



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Åldring av plast- och gummi- material i byggtillämpningar

EPD-gummilister för fogtätning

Arne Holmström
Karin Eriksson

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	Ser

R
And

R191:1984

ÅLDRING AV PLAST- OCH GUMMIMATERIAL I
BYGGTILLÄMPNINGAR

EPD-gummilister för fogtätning

Arne Holmström
Karin Eriksson

Denna rapport hänföer sig till forskningsanslag
790143-8 från Statens råd för byggnadsforskning
till Statens provningsanstalt, Borås

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

R191:1984

ISBN 91-540-4289-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

FÖRORD	6
FÖRKORTNINGAR OCH BENÄMNINGAR FÖR POLYMERA MATERIAL	8
SAMMANFATTNING	9
1 BAKGRUND	11
2 AVSIKT MED PROJEKTET	15
3 STRATEGI FÖR PROBLEMLÖSNING	16
4 ERHÅLLNA NATURLIGT ÅLDRADE PoG-PRODUKTER	18
5 METOD	20
5.1 Framtagande av väldefinierade tätnings- lister	20
5.1.1 Lister tillverkade hos Rydaholms Gummifabrik AB	21
5.1.2 Lister tillverkade hos Trelleborg AB . .	22
5.2 Provhuset	25
5.2.1 Konstruktion	26
5.2.2 Montering	34
5.2.3 Uppmätning av fogbredder	34
5.3 Accelererad åldring	34
5.3.1 Bakgrund	34
5.3.2 Belastningsfall	36
5.3.3 Förförsök	37
5.3.4 Åldringsbetingelser	39
5.3.5 Provningsförfarande	39
5.4 Laboratorieåldring av slagseghets- tillsatser	41
6 UTVÄRDERINGSMETODIK	43
6.1 Tätningslister för fogar mellan element och mellan karm och väggregel (KSB-lister)	43
6.1.1 Metodbeskrivning för styvhetsmätning av tätningslist	44
6.2 Lister för tätning vid syll och hammar- band (HS-lister)	45
6.3 När tätar listen?	45
6.4 Kemiska karaktäriseringsmetoder	46
6.5 Övriga utvärderingsmetoder	46
6.5.1 Svällningsförsök	46
6.5.2 Relaxationsmätning	47
7 RESULTAT	48
7.1 Provhus	48
7.2 Lister som suttit i provhuset	54
7.3 Laboratorieåldrade prov	57
7.3.1 KSB-lister	57
7.3.2 Laboratorieåldring av HS-lister	59
7.4 Kemiska karaktäriseringsmetoder	59
7.5 Övriga utvärderingsmetoder	60
7.5.1 Svällningsförsök	60
7.5.2 Relaxationsmätning	61
7.6 Slagseghetstillsatser för PVC	61

8	DISKUSSION	62
8.1	Erfarenheter från insamlade produkter . .	62
8.2	Provhuset	63
8.2.1	KSB-lister	64
8.2.2	HS-lister	65
8.3	Laboratorieåldring	65
8.3.1	Val av åldringsmetodik	65
8.3.2	Utvärderingsmetodik för KSB-lister . . .	67
8.3.2.1	Täthetskravet	67
8.3.2.2	Återhämtning	68
8.3.2.3	Springbreddsökning	69
8.3.3	Utvärdering av HS-lister	69
8.3.4	Resultat	70
8.3.4.1	HS-lister	70
8.3.4.2	KSB-lister	70
8.3.5	Accelerationsfaktorer	74
8.4	Åldring vid förhöjd temperatur kontra användningstemperatur	76
9	STANDARDISERING - VAD KRÄVS?	86
	REFERENSER	88
BILAGA 1	Förteckning över erhållna plast- och gummi produkter	91
BILAGA 2	Provningsresultat för naturligt åldrade PVC-rör	97
BILAGA 3	Provningsresultat för naturligt åldrade PVC-lister	105
BILAGA 4	Recepturer för EPDM- och CR-gummibland- ningar	107
BILAGA 5	Tillverkningsprocedur - tätningslistor	113
BILAGA 6	Provhuset	117
BILAGA 7	Foton från provhusmontaget	133
BILAGA 8	Förförsök	137
BILAGA 9	Bestämning av luftläckning	143
BILAGA 10	Kemisk analys av tätningslistor	151
BILAGA 11	Springbreddsförändringar i provhuset .	163
BILAGA 12	Styvhetskurvor för 1 år gamla KSB- listor	191
BILAGA 13	Styvhetskurvor för 2,5 år gamla KSB- listor	199
BILAGA 14	Listbredd för 1 och 2,5 år gamla T- listor	207
BILAGA 15	Provningsresultat för 1 år gamla HS- listor	209

