträngsutläggare gjordes i plåt och själva skrapan är enkelt utbytbar. Man behöver endast lossa två skruvar och sätta dit önskad skrapprofil. I fig 16 visas limsträngsutläggaren med skrapprofil B påsatt.



Limningen gick till på följande sätt:

Först påfördes limmet regeln, syllen och hammarbandet med limmaskinen, därefter drogs limsträngsutläggaren över limytan. Överflödigt lim samlades upp i limsträngsutläggaren och de önskade limsträngarna blev kvar på regelsystemet.

Med tillverkningen av provväggarna var vi också intresserade av att se hur stor vätning man får med de olika sidorna på limspackeln. Ena sidan ströks därför med sida A, se fig 4, på limspackeln fastsatt i limsträngsutläggaren. På den andra sidan av regeln ströks limmet ut med sida B, som gav tre större limsträngar. Därefter trycktes gipsskivorna på plats. För att hålla gipsskivorna på plats och för att få press över limfogen fixerades gipsskivorna med sex skruvar, en i varje hörn och en på mitten av varje regel. Dessa sex skruvar togs dock bort innan limmet fått härda klart.

Oavsett vilken sida på limspackeln som användes fick vi en limfogstjocklek på 1 till 1.5 mm. Spackelsida A vätte dock mycket dåligt, framförallt då reglarna var skeva. De fortsatta försöken gjordes därför med spackelsida B.

### Limning av gips mot stålreglar

Som referens till de följande limmade systemen, gjordes en stålregelprovvägg. Referensväggen gjordes med Casco 8207 eftersom vi hade tillgång till limmaskin.

Limmet ströks ut med sida B på limsträngsutläggaren. Det är mycket svårare att få limmet att väta stålreglarna än träreglarna. Vi valde en öppen väntetid på 15-20 minuter innan gipsskivorna trycktes mot limmet på reglarna. Stålreglarnas instabilitet gör att problem uppstår när gipsskivan ska fixeras med gipsskruvarna. Pga skruvskallen på skruvarna som fixerar reglarna i hammarband och syll blev det inte full kontakt mellan gipsskiva och regel, se fig 17. De sex gipsskruvarna togs bort innan limfogen härdats färdigt.

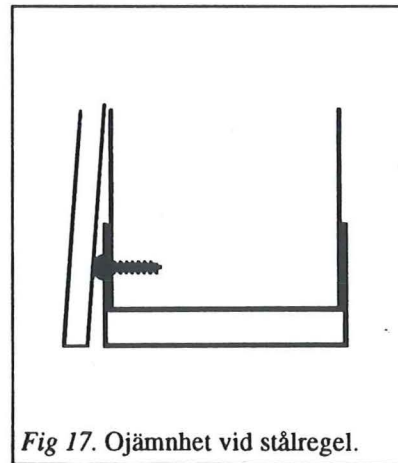


Fig 17. Ojämnheter vid stålregel.

### Gipsskivor fixerade med Casco 8207

Två provväggar tillverkades, en med skeva regler, 7- respektive 9 mm och en med raka regler. Limmet ströks på med limmaskinen och drogs ut med limsträngsutläggaren. Limmet gavs en öppen väntetid på 15-20 minuter innan gipsskivorna trycktes mot limmet på regelsystemet och fixerades med de sex gipsskruvarna. Dessa skruvar avlägsnades innan full härdtid uppnåtts. Väggelementen böjprovades efter 24 timmar, för att kunna jämföra resultaten med Bison montagekit på samma villkor. Casco Nobel anger denna härdtid i sitt produktblad.

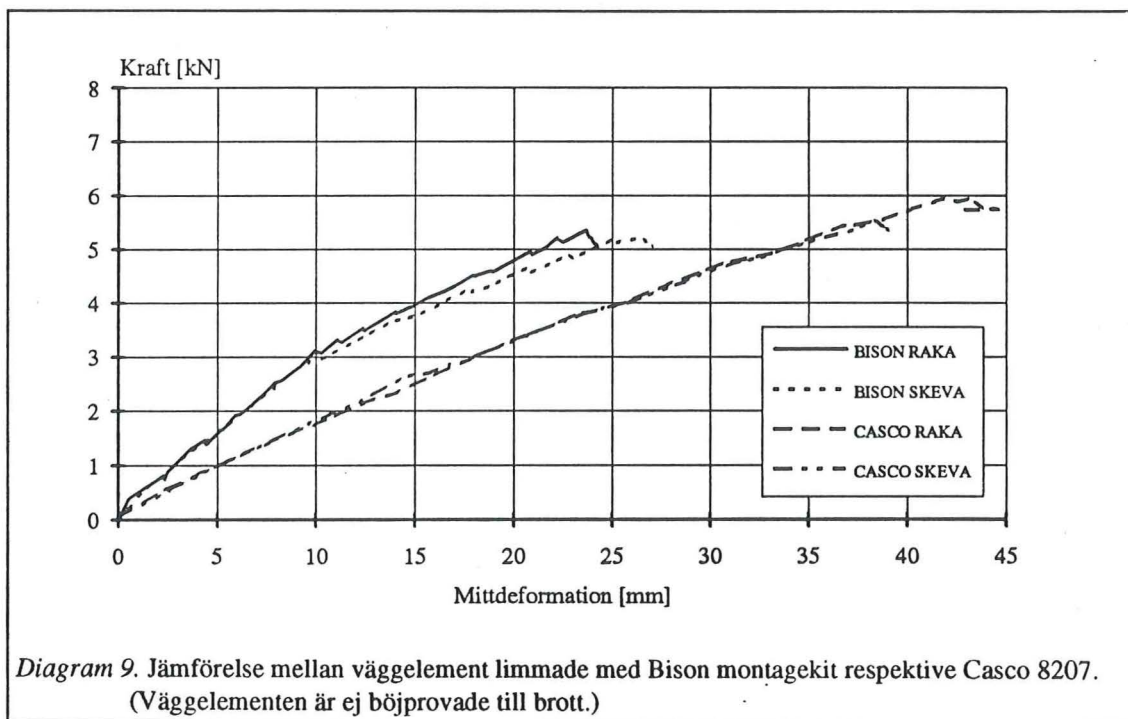


## Gipskivor fixerade med Bison montagekit

Två provväggar tillverkades, en med raka och en med skeva regler, 7 mm för båda reglarna. Limmet påfördes i en lång limsträng med limpistol. Limsträngens diameter var 8-10 mm. Appliceringen gick enkelt, men för att limma innerväggar i större skala måste man ha limmet i en större behållare eftersom limåtgången är ungefär en limpatron per gipsskiva. Man är således tvungen att byta limpatron efter varje gipsskiva. Limmet gavs en öppen väntetid på 5 min. Gipsskivan skruvades fast med sex gipsskruvar precis som gjorts på de tidigare väggelementen efter att gipsskivorna tryckts mot regelsystemet.

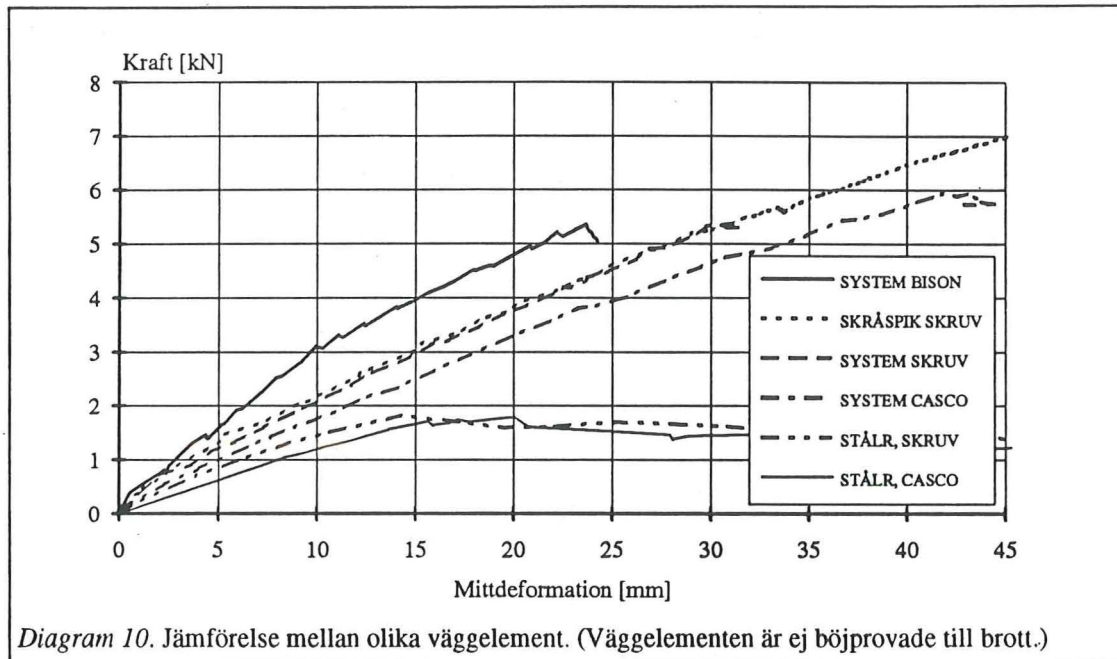
## Jämförelse mellan Bison montagekit och Casco 8207

Skillnaden i mittutböjning mellan väggelement gjorda med raka eller skeva regler är försumbar vid böjprovning. Detta gäller för Bison montagekit såväl som för Cascos 8207. Limfogstjockleken är 1-1.5 mm för de båda limtyperna. Systemen limmade med Bison montagekit uppvisar högre styvhet än motsvarande väggelement limmade med Casco 8207, se diagram 9.



## Jämförelse mellan de olika väggelementen

En sammanställning av de utvalda väggelementen visas i diagram 10. Utveckling av system 1 limmat med Bison montagekit uppvisar det bästa resultatet.



## Slutsatser av böjprovningarna

- Ett träregelsystem får oavsett fixeringstyp av gipsskivorna en mindre mittutböjning än ett stålregelsystem vid samma belastning.
- Styvheten på väggelementet påverkas inte av reglarnas formfel om dessa är mindre än de i kapitel 2 angivna.
- Limmas gipsskivan med Bison montagekit uppnås en styvare vägg än om man använder Casco 8207, efter en härdtid på 24 timmar. Detta medför att man fortare kan resa en vägg med Bison montagekit eftersom man kan ha kortare öppen väntetid för detta lim.
- Limning av gipsskivorna på regelsystemet ger en bättre arbetsmiljö än skruvning eftersom man slipper det monotona arbetet med skruvdragaren. Om man ska använda limning vid rationell produktion är de hjälpmedel vi använt ej tillräckliga.
- Om Casco Nobels limmaskin vidareutvecklas kan denna bli ett bra hjälpmedel vid fixering av gipsskivorna.
- Fortsatta böjprov bör göras för träregelsystemet och då i större skala eftersom provresultaten är väldigt beroende av träs inhomogena struktur. En mer noggrann provmetod som NT-Build 062, vilken beaktar egenskaper vid lägre laster och lastväxlingar, kan användas för vidareutveckling av systemet.

## 5.2 Punktbelastningar

Den väggtyp som provats har ett större c-avstånd mellan reglarna än tidigare använda innerväggar, 900 mm mot tidigare 600 mm. Detta kan påverka väggen så att gipsskivan verkar vek vid punktbelastning, tex då personer lutar sig mot väggen. Därför har vi provat olika metoder för uppstyvning av en enskild skiva.

Dessa försök gick till så att ett väggelement monterades i ramen som tidigare. Elementet belastades med en cirkulär punktlast med radien 30 mm. Lasten hade sin angreppspunkt så placerad att den ger största möjliga utböjning. Detta är det värsta lastfallet och sålunda det för väggen avgörande punktbelastningsprovet. Deformationerna på gipsskivan mättes med en potentiometer på baksidan av skivan, mitt under lasten.

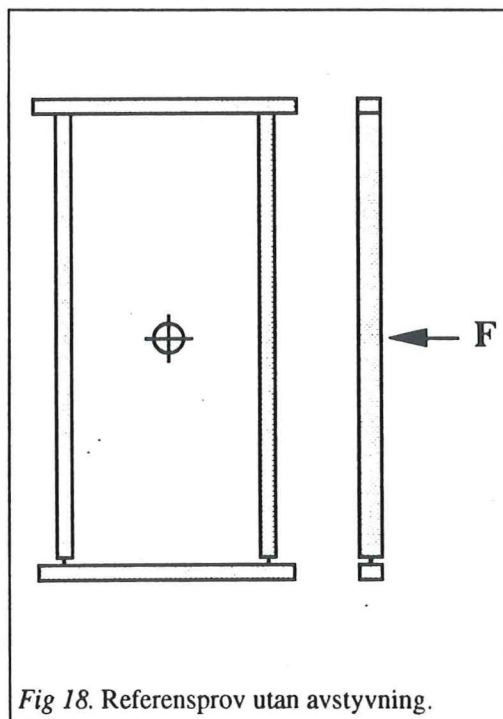
Försöken visar enbart hur stora deformationerna blir vid punktbelastning. Om det är bra eller dåligt med en viss styvhet har vi ej tagit ställning till. Det som främst kan påverkas negativt av en alltför styv vägg är att den kan bli sämre ur ljudisoleringsynpunkt.

### Punktbelastningsprover

#### Referensprov utan avstyvning

Vid första provet var en gipsskiva skruvad fast vid träregelsystemet, se fig 18. Lasten angiper i skivans mitt. Deformationen visas i diagram 11. Deformationen är i stort sett proportionell mot kraften upp till maxlast. Brottet bestod i att skivan krossades under lasten.

Utböjningen i detta försök har använts som referens när olika uppstyvningsmetoder provats.



### Avstyvning med kortling

Den första typen av uppstyvning är en kortling, som monteras på halva vägghöjden. Gipsskivan skruvades fast. Lastens angreppspunkt framgår av fig 19.

Deformationen visas i diagram 11. Brottet bestod även här av att skivan krossades och maxlasten blev den samma som i referensprovet utan avstyvning. Styvheten var dock något större.

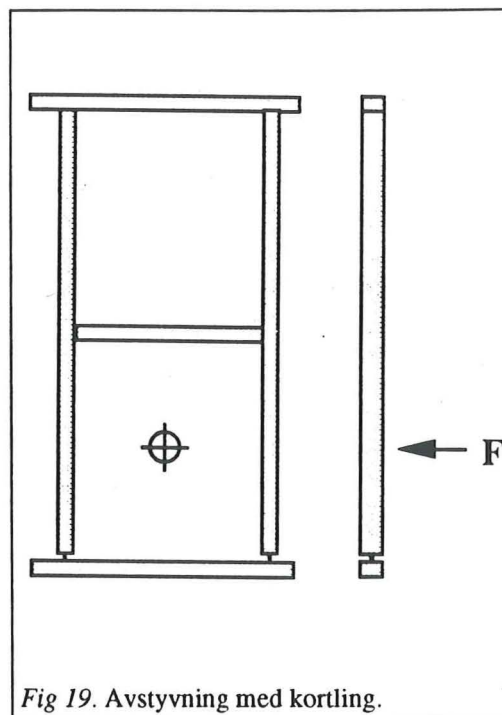


Fig 19. Avstyvning med kortling.

### Avstyvning med klotsar

Den andra uppstyvningsmetoden utgörs av klotsar som monteras in mellan gipsskivorna. Klotsarna fästes i båda gipsskivorna så att dessa samverkar, se fig 20. På så sätt fås en styvare vägg.

Klotsarna tillverkades av trä och hade storleken 100x100 mm och tjockleken 70 mm. De skruvades fast i båda gipsskivorna, men man kan lika gärna limma fast dem.

Utböjningen visas i diagram 11. Brottet bestod även här av att gipsskivan krossades under punktlasten. Brottlasten är av samma storleksordning som tidigare, men styvheten förbättrades ytterligare med denna metod.

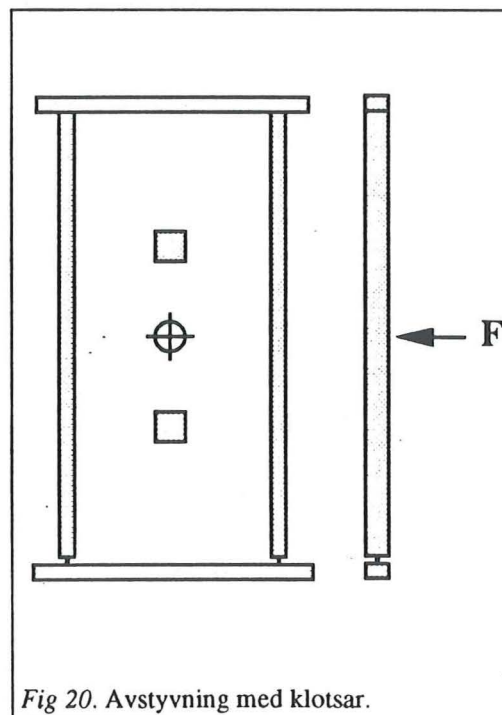
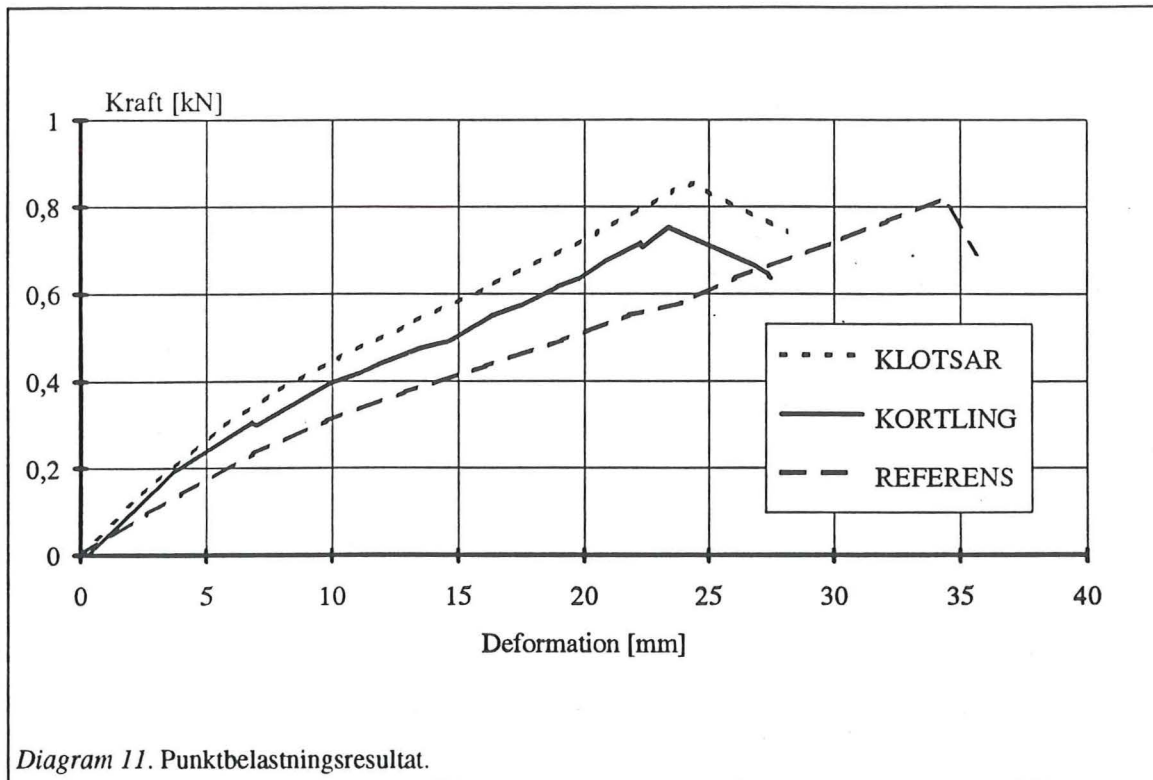


Fig 20. Avstyvning med klotsar.



## Slutsatser av punktbelastningsförsöken

- Hur man bör styva upp den enskilda skivan är svårt att avgöra. Hållfasthetsmässigt spelar det ingen större roll, men känslan av en styvare vägg kan vara avgörande.
- De provade uppstyvningsmetoderna ger en styvare vägg än referensväggen och en känsla av en mera gedigen konstruktion.
- Maxlasten går ej att påverka med någon av de avstyvningar som provats, eftersom det avgörande för hållfastheten är lokalt brott i gipsskivan.
- Vidare provning måste göras, främst en kontroll av uppstyvningsmetodernas inverkan på ljudisoleringsegenskaperna hos väggen.

## 5.3 Monteringsdetaljer

Principutformning och val av detaljlösningar för ett väggsystem med träreglar har beskrivits ovan. Systemets utformning avser så långt enbart raka obrutna sektioner vägg. En färdig vägg består dock av många andra delar som inte går att bygga med de vanliga komponenterna. Ett antal ytterligare speciallösningar måste utvecklas och ibland kan även specialverktyg behövas. Eftersom systemet ska vara monteringsfärdigt bör alla dessa lösningar vara färdiga innan det kommer till arbetsplatsen.

För att testa hur ett par av de vanligaste detaljerna skulle kunna lösas har en vägg i fullskala med detaljlösningar i form av innerdörr och hörn rests, se fig 21 och bild 4. Då denna vägg har rests har olika hjälpmedel och arbetsmetoder provats. Detta har resulterat i att vi funnit lösningar på dessa detaljer och att hjälpmedel har utvecklats för att underlätta monteringen.

### Monteringsdetaljer vid innerdörr och hörn

Dörrdetaljen löstes så att två regler restes med ett c-avstånd sådant att dörrkarmen får plats. En kortling av samma typ som tidigare använts för uppstyvning av en enskild skiva användes här över karmen. Längden väljs till dörrkarmsbredden plus 20 mm. Detaljerna ger ett bra fäste för dörrkarmen, men över dörren behövdes ytterligare en vertikal regel för att gipsskivorna ska få tillräcklig fästytta. En sådan regelbit har samma infästning i hammarbandet som övriga stående regler och spikas fast underifrån i kortlingen över dörren. Den ska vara kapad i standardlängd, då den kommer till arbetsplatsen, se fig 21 och bild 4. I bild 5 visas hammarbandsknutpunkten i en hörna och i bild 6 visas syllknutpunkten.

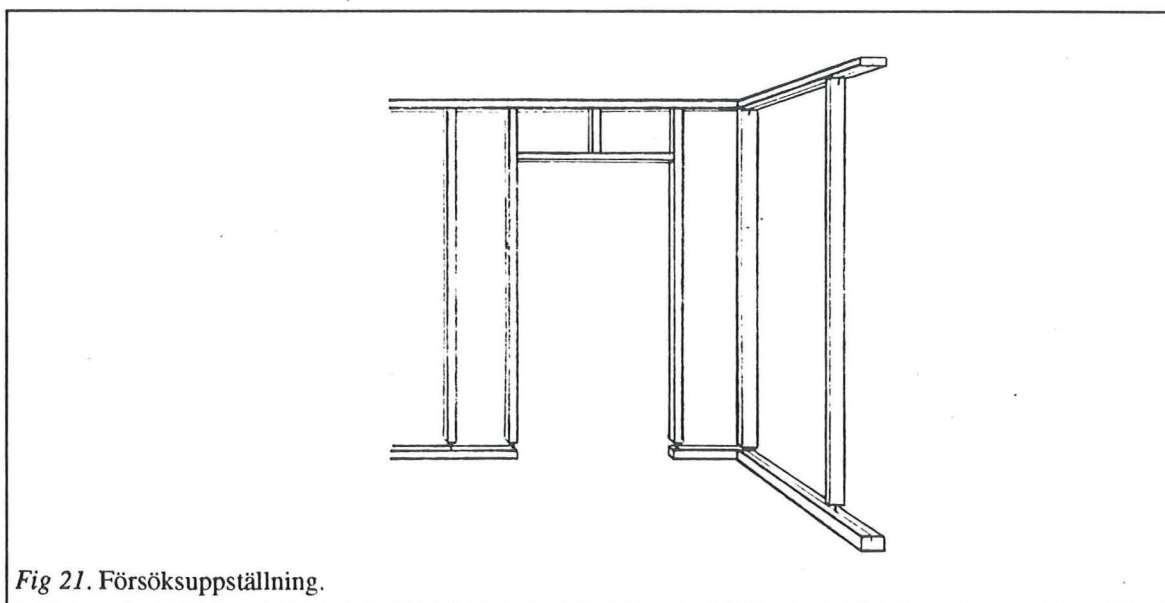


Fig 21. Försöksuppställning.

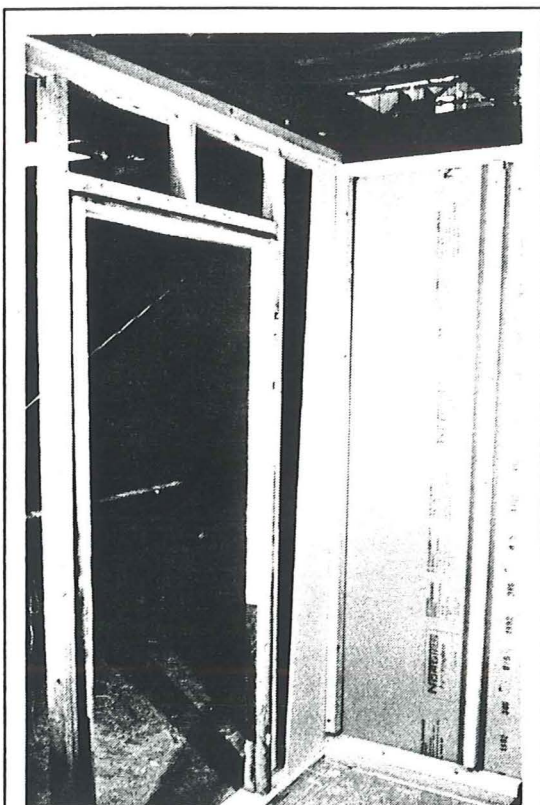


Bild 4. Försöksuppställning med hörn och dörr.

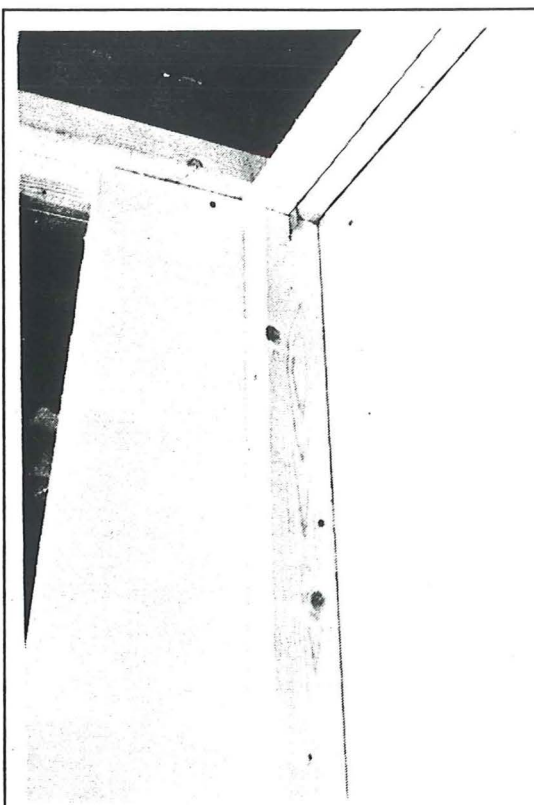


Bild 5. Hammarbandsknutpunkt i hörn.

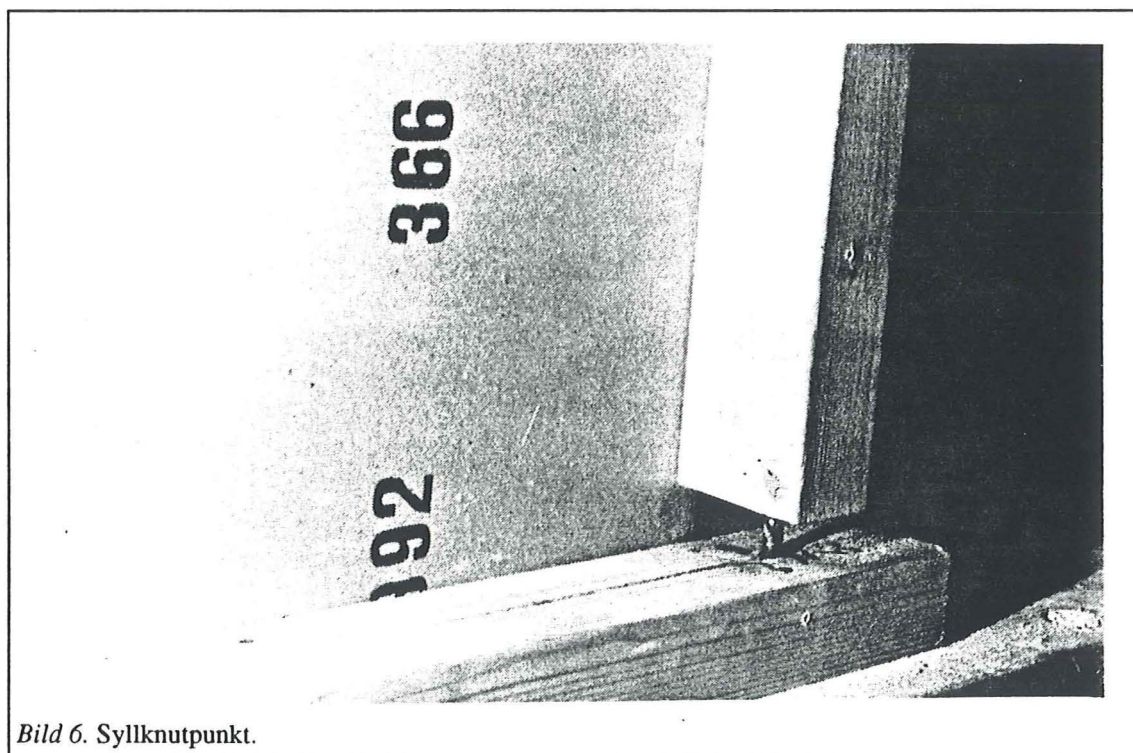


Bild 6. Syllknutpunkt.



För ett vägghörn har vi tittat på två lösningar. Det som skiljer dem åt är monteringsordningen. I det första fallet reses först den ena väggen och gipsskivorna sätts på plats. Därefter monteras den andra väggen och fästs mot den första, se fig 22. Denna lösning ger ingen extra materialåtgång.

Den andra monteringsmetoden ger en möjlighet att bli klar med hela regelsystemet innan gipsskivorna sätts upp. Detta kräver en extra väggregel men ger en mer rationell montering. Denna lösning visas i fig 23.

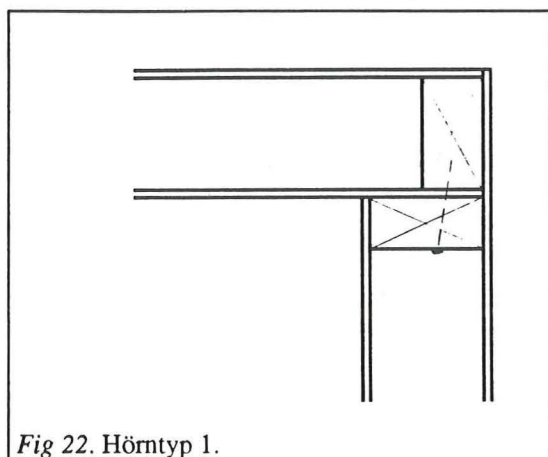


Fig 22. Hörntyp 1.

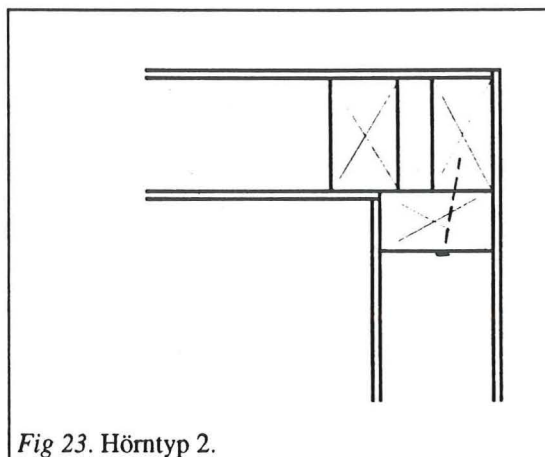


Fig 23. Hörntyp 2.

Båda dessa detaljer finns tidigare beskrivna för andra regelsystem tex. Gyprocs handbok /3/. Vi har funnit att dessa hörntyper mycket väl går att lösa med det föreslagna regelsystemet.

Andra detaljproblem som vi studerat är hur elledningar ska dras i väggen. Detta kan enkelt göras genom att två hål borras i regeln, 200 mm från regelns ändar, hålen görs så stora att elrören får plats i dem. Dessa hål bör förtillverkas på varje regel.

## Inverkan av skeva regler på en färdig vägg

När monteringsdetaljerna provades, undersöktes hur formfel i träreglarna påverkade en färdig vägg. Den tidigare försöksuppställningen byggdes om så att fyra stående träreglar med skevheten 6-8 mm bildade ett rakt regelsystem. På ena sidan av regelsystemet limmades skivorna fast, och på andra sidan skruvades skivorna fast. Ytans jämnhet på den färdiga väggen mättes.

Några större ojämnheter gick ej att finna, dock kunde det konstateras att den limmade sidan var jämnare än den skruvade. Detta kan bero på att limmet fyller upp formfelen i reglarna.

## 5.4 Skjuvförsök

En icke bärande innervägg kan vara intressant att använda som stomstabilisering, dvs de horisontella krafterna, tex vindlaster, som verkar på byggnaden, tas upp av innerväggen. Vad som händer är att golv och tak förskjuts i horisontalled i förhållande till varandra, och gipsskivorna utnyttjas för att styva upp stommen och motverka denna rörelse. Avgörande för hur bra en innervägg fungerar som stomstabilisering blir därför hur väl skivorna och regelsystemet samverkar. Om samverkan är för dålig skjuvas skivorna av. Dessutom måste regelsystemets knutpunkter på ett par ställen klara av dragkrafter.

I denna provserie har vi undersökt om några extra monteringsdetaljer behövs för att förhindra att systemet dras isär. Dessutom har vi undersökt inverkan av olika metoder att sätta fast skivorna.

Vi har provat en typ av väggelement, bestående av två stående regler fastsatta med de valda infästningsdetaljerna i hammarband och syll. Tre provelement tillverkades, två med skruvade och en med limmade gipsskivor.

Elementet utsätts för en horisontell kraft i väggens plan. Kraften verkar i väggens övre hörn. Skivans förskjutning i förhållande till regelsystemet mäts med tre potentiometrar i det nedre högra hörnet under kraften. En potentiometer mätte vertikalförskjutningen på regeln och de andra två mätte vertikalförskjutningen på vardera gipsskivan. I det övre hörnet mitt emot kraften placerades ytterliggare tre potentiometrar som mätte horisontalförskjutningen på motsvarande sätt som i det nedre hörnet. Proverna utfördes i den ram som tidigare beskrivits.

### Skjuvprover

#### Skjuvprov 1

I det första försöket lades rullager in mellan hammarband och ram för att minska friktionen under provningen, se fig 24.

Gipsskivorna skruvades fast mot regelsystemet.

I ett tidigt skede av provningen drogs syll och den stående regeln isär. Dessutom trycktes hammarbandet in i rullagret. Försöket avbröts eftersom kontroll ej fanns över deformationerna.

Slutsatser av detta försök är, att vi inte kan styra deformationerna om "taket" finns. Dessutom måste syllinfästningen klara dragkrafter.

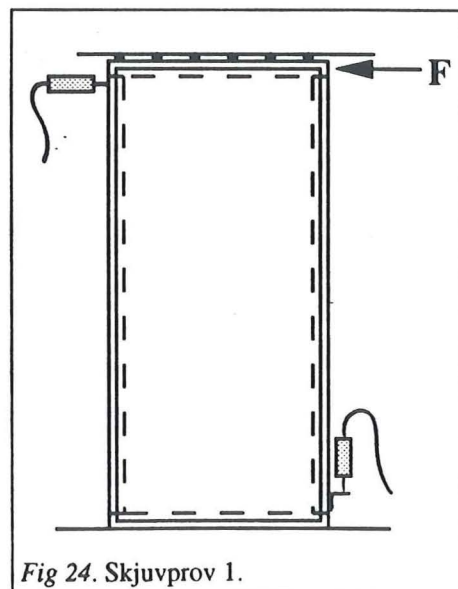


Fig 24. Skjuvprov 1.

## Skjuvprov 2

I det andra skjuvförsöket togs "taket" på ramen bort och väggelementet styrdes enbart i väggens plan. För att klara lyftningen i det nedre hörnet samt isärdragningen i det övre, förstärktes knutpunkterna med vinkelbeslag, se fig 25. Mycket tidigt lyftes syllen från ramen och trots åtgärden med vinkelbeslag fick man lyftning i det nedre hörnet.

Resultatet visas i diagram 12. Det framgår att elementet genomgår avsevärda stelkroppsrorelser. Däremot har inga förskjutningar uppkommit mellan skivan och regeln.

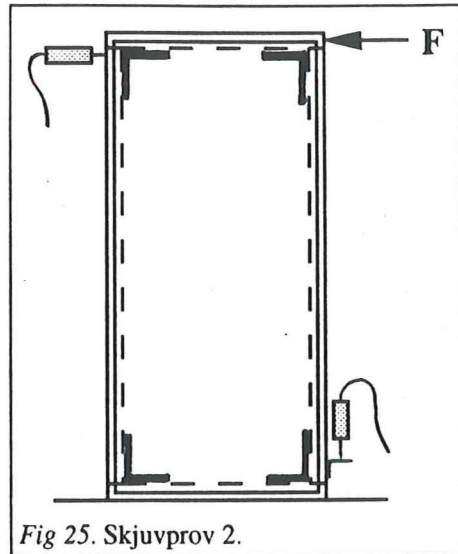


Fig 25. Skjuvprov 2.