BILAGA 16	Styvhetsskurvor för laboratorieåldrade KSB-lister	213
BILAGA 17	Listbredd för laboratorieåldrade T-lister	231
BILAGA 18	Relaxationsmätningar	235
BILAGA 19	Provningsresultat för slagseghetstill- satser	237
BILAGA 20	Jämförelse mellan förändringar efter 1 år i provhus och efter laboratorie- åldring som är avsedd motsvara 1 års verklig åldring	245
BILAGA 21	Sättningsförändringar vid laboratorie- åldring av tätningsslistor. Resultat från Rydaholms Gummifabrik AB	249

FÖRORD

Undersökningen har utförts vid Polymertekniska laboratoriet vid Statens provningsanstalt i Borås och samfinansierats av Statens råd för byggnadsforskning och provningsanstalten.

Först och främst vill vi rikta ett stort tack till referensgruppen för projektet (Sergius Blomqvist, Arne Elmroth, Sten Flodin, Bo Jedler, Paul Lindroth, Hans Palmgren och Jan Sandelin). Utan deras engagerade intresse för beständighetsproblematiken hade arbetet inte kunnat genomföras.

En kritisk punkt i arbetet var möjligheten att få tillgång till väldefinierade tätningslistor. Genom tillmötesgående från Rydaholms Gummifabrik AB och Trelleborg AB löstes emellertid denna fråga.

Vi vill även tacka Rydaholm, Trelleborg och Värnamo Gummifabrik AB för att de frikostigt ställt kommersiella produkter till vårt förfogande.

Vid planeringen av provhuset har ett flertal av våra kollegor inom provningsanstaltens laboratorier för byggnadsteknik och byggnadsfysik varit till ovärderlig hjälp. Ett speciellt tack riktas till Roger Qvist som både konstruerat provhuset och svarat för dess uppförande. Vi tackar också Björne Jarlengrip och Bengt Svensson för engagerat arbete vid både monterings- och demonteringsarbetet.

Vi vill också varmt tacka Roland Andersson, Rydaholm för att vi fått tillgång till opublicerade interrapporter samt Hans Palmgren för hans ingående granskning av rapporten och de värdefulla kommentarerna.

I undersökningens initialskede var insamlandet av naturligt åldrade plast- och gummimaterial ett viktigt moment. Vi vill tacka alla som ställt upp med sådant material. Ett speciellt tack riktas till Lars Ranäng och Evert Bengtsson, Göteborgs Stads Bostads AB för visat tillmötesgående.

Tor Corneliussen, KemaNord, har verksamt bidragit till undersökningen av styva PVC-lister och slagseghets-tillsatser vilket varit oss till stor hjälp.

Slutligen vill vi tacka Margareta Lindgren för figurritning och Kerstin Liedquist för manuskriptframställning.

FÖRKORTNINGAR OCH BENÄMNINGAR FÖR POLYMERA MATERIAL

<u>Förkortning</u>	<u>Benämning</u>
ABS	ABS-plast
CR	Kloroprengummi
EPDM	Etenpropendiengummi
EVA	Etenvinylacetat sampolymer
PEHD	HD-polyeten
PELD	LD-polyeten
NBR	Nitrilgummi
NR	Naturgummi
PC	Polykarbonat
PE	Polyeten
PEX	Tvärbunden polyeten
PMMA	Polymetylmetakrylat
PP	Polypropen
PUR	Polyuretan
PVC	Polyvinylklorid

SAMMANFATTNING

Plast- och gummi-material (PoG-material) utnyttjas inom byggandet i ett flertal applikationer som är av avgörande betydelse för byggnadernas grundläggande funktioner. Sålunda baseras exempelvis ofta hela tätheten i en byggnad och stora delar av VVS- och elinstallationerna på material ur denna grupp.