## Skjuvprov 3

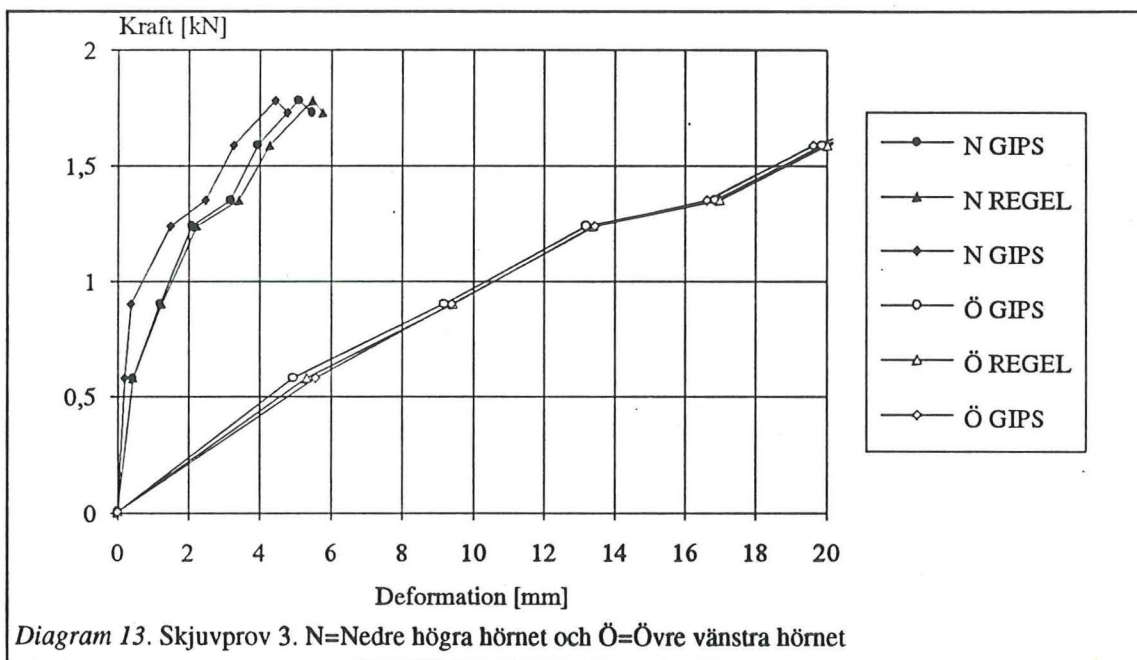
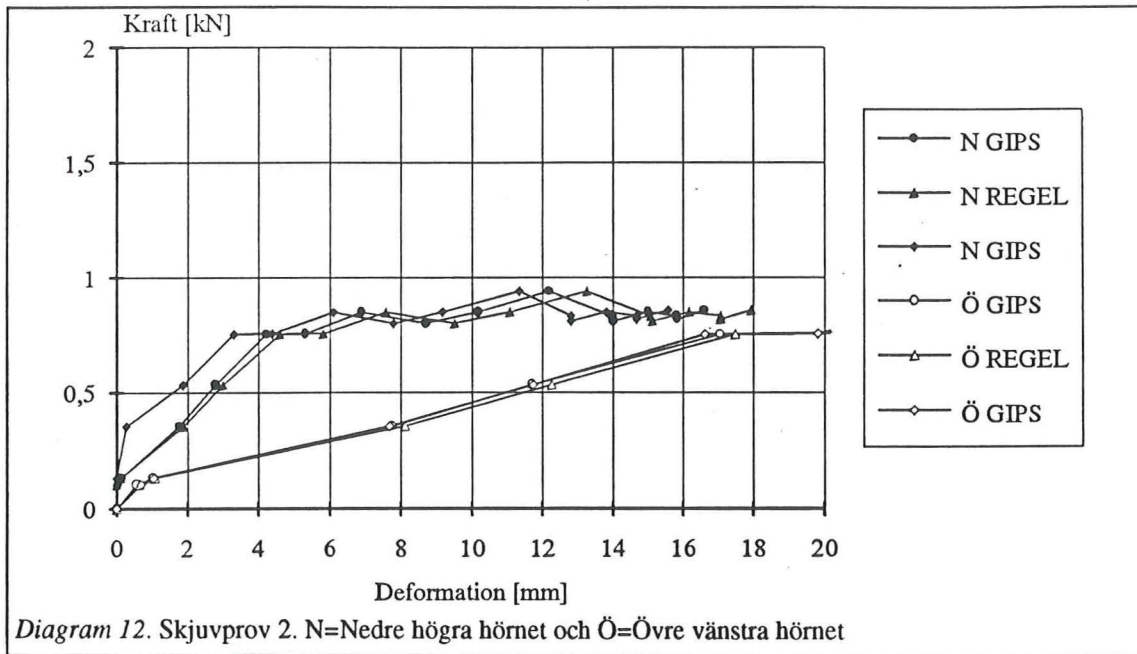
I detta fall sattes syllen fast med fler spik än tidigare, dessutom kapades gipsskivan snett vid golvet, för att förhindra att en rotationspunkt uppkommer vid det nedre vänstra hörnet.

Gipsskivorna limmades fast med förhoppningen att vi skulle få en mer elastisk deformation. Resultatet blev dock åter ett annat, deformationer pga syllen lyftes från golvet, vilket gjorde att skivverkan inte aktiverades.

Resultatet visas i diagram 13.

Beteendet är av samma karaktär som vid skjuvprov 2.

Eftersom vi efter dessa försök ej lyckats få tillräcklig styvhet och stabilitet i provet och vi ej har tillgång till annan provningsutrustning, blev vi tvingade att avbryta denna provningsserie utan att vi nått några fullständiga resultat.



## Slutsatser av skjuvförsöken

- Detaljer för att förhindra att syllen och de stående reglarna drages isär behövs, dock har vi ej funnit någon bra lösning.
- En längre vägg skulle troligen fungera bättre under skjuvprovning.
- Stomstabilisering med innerväggar är vanlig, därför bör denna skjuvprovning utföras senare.

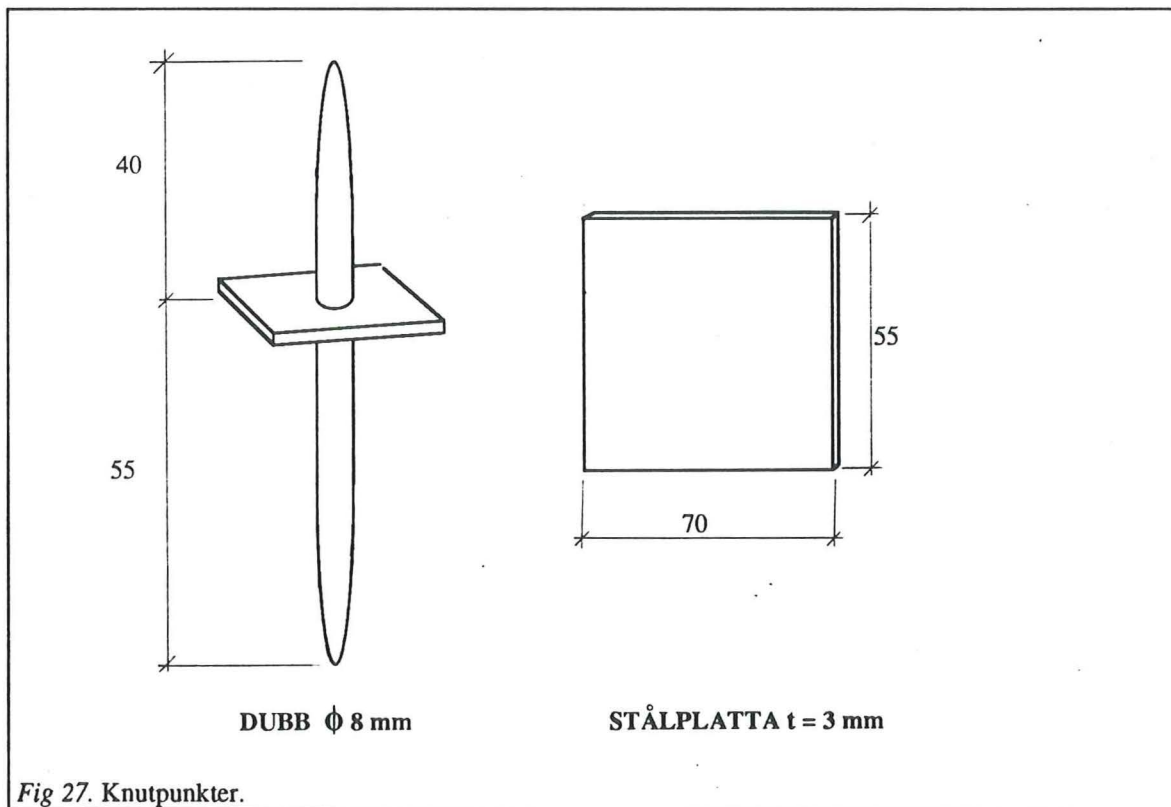
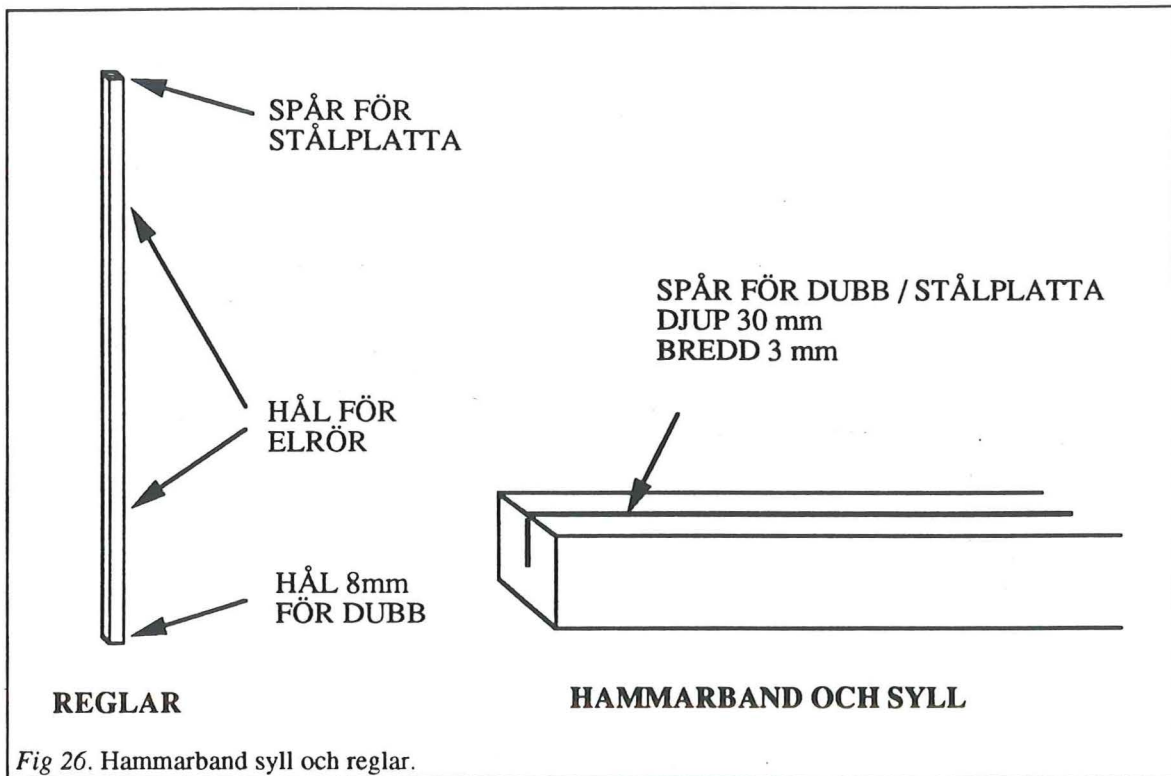
# 6 Montering av systemet

Då en ny produkt kommer till arbetsplatsen är det viktigt att en arbetsbeskrivning följer med materialet. Denna ska ange vilka material som ingår i produkten, vilka verktyg som behövs och vilka arbetsmetoder som rekommenderas. Nedan ges en arbetsbeskrivning för vårt regelsystem.

## Arbetsbeskrivning

### Regelsystemets komponenter

- Reglar 45x70 mm, 2295 mm långa med en 25 mm djup och 3 mm vid skåra i ena änden. I den andra änden finns ett borrarat hål,  $\phi$  8 mm, med djupet 80 mm. I den nedre och den övre delen av regeln finns två hål borrarade,  $\phi$  20 mm, för elrör.
- Hammarband och syll 45x70 mm med ett längsgående spår mitt på regelns ena flatsida. Spåret är <sup>30</sup>25 mm djupt och 3 mm brett utefter hela regelns längd, se fig 26.
- En hammarbandsinfästning per regel i form av stålplatta 3x45x80 mm.  
<sup>55x10</sup>
- En syllinfästning per regel i form av dubb gjord av stålstång med diameter 8 mm, och längd 95 mm. En bricka med diametern 30 mm är fastsatt 55 mm från ena änden. Båda ändarna är spetsade på en sträcka av 25 mm, se fig 27.
- Kortlingar med längden 855 mm. För uppstyvning av gipsskivan.
- Kortlingar med längder så att de passar över dörrkarm eller fönster.



## Monteringsutrustning

De verktyg som behövs för en rationell väggresning är:

- Tumstock eller speciell mätsticka som är 900 mm lång
- Fogsvans
- Vattenpass
- Gummiklubba
- Hammare
- Skruvdragare

## Monteringsanvisningar

Regelsystemet beställs i löpmeter, med ett bestämt antal detaljer av typ hörn och innerdörrar. Dessutom anges om man vill ha extra uppstyvning av den enskilda skivan, samt om man behöver fästplatser för tex köksutrustning. En innervägg kan även vara mer ljud eller brandskyddad och beställs då efter detta. Detta har vi dock ej gått in på och därför behandlas det ej här.

Monteringsanvisningarna beskriver i punktform hur montering av vägg och detaljer kan göras.

Montering av ett rakt väggelement:

- Loda in hammarband och syll på den plats där väggen ska byggas. Dessa fastsättes med spik i träbjälklag och med bult i betongbjälklag. Om bjälklaget är av betong ska detta hunnit torka så mycket att fukt ej kan skada träet. Finns tvivel om fuktkvoten ska diffusionsspärr läggas mellan trä och bjälklag.
- Samtidigt som hammarband och syll lodas in kontrolleras rumshöjden på några ställen.
- Reglarna förberedes genom att dubben monteras på det håll som rumshöjden får avgöra. Om rumshöjden är mellan 2400 till 2415 mm slås den kortare delen av dubben in i regeländen. I annat fall vänds dubben.
- Den första regeln reses vid en befintlig vägg.
- Själva resningen går till så att dubben anbringas mot syllen på det ställe där regeln ska sitta. Regeln vinklas upp i väggens plan, och slås på plats med hjälp av gummiklubba. Med hjälp av ett vattenpass kontrollerar man att regeln kommer i lod.
- När regeln är i lod trycks plåten till hammarbandsinfästningen på plats. Här är hammaren ett bra hjälpmedel.
- När den första regeln är rest mäter man in läget för nästa regel, antingen med tumstock eller med mätsticka. Regeln monteras på samma sätt som den tidigare.

Montering av hörn:

- Efter att första väggen är rest, fortsätter man att resa nästa vägg direkt från denna, se fig 22.
- Den första regeln spikas fast mot den befintliga väggen. och den fortsatta monteringen av väggen utförs enligt ovanstående beskrivning

Montering av regelsystemet runt dörr:

- Reglar reses på båda sidor om den tänkta dörrens placering.
- Kortling monteras mellan de resta reglarna och spikas fast.
- Den kortare regelbiten fästes in över kortlingen, med stålplattan i hammarbandet och spikas fast underifrån.



## 7 Slutdiskussion

Ett monteringsbart träregelsystem för icke bärande innerväggar har utvecklats. Som med de flesta prototyper finns det detaljer man ej är riktigt nöjd med som konstruktör. Till våra fullskaleförsök har vi egenhändigt tillverkat alla detaljer med den utrustning och det material som funnits tillgängliga på LTH. Detta har medfört vissa begränsningar eftersom vi inte alltid uppnått den önskade precisionen på de ingående detaljerna. Med vår budget har vi ej kunnat beställa detaljer gjorda av yrkesfolk då den enskilda detaljen skulle bli för dyr. En serieproduktion skulle dock ge ett helt annat kostnadsläge. Dessutom har tiden varit en begränsande faktor vid framtagningen av systemet.

### Förslag till utveckling av systemet

Under försökstidens gång har ideer till knutpunktslösningar dykt upp utan att de kunnat provas pga ovanstående begränsningar. Dessa ideer har främst kretsats kring knutpunkten vid syllen där de flesta problem uppstått.

Problemen har varit att:

- Under systemets utveckling har en succesivt högre hållfasthet krävts. Detta har lösts genom att gå upp i dimension på dubben.
- Det cirkulära tvärsnittet på dubben skär ej av fibrerna i träet utan pressar undan dem.
- Dubben kan gå för djupt ner i syllen.
- Svetsa i en detalj med en sådan liten godstjocklek som dubbens medför en kraftig hållfasthetssänkning av dubben.

De första tre punkterna kan leda till att syllen spräcks.

Några av problemen har lösts genom att förborra hål i syllen för dubben. Denna lösning vill vi dock ej ha i det färdiga systemet eftersom en minimering av antalet arbetsmoment för snickaren har varit ett av huvudmålen i utvecklingsarbetet. En vidareutveckling av dubben bör istället ske och de ideer vi har angående dubben är följande:

- Öka kvaliteten på stålet för att kunna gå ner i diameter men ändå behålla dubbens ursprungliga utformning. Under fullskaleförsöken har maskinstål använts till dubben.
- Byta fixeringsmetod för brickan till dubben från svetsning till något som inte sänker hållfastheten.

- Ändra tvärsnittet på dubben till något mer fördelaktigt som klarar av att skära av fibrerna, se fig 28. Tanken är att den mindre av vingarna ska passa i det sågade spåret i syllen. Den andra är tänkt att skära av fibrerna i syllen och dessutom höja styvheten vinkelrätt väggens plan.

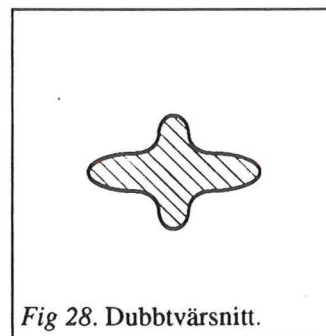


Fig 28. Dubbtvärsnitt.

- Göra spåret i syllen bredare och på så sätt minska risken för att syllen spräcks. På hammarbandet bör man då också göra motsvarande ökning av spårbredden så att syll och hammarband blir identiska.

Vid extremfall när bjälklagshöjden är lägre än det i NR1 angivna kommer denna höjddifferens innebära att dubben trycks ner motsvarande sträcka vilket ytterligare ökar risken för spräckning av syllen. Vi har därför funderat på att lämna principen med den fasta brickan på dubben.

Man skulle kunna bestämma sig för ett givet nedträngningsdjup på dubben och istället låta dubben tryckas upp i regeln allt efter differensskillnad i bjälklagshöjd. Dubben skulle förses med en justerbar bricka som enkelt skulle kunna ställas in i rätt läge, se fig 29. Monteringens skulle kunna gå till på följande vis: Först mäter man det vertikala avståndet mellan hammarband och syll. Därefter trycks brickan på dubben så långt att man får det angivna nedträngningsdjupet i syllen plus differensskillnaden, det så kallade glappet. Det fortsatta montaget av väggen kan sedan fortlöpa som tidigare.

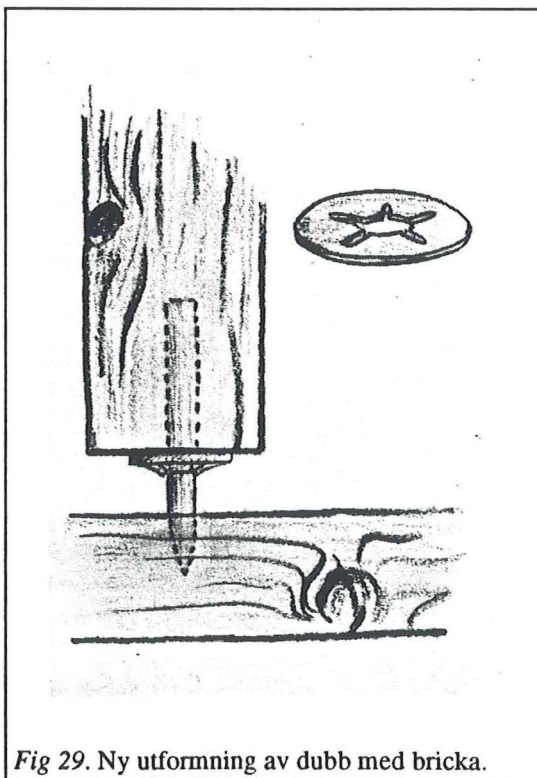


Fig 29. Ny utformning av dubb med bricka.

## Förslag till utveckling av monteringsmetoder

Vi har funnit att limning har stora möjligheter vid fastsättning av gipsskivor. Limning lämpar sig speciellt väl då man använder träreglar, eftersom limmet väter träreglarna mycket bättre än motsvarande stålregel. Monteringshastigheten kommer att öka, men de största vinsterna ligger troligen i att arbetet blir lättare genom att man slipper det tunga arbetet med att skruva.

Ska man använda Casco 8207 för fastsättning av gipsskivor måste temperaturen vara över 10°C under härdperioden. Detta kan ställa till problem när man ska bygga innerväggar på vinterhalvåret om man inte har tillgång till byggfläktar. Motsvarande uppgift för Bison montagekit har vi inte, men limmet ska förvaras frostfritt.

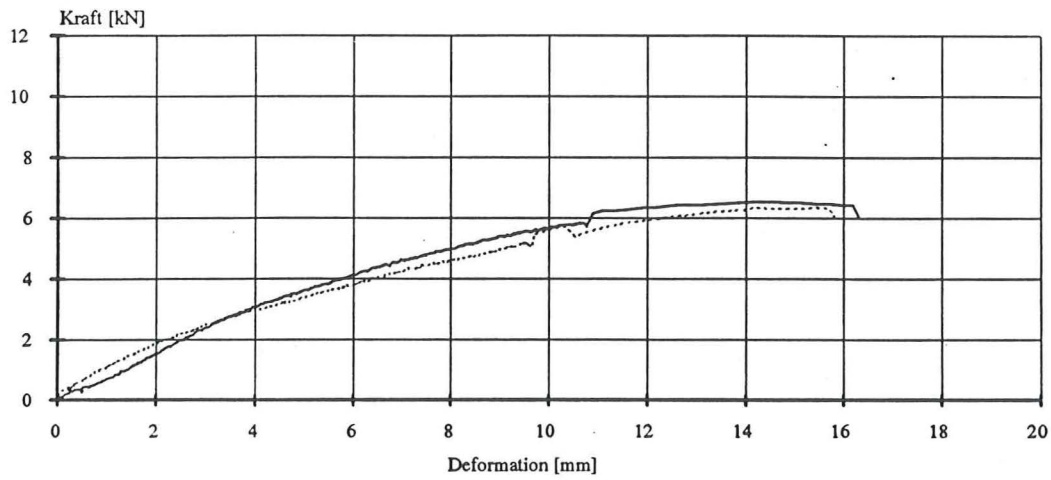
För att få en rationell montering krävs en vidareutveckling av hjälpmedel för limning. Munstycket på den limmaskin som vi använde för Casco 8207, behöver en vidareutveckling. Eftersom munstycket endast lägger ut limmet i en bred sträng, ungefär regelbred, måste man på något sätt skrapa ut limmet i smala höga strängar. Vår lösning på problemet var att göra en limsträngsutläggare, men vad man istället bör utveckla är själva munstycket, som ska lägga ut limsträngar i önskad storlek och profil.

Vi har påfört Bison montagekit med limpistol, denna metod är dock ej lämplig vid montering i stor skala då en större behållare för limmet krävs.

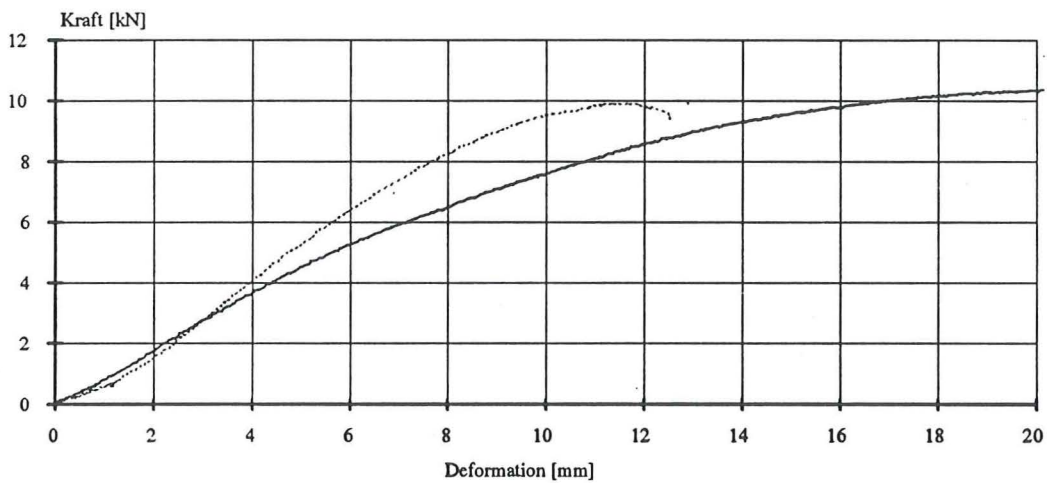
# Referenser

- /1/ Johansson, G. Kliger, R. Perstorper, M. *Kvalitetskrav på byggnadsvirke*  
Rapport R105:1990  
Byggeforskningsrådet
- /2/ Danewid, R. *Försök med ISO-regeln*  
Rapport TVBK-7036, 1990
- /3/ *Gyproc Handbok*  
1991:2
- /4/ *NR1*  
BTS 1988:18  
Boverket
- /5/ Svensson, S. *Att limma gipsskivor på stålreglar.*  
Examensarbete TVBK-5053 Lund Institute of technology,  
Departement of Structural Engineering, 1992
- /6/ Wernersson, H. *Limning av trä.*  
Report TVSM -7029, Lund institute of Technology,  
Division of Structural Mechanics, 1990
- /7/ Olsson, K. A. *Limhandboken*  
Casco Nobel 1991
- /8/ Raknes, E. *Limning av tre.*  
The Norwegian Institute of Wood Techonlogy 1987
- /9/ Åkerlund, S. *Stål och Trä*  
Kursmaterial FK2 1991  
Bärande Konstruktioner

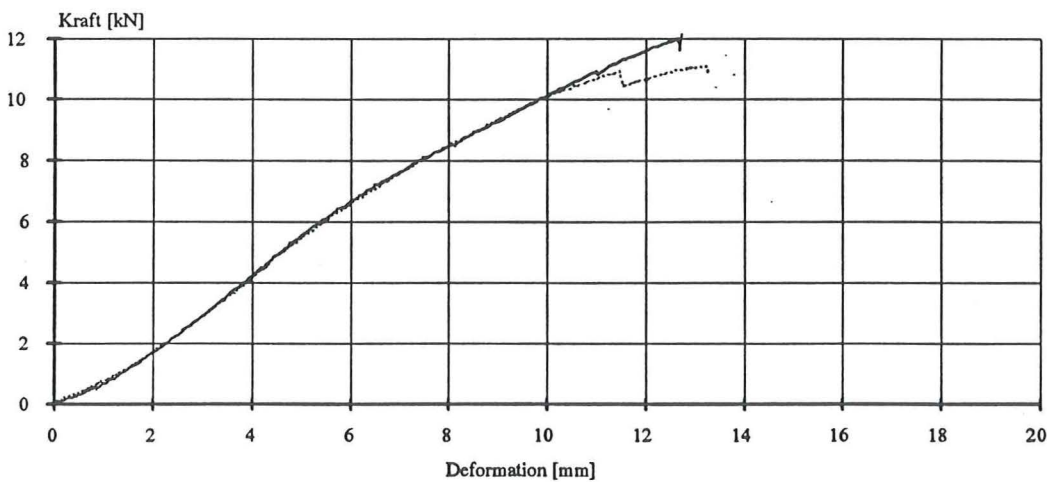
# BILAGA 1.1 FÖRFÖRSÖK / SPIKFÖRBANDSPROVNING



1.1.a. Total deformation för två serier. Spikningsplåtarna fixerade med 3 ankarspik.

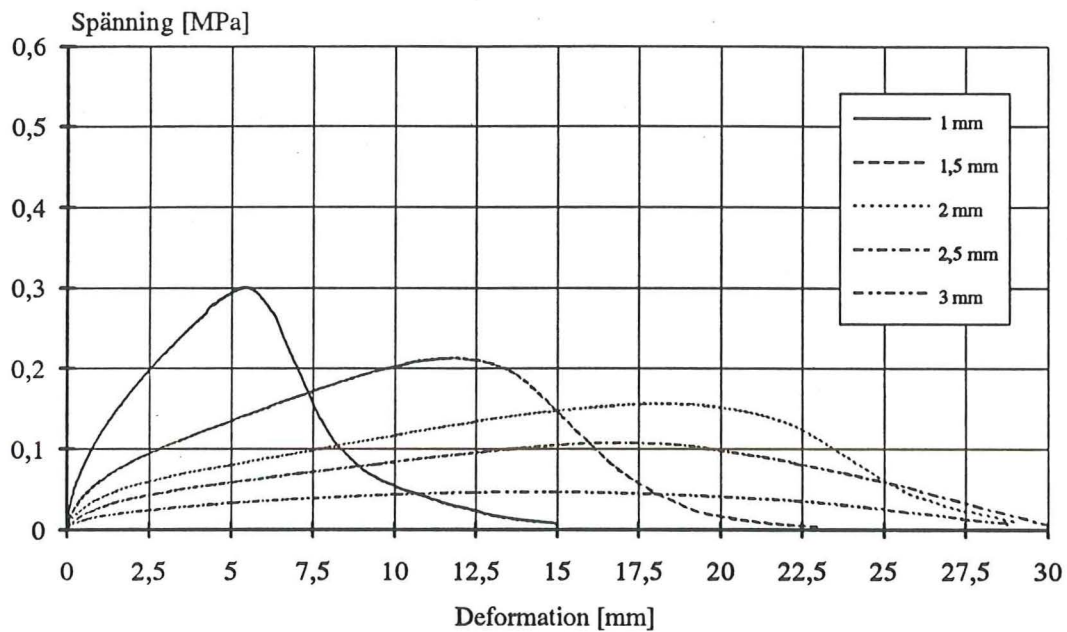


1.1.b. Total deformation för två serier. Spikningsplåtarna fixerade med 4 ankarspik.

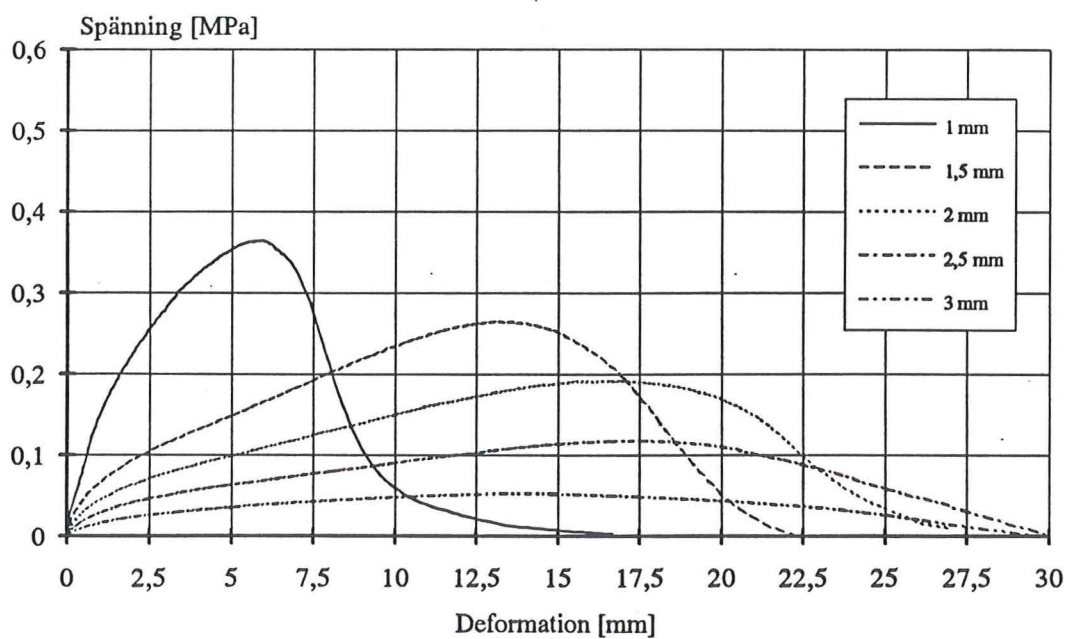


1.1.c. Total deformation för två serier. Spikningsplåtarna fixerade med 6 ankarspik.

## BILAGA 1.2 FÖRFÖRSÖK / LIMTJOCKLEKSPROVNING

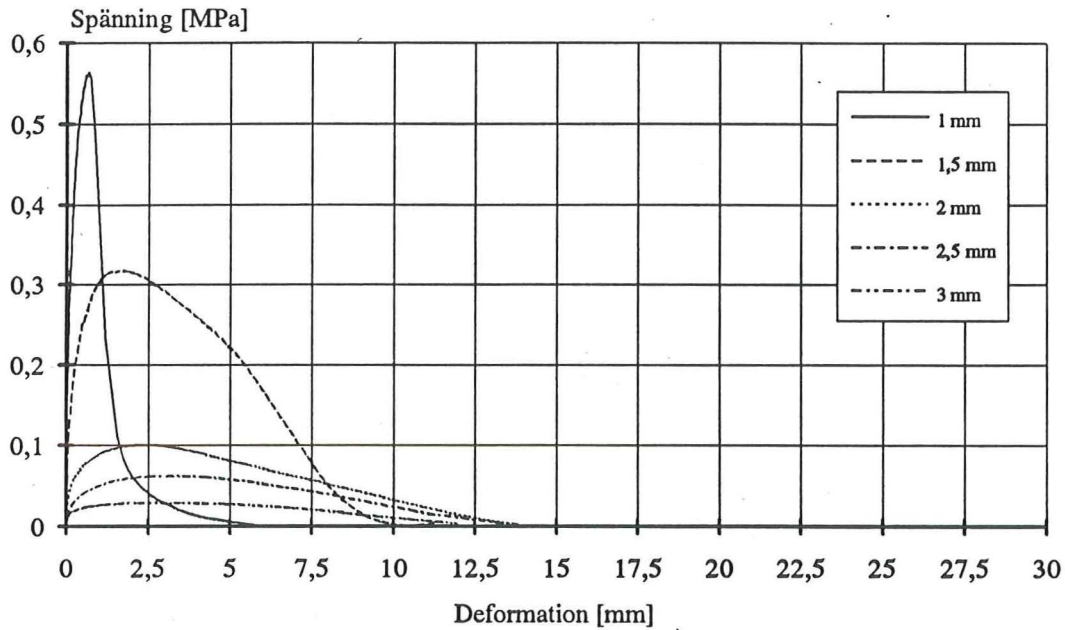


1.2a Casco 8207 med härdtid på 48 timmar och distansplåtar kvar under härdtiden.  
(Serie ett)

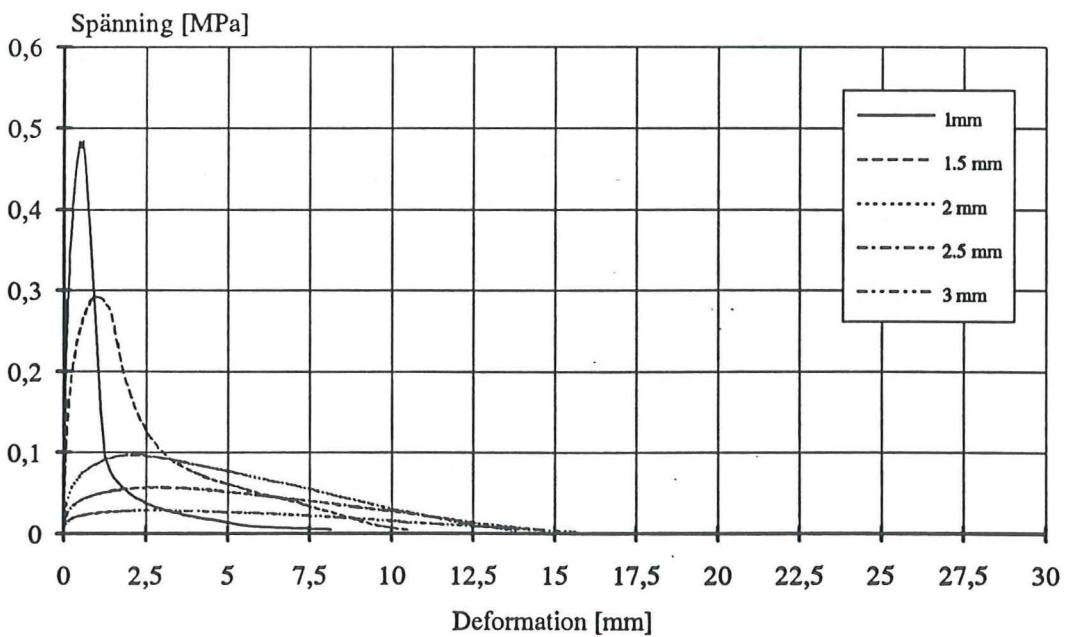


1.2b Casco 8207 med härdtid på 48 timmar och distansplåtar kvar under härdtiden.  
(Serie två)