Sådana produkter är normalt inbyggda i stommen varför underhåll eller utbyte inte kan genomföras till rimliga kostnader. En funktionsduglig tid i storleksordningen 50 år bör därför krävas. I allmänhet ställer man dock idag endast "nyskickskrav" på produkterna. Härigenom uppstår en betydande osäkerhet vad beträffar produkternas livslängd.

Eftersom det i stor utsträckning saknas metodik för livslängdsuppskattning beslöt Byggforskningsrådet och Statens provningsanstalt i samråd med Statens planverk att bygga upp kunskaper inom detta område. Som första objektområde har EPDM-gummilister för fogtätning mellan prefabricerade byggelement studerats.

Arbetet har omfattat framtagande av såväl kravkriterier som metodik för påskyndad laboratorieåldring. Naturlig åldring har skett i ett demonteringsbart provhus där provuttag skett efter 1 och 2,5 år.

Två olika belastningsfall föreligger. Hammarbands-tätning och syllist (HS-lister) utsätts för en ständigt, kraftig tryckpåkänning medan tätningslister i vertikala elementfogar eller runt fönster och dörrar (KSB-lister) sitter i fogar med högst olika och dessutom varierande fogbredd.

Den utvecklade metodiken för påskyndad åldring kan enligt vår uppfattning appliceras i nuvarande skick för HS-listerna. Det finns starka indikationer på att en adekvat acceleration av förändringen hos de kritiska egenskaperna erhålles.

För KSB-listerna ger laboratorieåldringen och den naturliga åldringen i provhuset samma kvalitativa bild men några frågeställningar, bl a beträffande fogrörelser i verkliga småhus och återhämtningstider för listerna, behöver ytterligare belysas innan en definitiv åldringsmetodik kan fastläggas.

Vi anser dock att det nu bör finnas goda möjligheter till en kravspecifikation och standardisering för samtliga produkter.

1 BAKGRUND

Plast- och gummaterial (PoG-material) utnyttjas inom byggandet i ett flertal applikationer som är av avgörande betydelse för byggnadernas grundläggande funktioner. Som framgår av Tabell 1 baseras t ex ofta hela tätheten i en byggnad och stora delar av VVS- och el-installationerna på material ur denna grupp /1/.

Tabell 1 Exempel på plast- och gummi produkter som utnyttjas inom byggbranschen

Tätande och isolerande funktioner

Ång- och vindspärr	Polyeten, lågdensitets (PELD)
Tätning mellan takelement	Vävd PELD-film, PELD-skum
Tejp för tätning av skarvar i PELD-film	PE och PVC med olika häftmedel
Vindspärr	Asfaltbestruken papp
Tätning mellan fönster/dörrkarm och väggregel	EPDM-gummlist, polyuretanskum, PELD-klädd mineralull
Tätning runt väggelement	EPDM-gummlist
Tätning mellan volyelement	EPDM-gummlist
Tätning och diffusionsbrytande skikt mellan grund och trävirke (syllist)	EPDM-gummlist, PELD-klädd mineralull
Tätning mellan betongelement	Massivt kloropren-gummi (CR)
Isolering mellan mark och bottenplatta	Polystyrenskum, mineralull
Fuktspärr mot mark	PELD-film
Yttre tätskikt på grund	Asfalt
I ett flertal tillämpningar	Fogmassor

VVS-området

Tryckvattenrör inom byggnaden	Förnätad PE (PEX),
för både kall- och varmvatten	PE (kallvatten)
Tryckvattenrör för dricksvatten-	
distribution till byggnad	PE, PVC
Rör för vattenburen värme	PEX
Avloppsrör	PE, PVC
Luftningskanaler	PVC
Dräneringsrör	PE, PVC

Elområdet

Elkablar, isolering	PVC, PE, PEX, EPDM
Elledningsrör	PVC
Kabelskyddsror och kabelskydd	
i mark	PE, PVC
Takvärmesystem	Polyester, PE

Produkterna är normalt inbyggda i golv, tak och väggar, varför underhåll eller utbyte inte går att genomföra till rimliga kostnader. De bör därför ha en funktionsduglig tid av samma storleksordning som övriga stomkomponenter, d v s i storleksordningen 50 år.