## BILAGA 1.2 FÖRFÖRSÖK / LIMTJOCKLEKSPROVNING

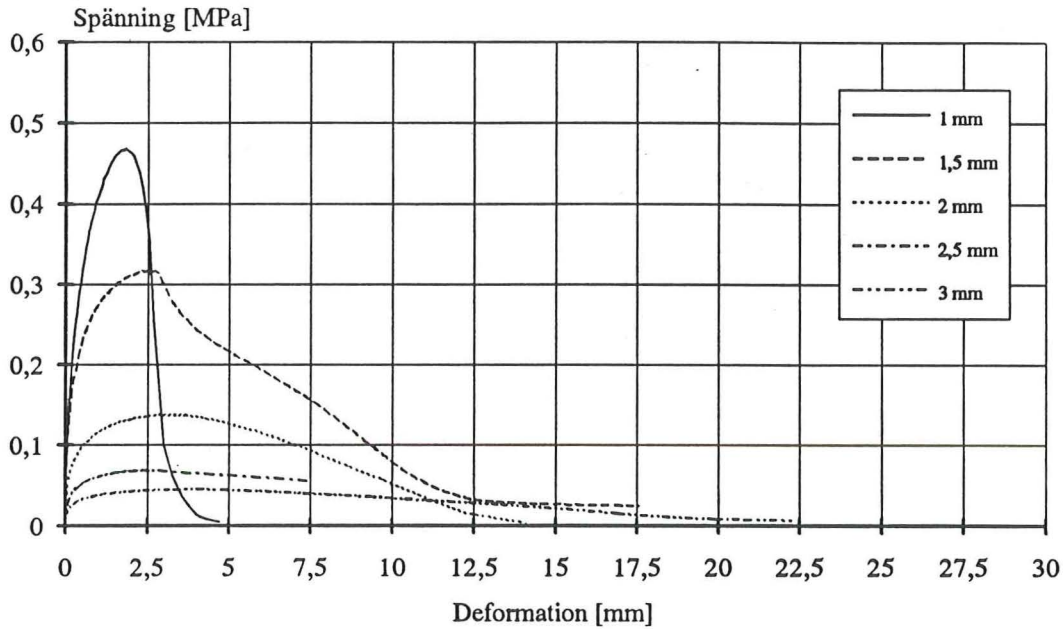


1.2c Bison montagekit med härdtid på 24 timmar och distansplåtar kvar under härdtiden. (Serie ett)

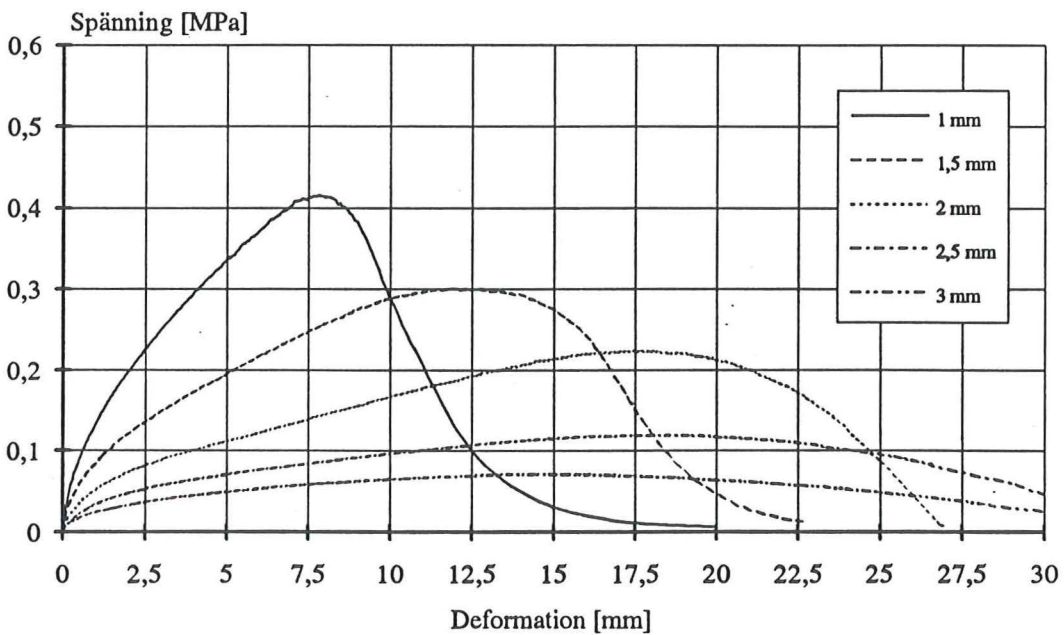


1.2d Bison montagekit med härdtid på 24 timmar och distansplåtar kvar under härdtiden. (Serie två)

## BILAGA 1.2 FÖRFÖRSÖK / LIMTJOCKLEKSPROVNING



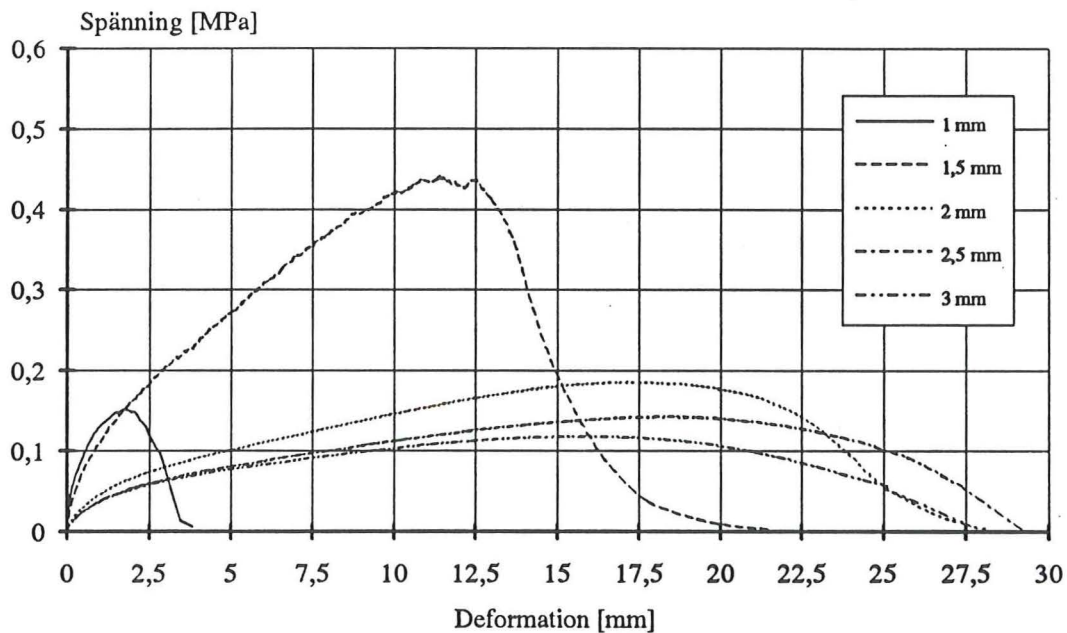
1.2e Bison montagekit med utdragna distansplåtar och en härdtid på 24 timmar.  
(Fullständig mätdata för 2,5 mm limfogen saknas.)



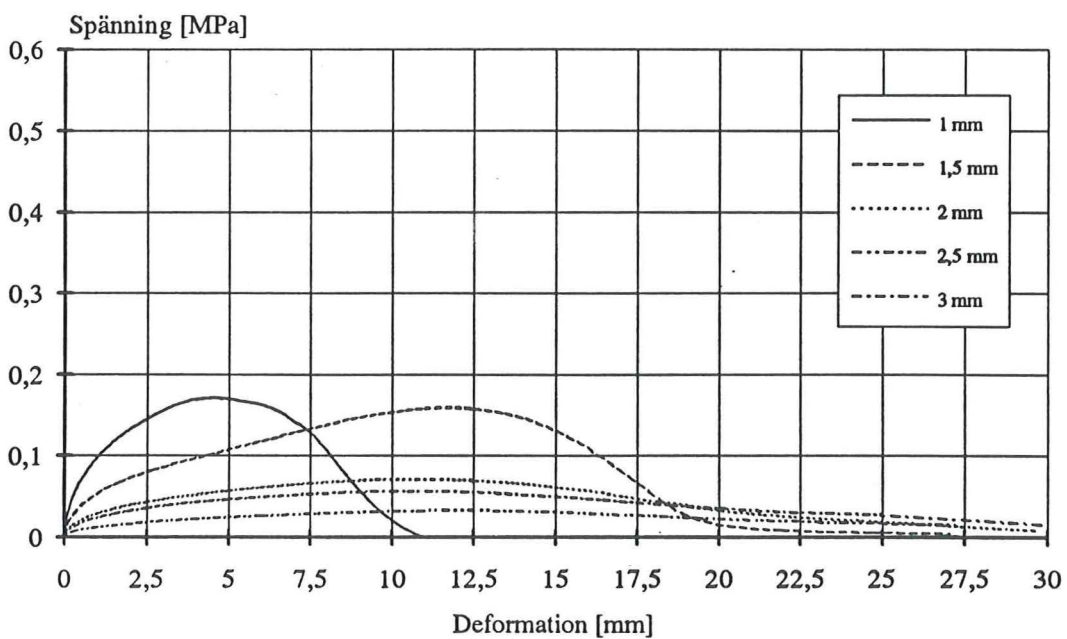
1.2f Casco 8207 med utdragna distansplåtar och en härdtid på 48 timmar. Den öppna väntetiden är 15 min.



## BILAGA 1.2 FÖRFÖRSÖK / LIMTJOCKLEKSPROVNING



1.2g Casco 8207 med öppen väntetid på 15 minuter och härftid på 48 timmar. Skrapan användes och distansplåtarna var borttagna under härftperioden.

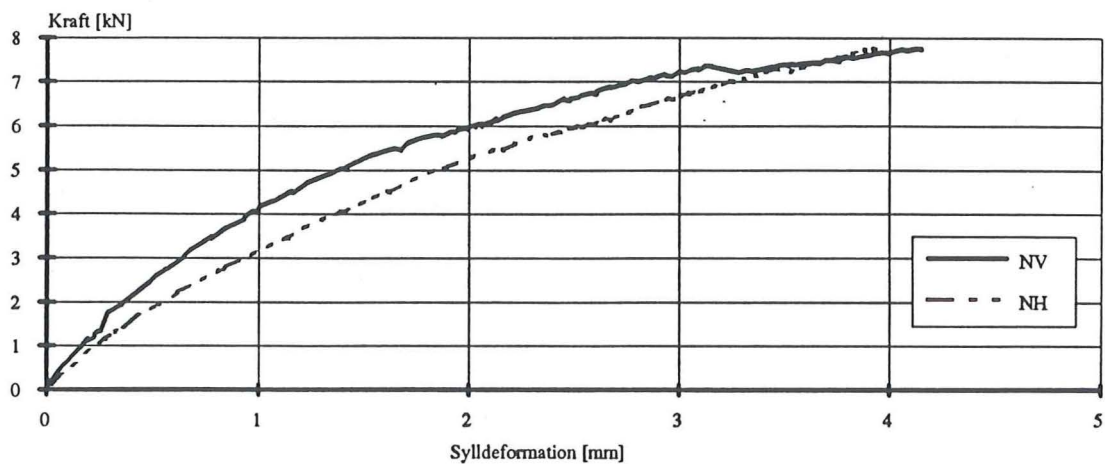
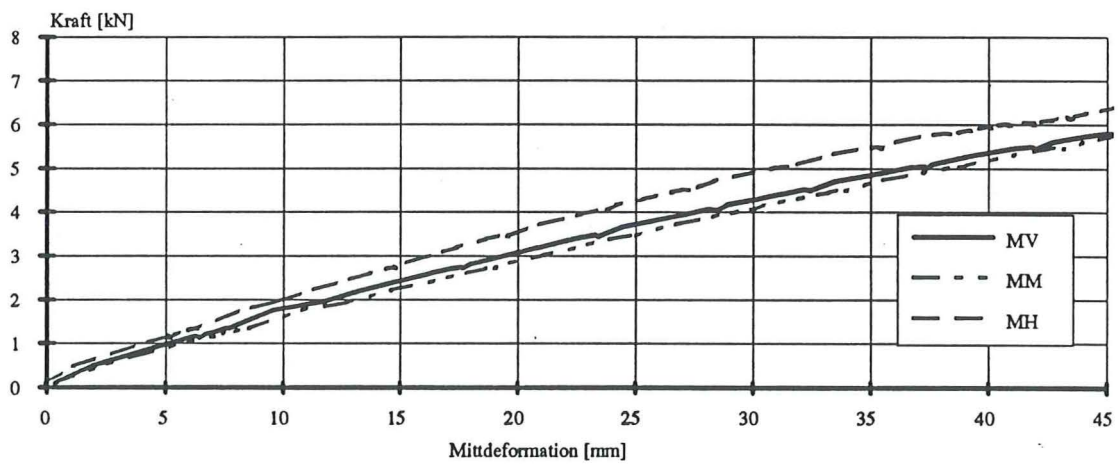
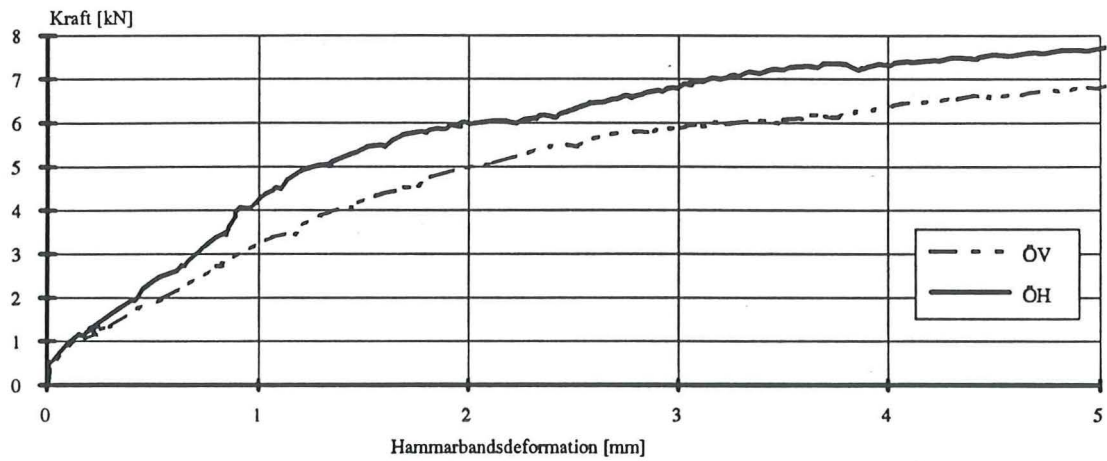


1.2h Casco 8207 med öppen väntetid på 15 minuter och härftid på 24 timmar. Skrapan användes och distansplåtarna var borttagna under härftperioden.

# BILAGA 2.1 FULLSKALEFÖRSÖK

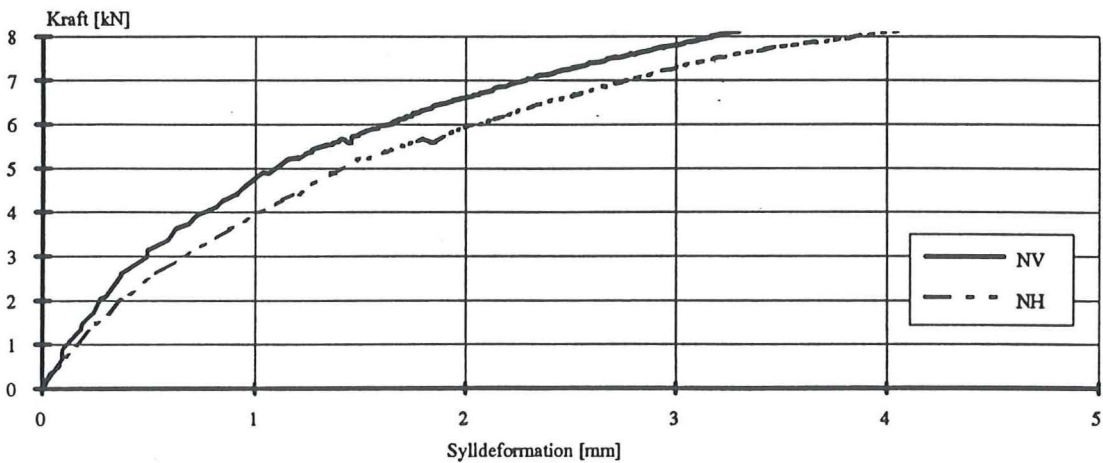
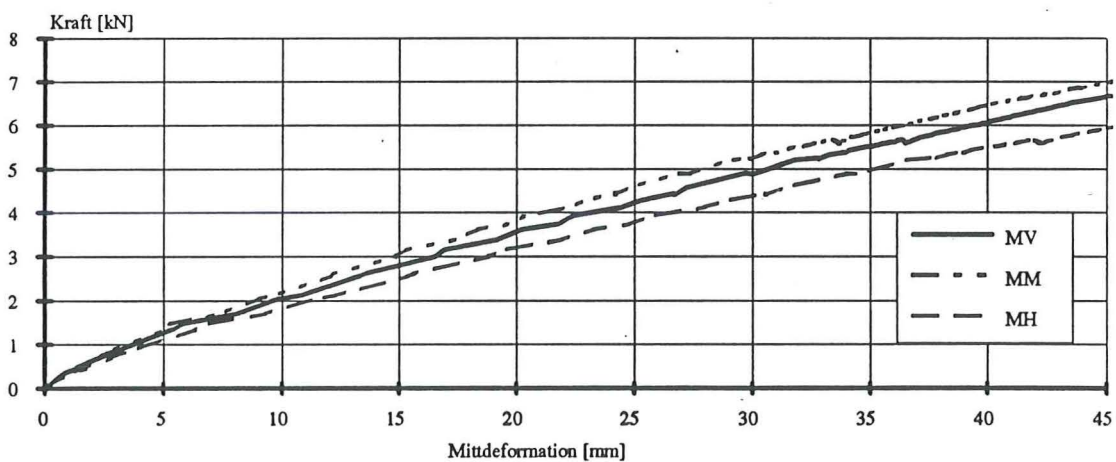
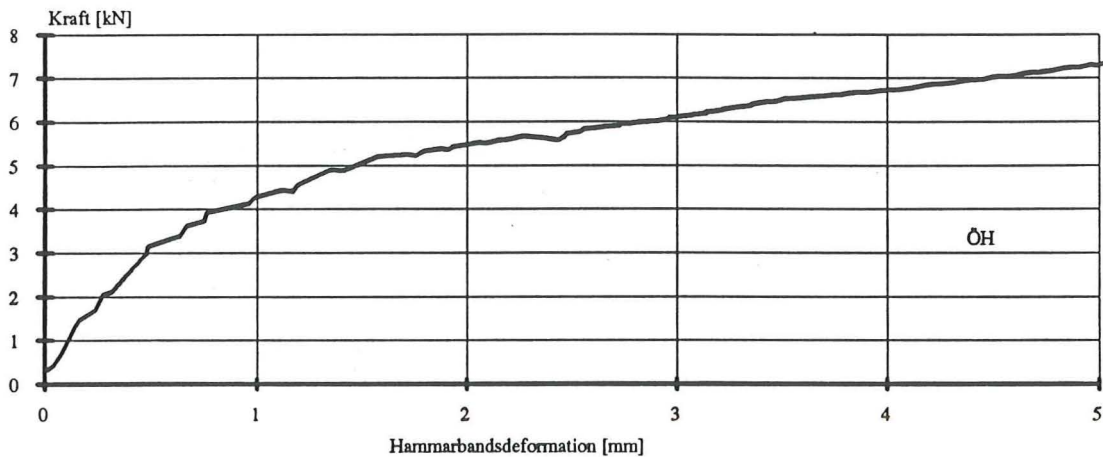
Referenser till förkortningarna, se fig 14

## 2.1a SKRÅSPIKAD TRÄREGELREFERENSVÄGG. (prov 1)



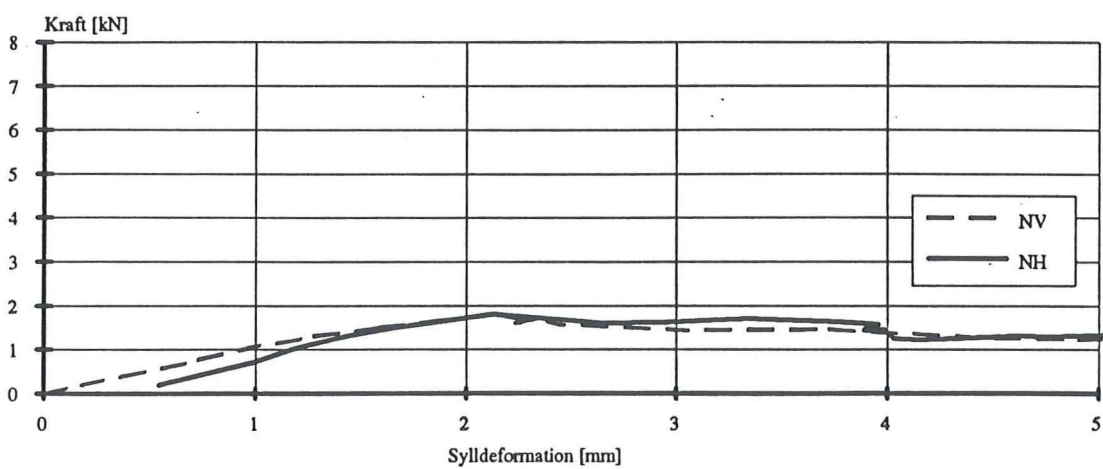
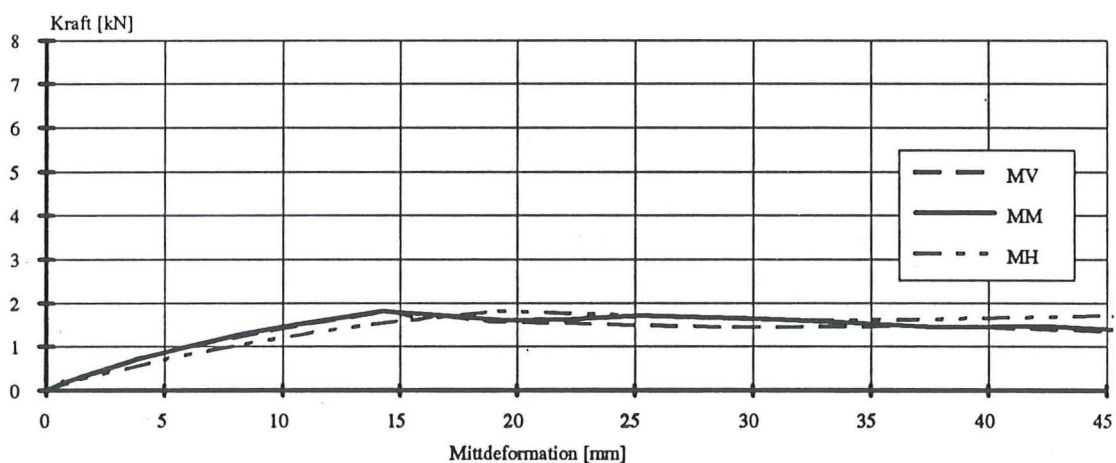
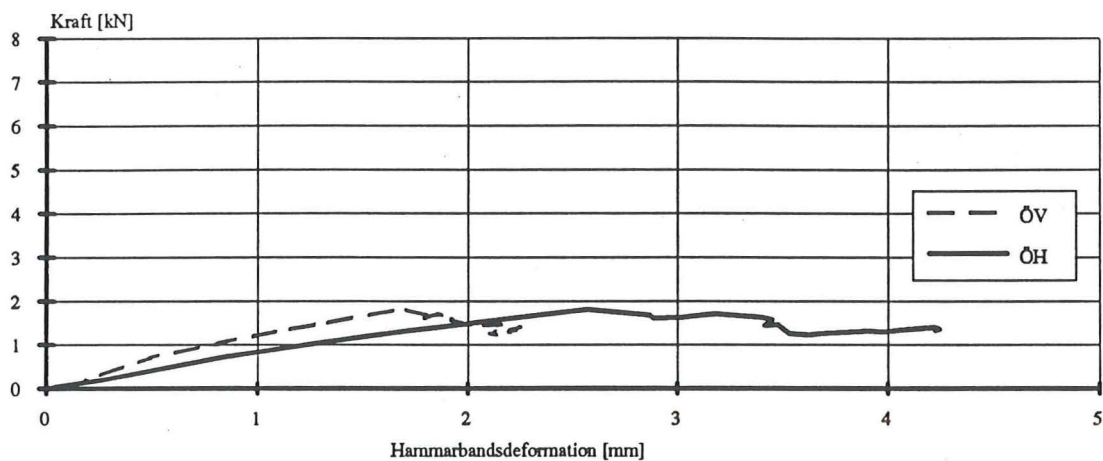
# BILAGA 2.1 FULLSKALEFÖRSÖK

## 2.1b SKRÅSPIKAD TRÄREGELREFERENSVÄGG. (prov 2)



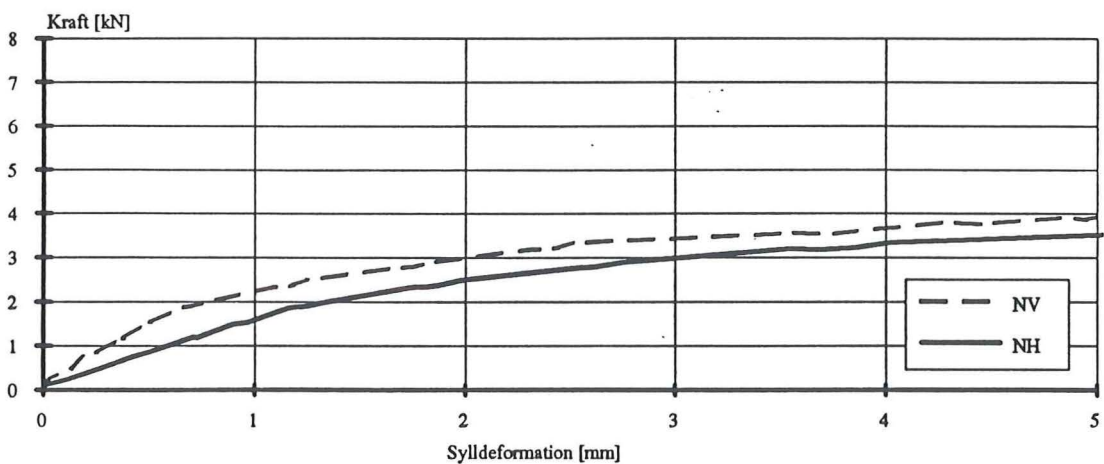
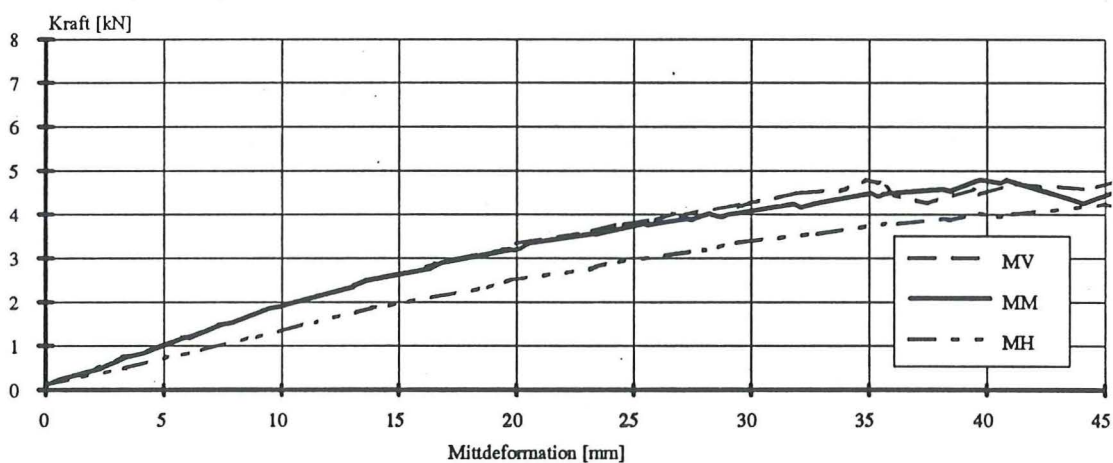
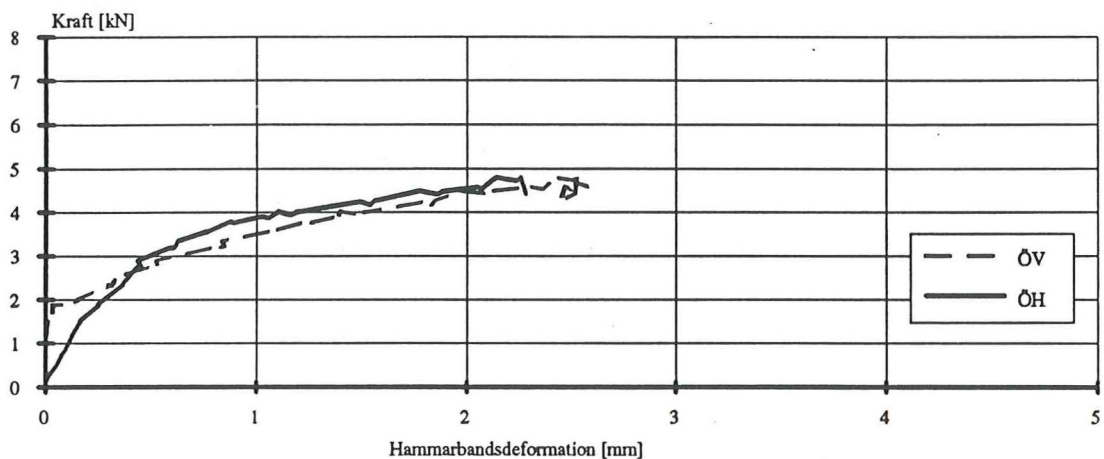
# BILAGA 2.1 FULLSKALEFÖRSÖK

## 2.1c STÅLREGELREFERENSVÄGG. (skruvad gips)



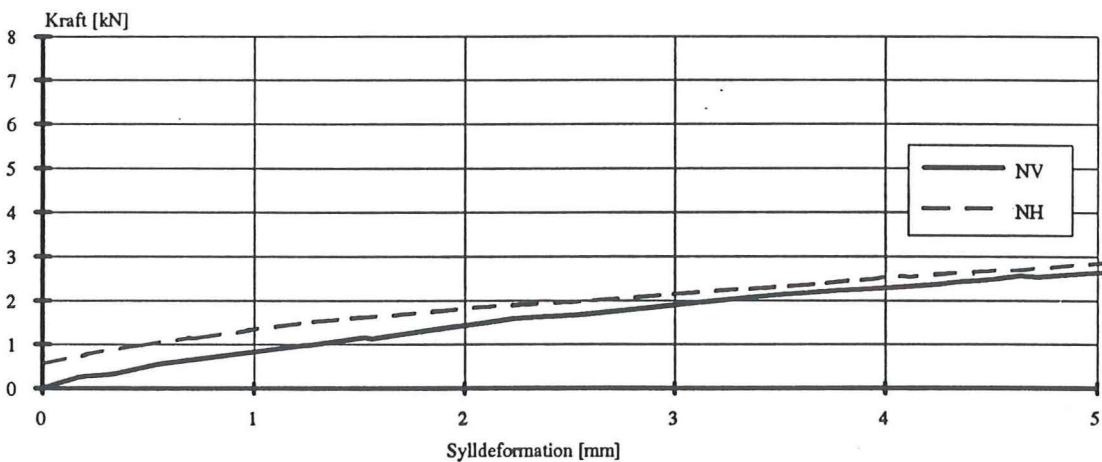
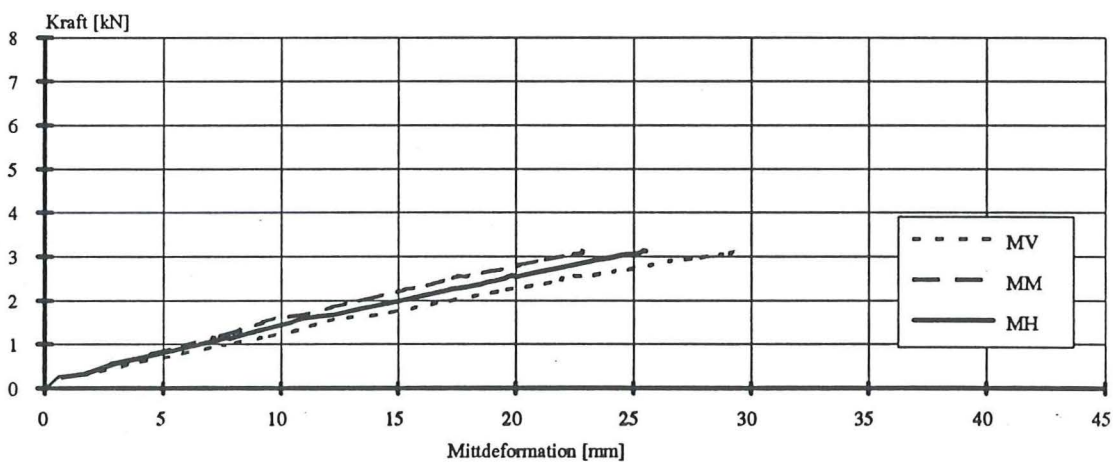
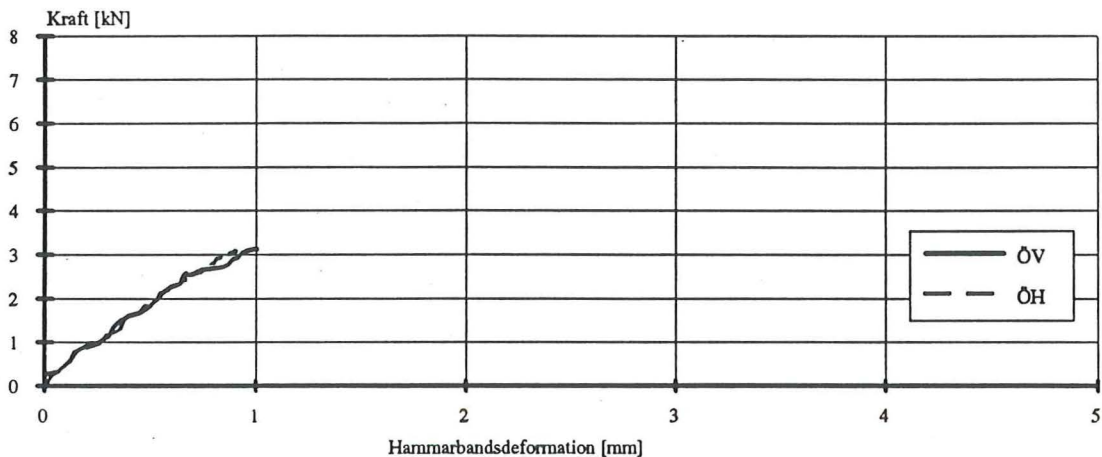
# BILAGA 2.1 FULLSKALEFÖRSÖK

## 2.1d SYSTEM 1. (Stålpatta, dubb 5 mm)



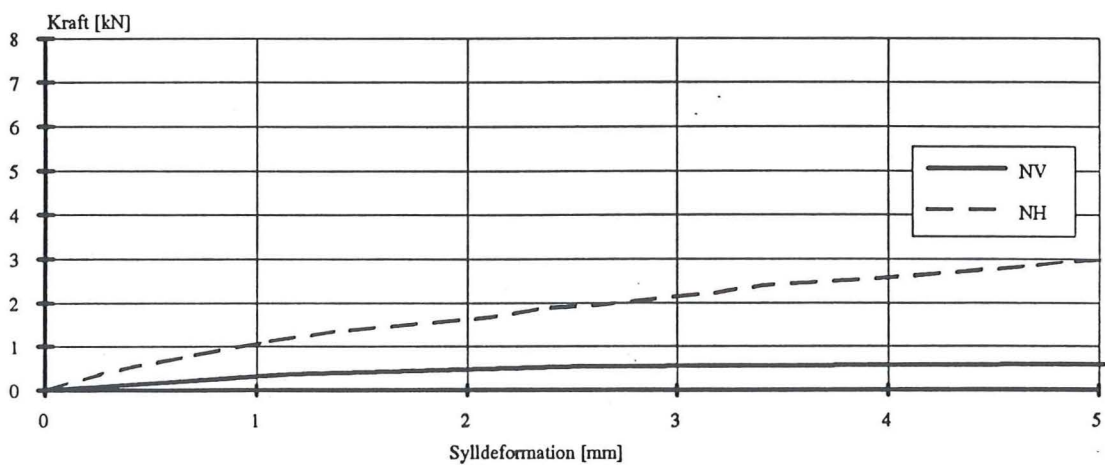
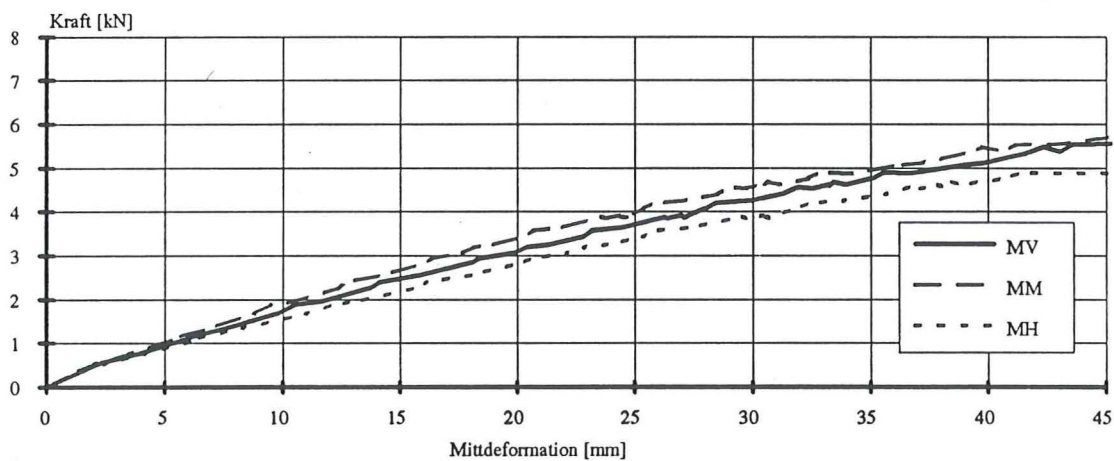
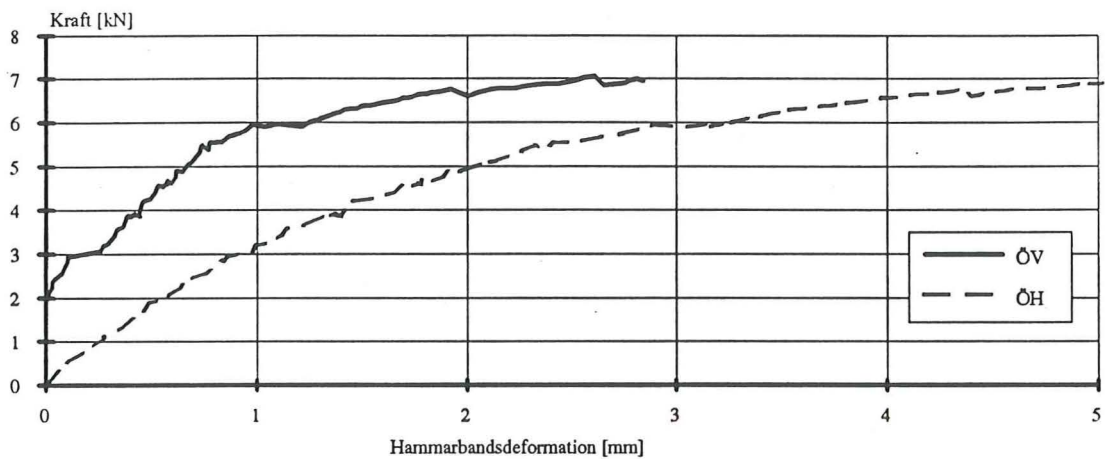
# BILAGA 2.1 FULLSKALEFÖRSÖK

## 2.1e SYSTEM 2. (ISO-hammarband, dubb 6 mm)



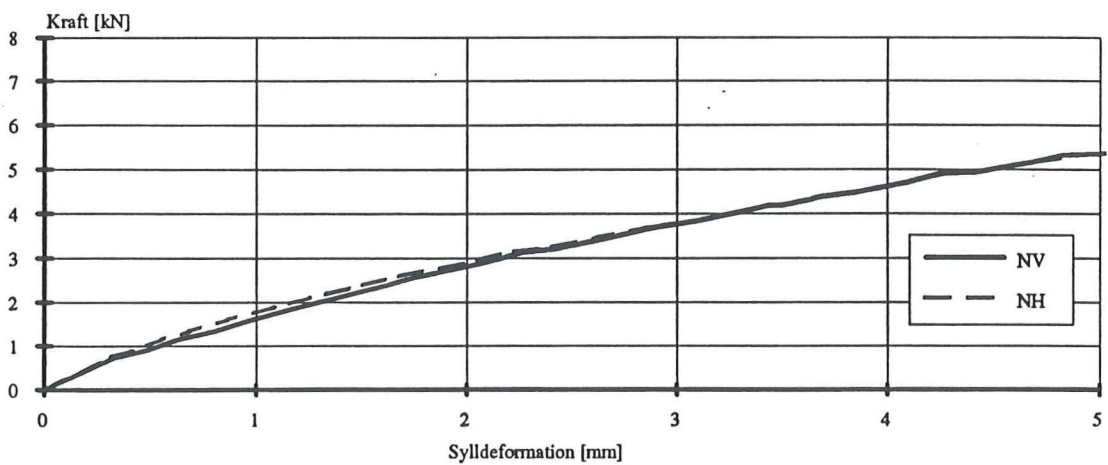
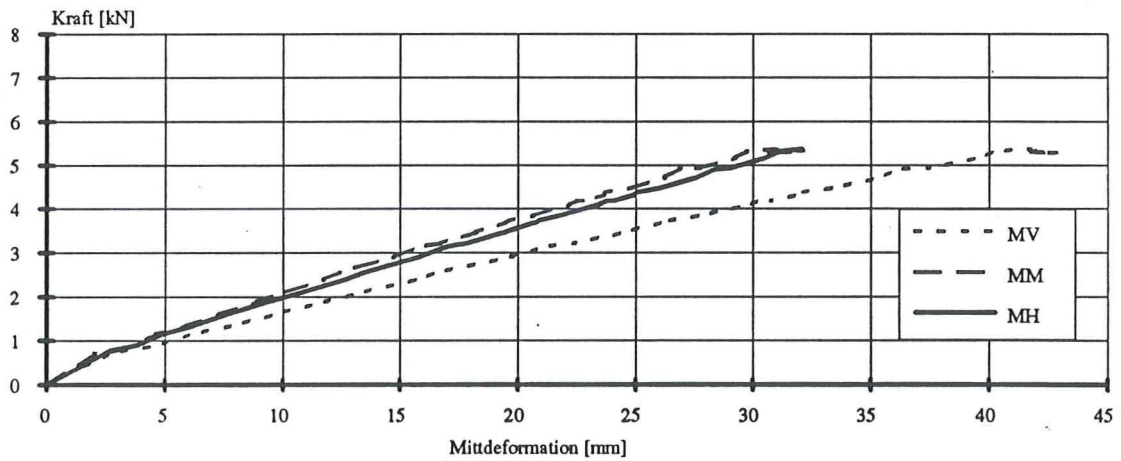
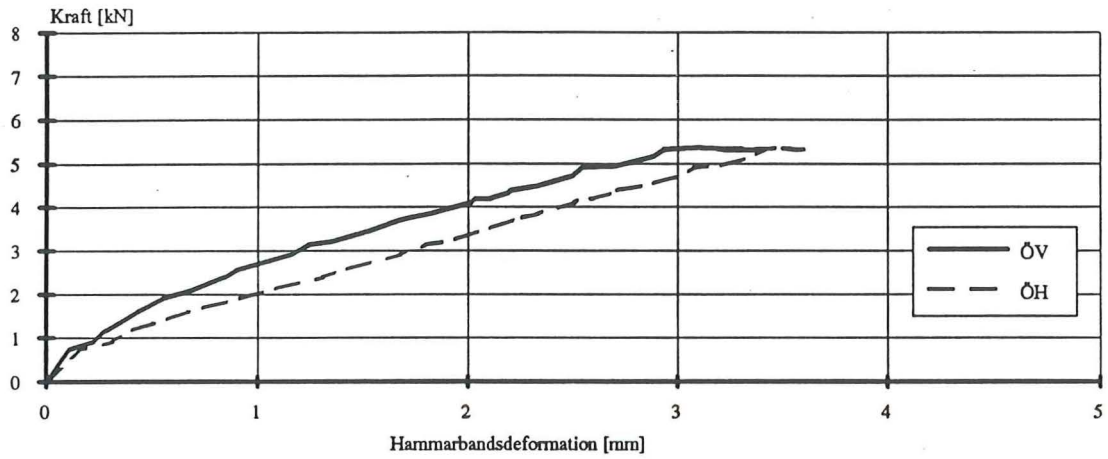
# BILAGA 2.1 FULLSKALEFÖRSÖK

## 2.1f SYSTEM 3. (stålplatta, vinkelbeslag)



# BILAGA 2.1 FULLSKALEFÖRSÖK

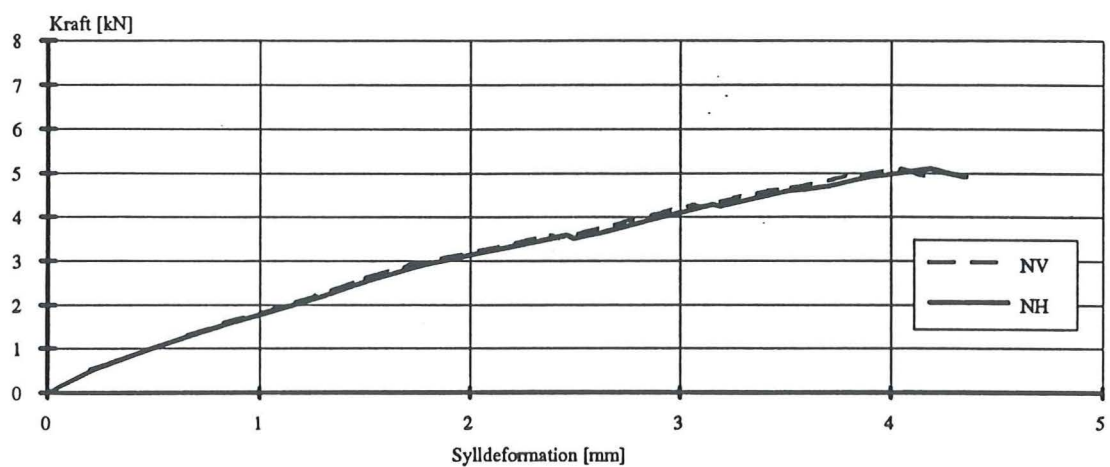
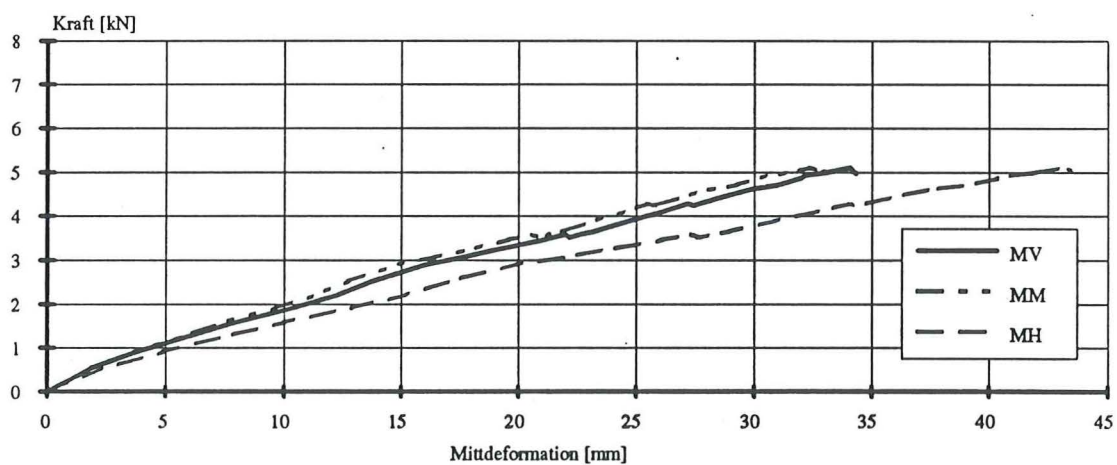
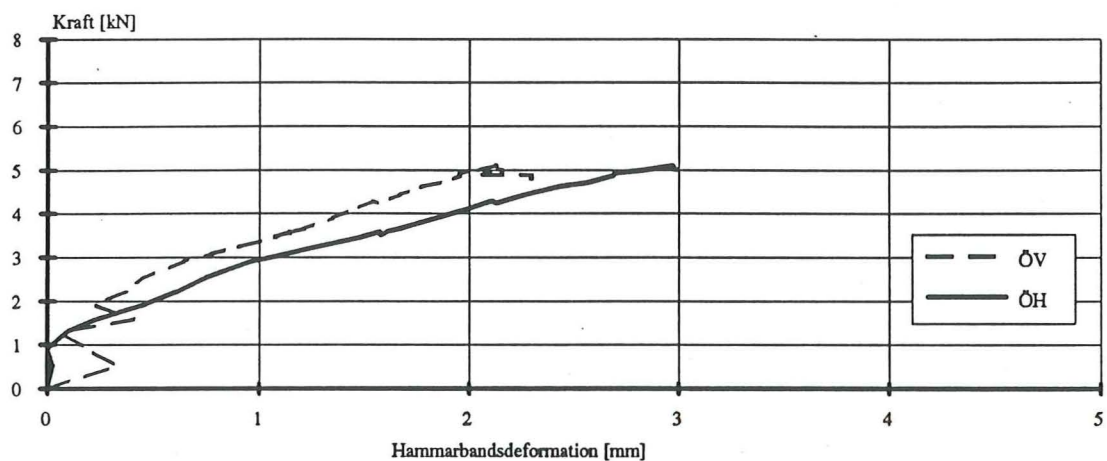
## 2.1g UTVECKLING AV SYSTEM 1. (stålplatta, dubb 8 mm)





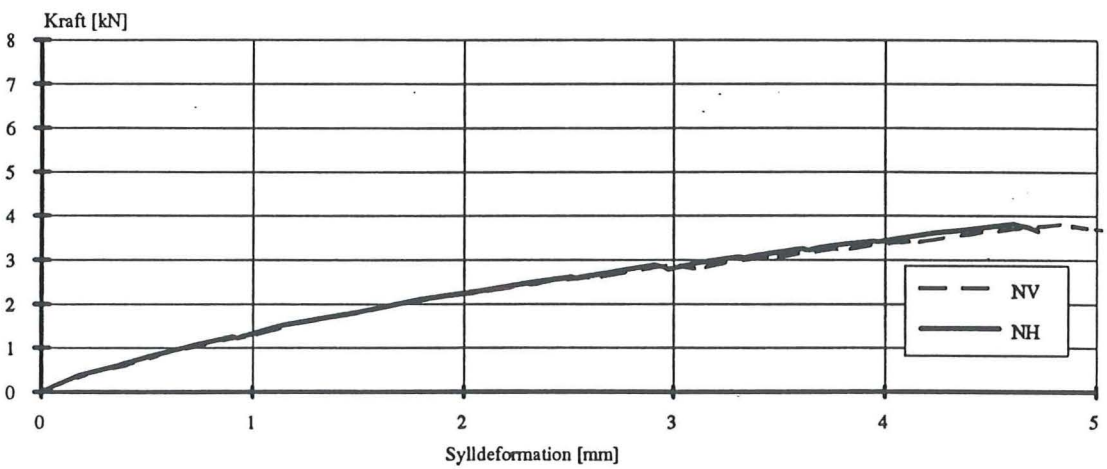
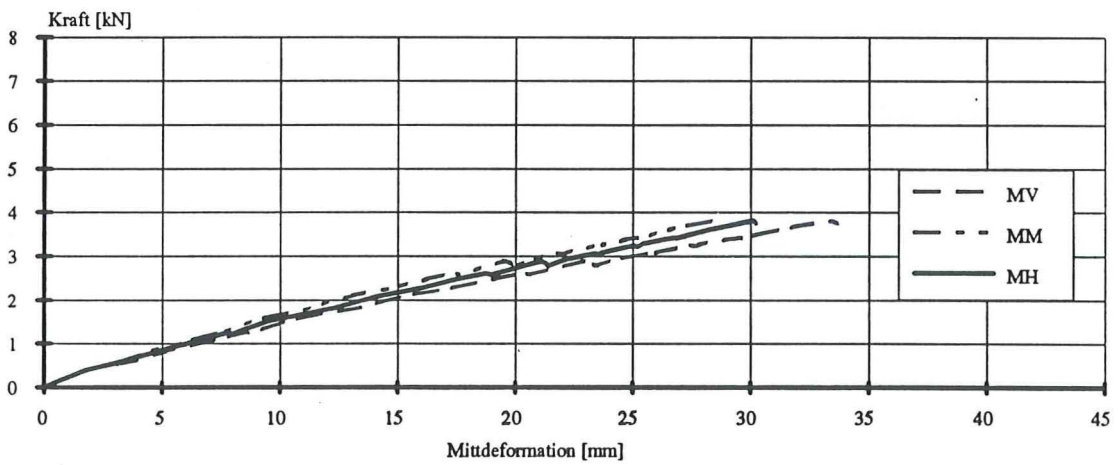
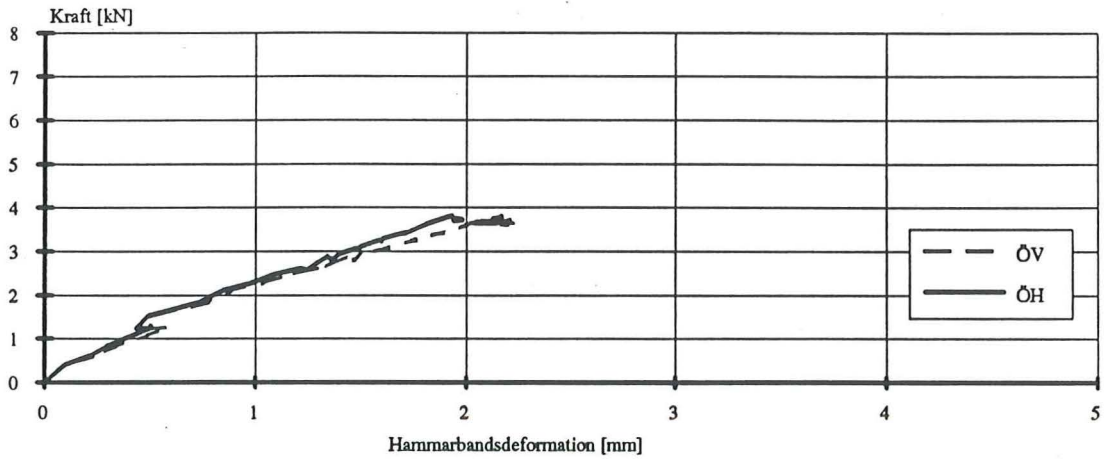
# BILAGA 2.2 FULLSKALEFÖRSÖK

## 2.2a PROVLIMNING 1. (Casco 8207 på raka regler)



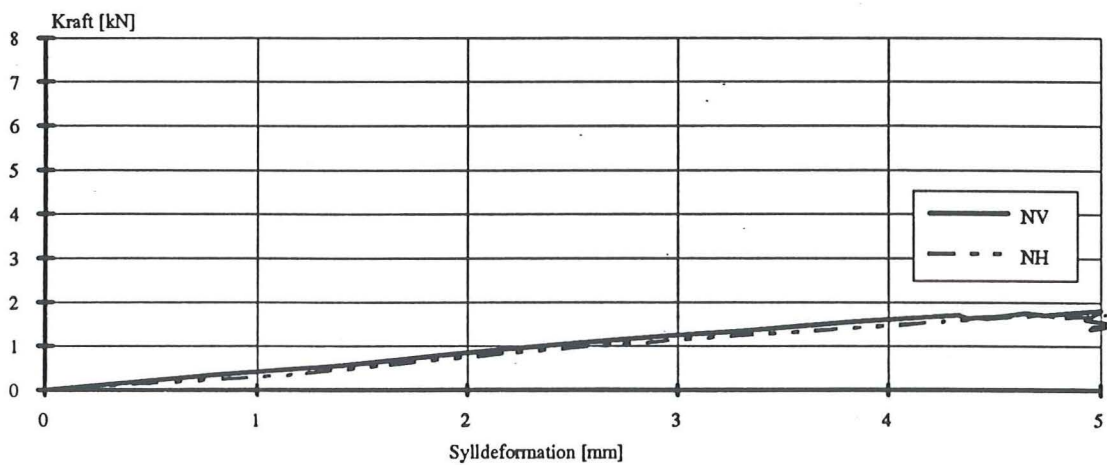
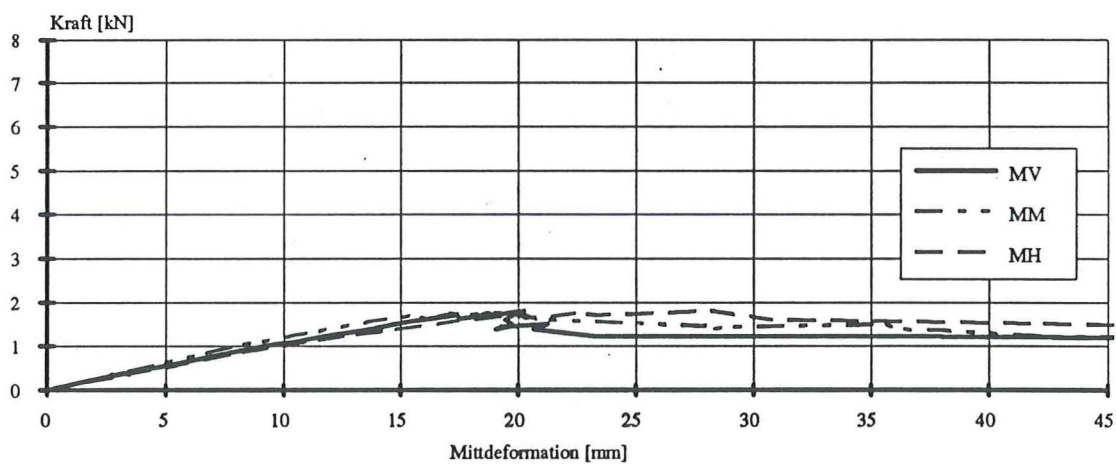
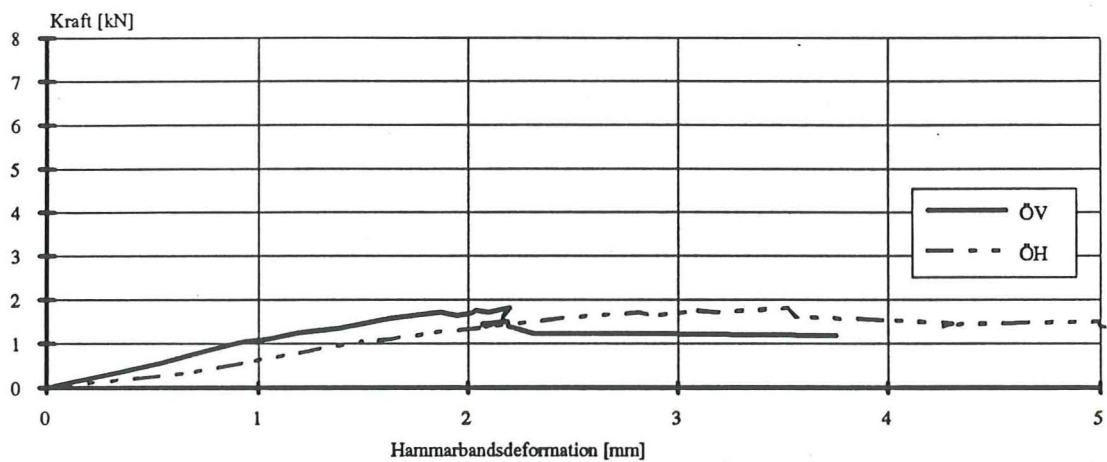
# BILAGA 2.2 FULLSKALEFÖRSÖK

## 2.2b PROVLIMNING 2. (Casco 8207 på skeva reglar)



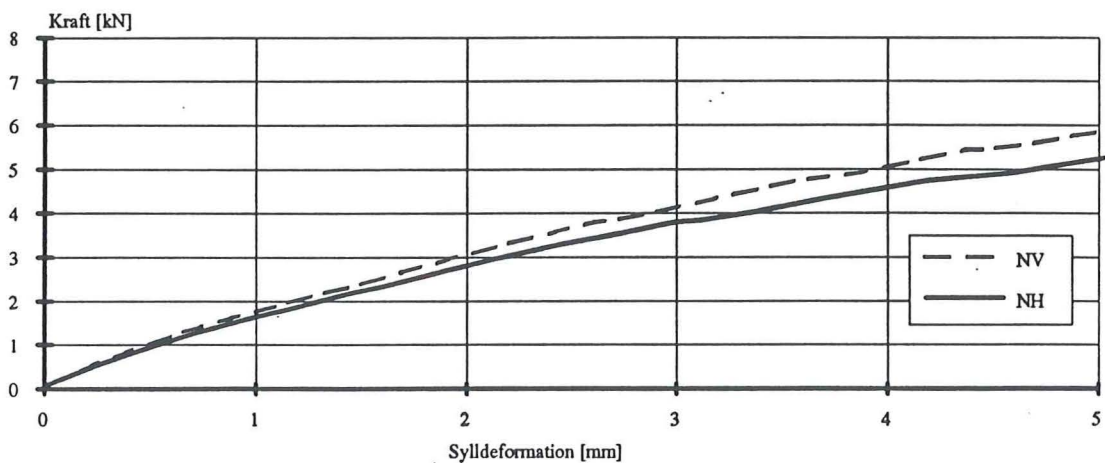
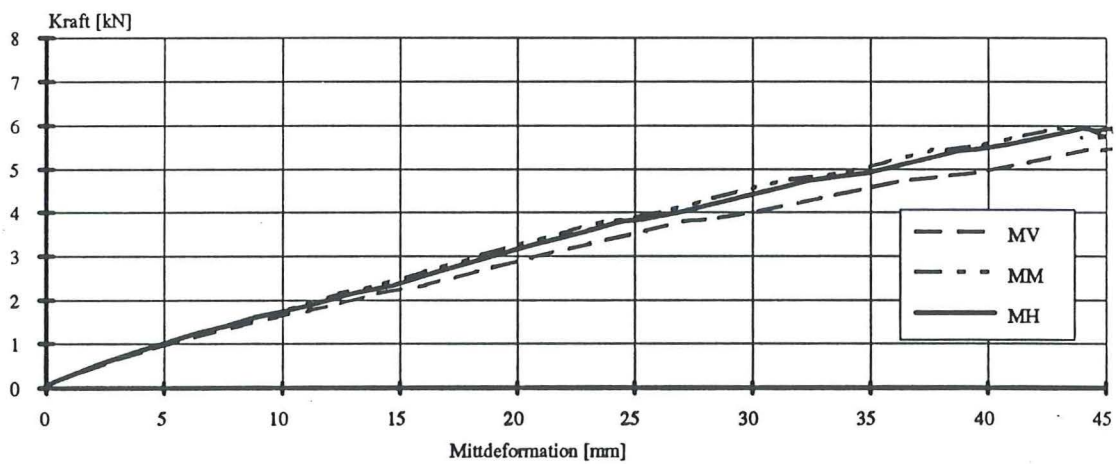
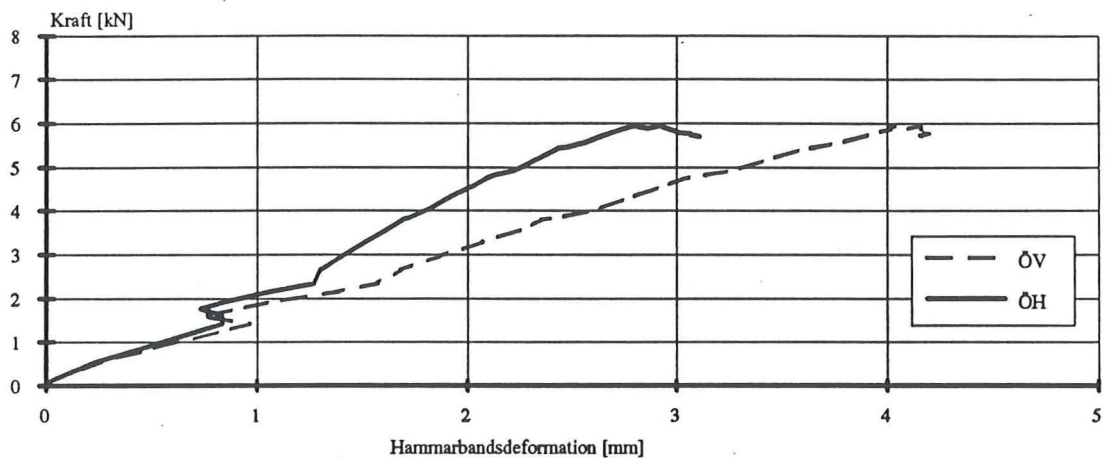
## BILAGA 2.2 FULLSKALEFÖRSÖK

### 2.2c REFERENS TILL LIMNING. (Casco 8207 på stålreglar)



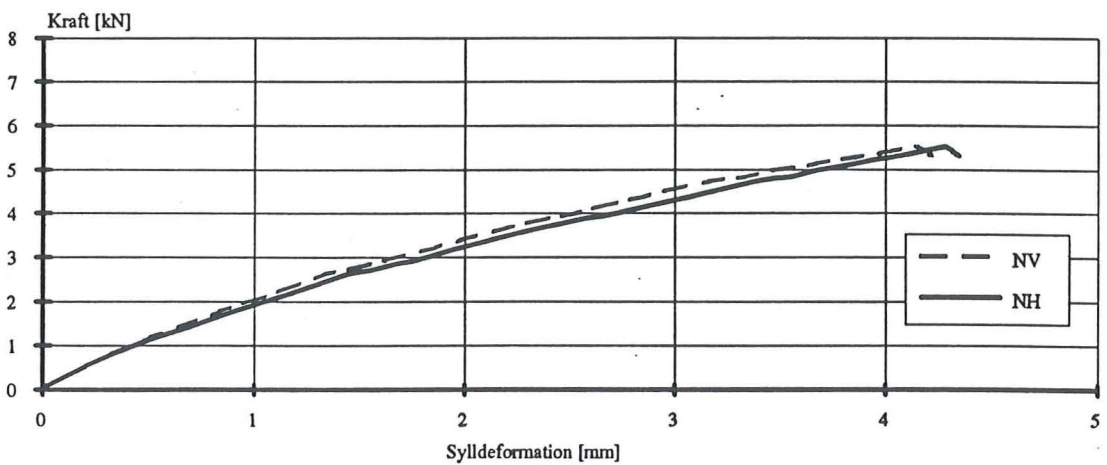
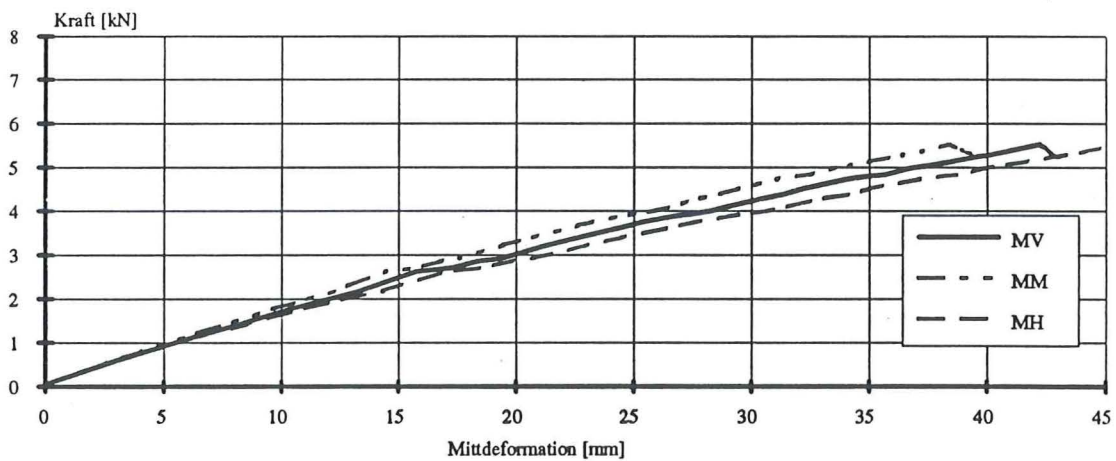
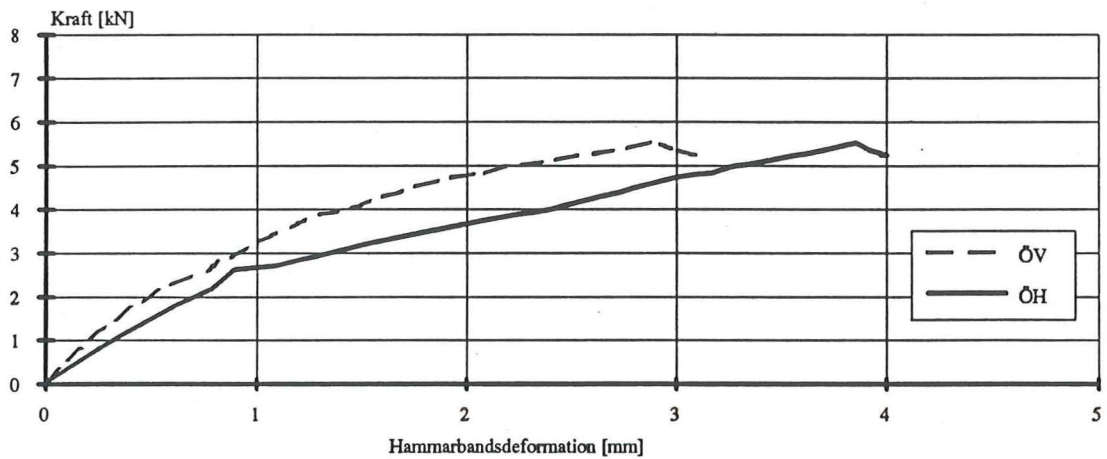
## BILAGA 2.2 FULLSKALEFÖRSÖK

### 2.2d CASCO 8207 PÅ RAKA REGLAR.



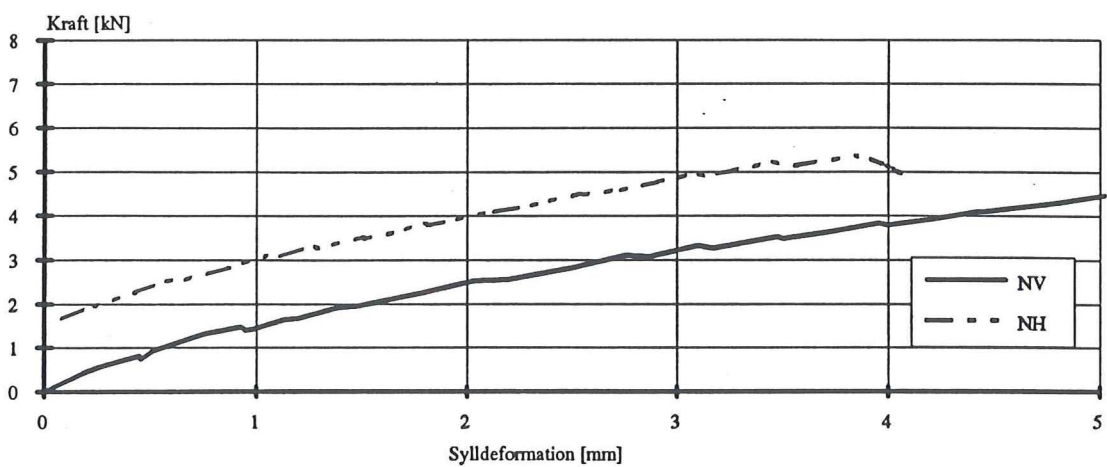
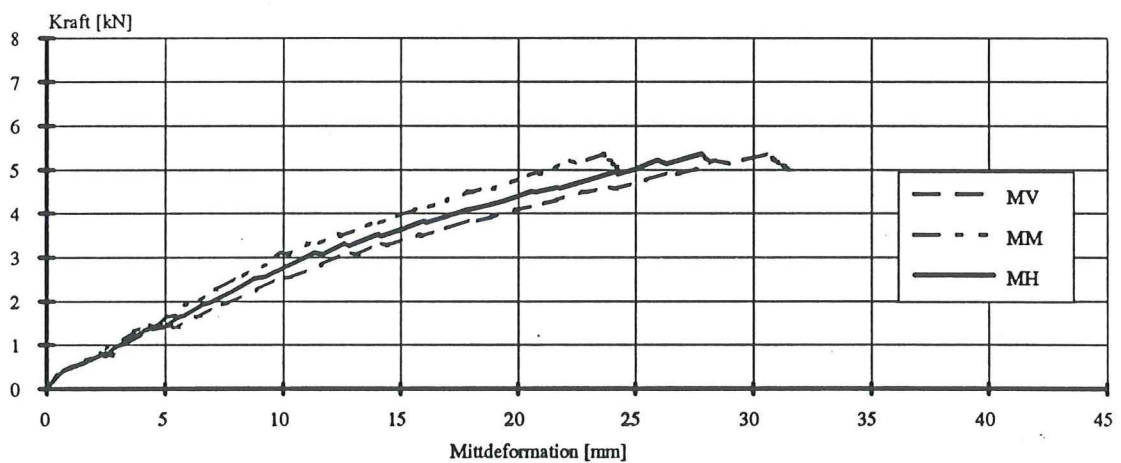
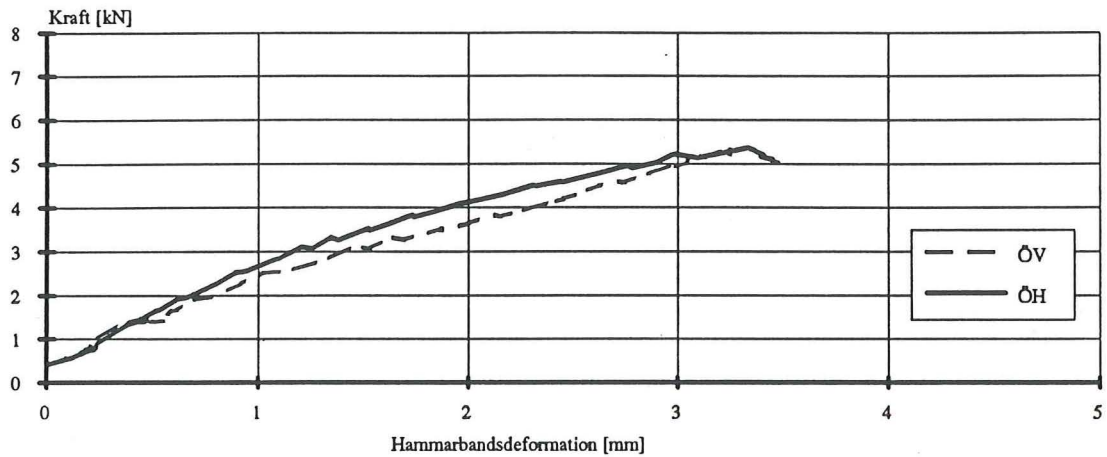
# BILAGA 2.2 FULLSKALEFÖRSÖK

## 2.2e CASCO 8207 PÅ SKEVA REGLAR.



# BILAGA 2.2 FULLSKALEFÖRSÖK

## 2.2f BISON MONTAGEKIT PÅ RAKA REGLAR.



# BILAGA 2.2 FULLSKALEFÖRSÖK

## 2.2g BISON MONTAGEKIT PÅ SKEVA REGLAR.