Varken råvaruproducenter, byggmaterialtillverkare, byggproducenter, byggherrar eller föreskrivande myndigheter synes dock ha betvivlat att så var fallet och inga garantier eller ens försäkringar har heller avkrävts leverantörerna, med ett enda undantag - tryckvattenrören. Om de är typgodkända utsätts de för en testning som förmodas motsvara 50 år. Övriga produkter hade i allt väsentligt enbart "nyskickskrav".

Sedan dessa förhållanden uppmärksammats /1/ under senare delen av 1970-talet har intresset för dessa frågeställningar ökat betydligt hos alla inblandade parter. Rapporterna om de oroväckande ökade förvaltningskostnaderna för 1960- och 1970-talshusen /2, 3/ har också tjänat som en viktig väckarklocka.

En organisation som snabbt kom att engagera sig i beständighetsproblematiken var Byggplastavdelningen inom Sveriges Plastförbund. I dess regi genomfördes 1976-78 det arbete som förde fram till typgodkända ång- och tätskikt av PELD /4/ med en uppskattad livslängd av 40-80 år. En förutsättning för arbetet var de betydande forskningsinsatser som redan genomförts beträffande PELDs nedbrytningsförlopp. Arbetet hade utförts vid Polymergruppen vid Chalmers Tekniska Högskola under Arne Holmströms ledning och han kom även att svara för framtagande av den påskyndade (accelererade) åldringsmetoden för ång- och tätskikten av PELD.

Mot denna bakgrund gjorde Arne Holmström under våren 1979 på BFRs och Statens provningsanstalts (SP) uppdrag en studie som omfattade besök och kontakter med institutioner, myndigheter, industrier och enskilda forskare i Europa och Nordamerika, över vilka accelererade metoder som finns tillgängliga och deras tillförlitlighet. En omfattande genomgång av europeiska och nordamerikanska normer och standarder skedde också. Erfarenheterna presenterades i en BFR-rapport, R 173: 1980 /5/.

Vad som framkom var att man inte heller på andra håll i världen uppmärksammat problematiken med inbyggda PoG-produkter. I de fall där åldring studerats var huvudsatsningen helt inriktad på att lösa frågorna kring att simulera utomhusexponering på ett tillförlitligt sätt.

Eftersom det varken inom Sverige eller internationellt fanns tillgänglig metodik för livslängdsuppskattning beslöt BFR och SP i samråd att succesivt bygga upp kunskaper inom detta område. Efter ett inledningsskede, där speciellt PVC-produkter och EPDM-gummilister ägnades intresse, prioriterades arbetet med EPDM-produkterna. Denna bedömning gjordes av den referensgrupp som tillsatts för att stödja projektet.

Som framgår av Tabell 1 fyller EPDM-gummilister viktiga tätande funktioner i nyproduktionen. Ett byggande baserat på prefabricerade element är ju helt avhängigt möjligheten att täta elementskarvarna på ett varaktigt sätt. Ett ytterligare memento var uppgifter från RAPRA i England /6/ där man genomfört ett program med en 20-årig uppföljning av ett flertal gummimaterial (dock ej EPDM-gummi som ej hunnit bli kommersiellt viktigt då studien startade), som visade att knappast något material gav en tillfredsställande tätning efter 20 års användning.

2 AVSIKT MED PROJEKTET

Framtagande av en påskyndad åldringsmetod samt kravkriterier för EPDM-gummiprodukter som byggs in i väggar, tak och golv i bostadshus så att man med hög säkerhet kan förutsäga produkternas funktionsdugliga tid.

En sådan kunskapsuppbyggnad utgör en nödvändig förutsättning både för utveckling av beständiga produkter och för att byggherrar och myndigheter skall få möjlighet att verifiera att tillfredsställande produkter valts.

För att en påskyndad åldringsmetod skall kunna användas vid förutsägelse av en produkts funktionsdugliga tid (livslängd) fordras att den påverkar produkten på exakt samma sätt som den naturliga åldringen.

Som ett exempel kan nämnas att om ett träfönster vid naturlig åldring mister sin täthet p g a att båge och karm ruttnar så skall även detta inträffa vid en påskyndad åldring. Om fönstret istället blir otätt p g a att sprickor bildas i träet simuleras visserligen otät-heten men man mäter resultatet av en annan nedbryt-ningsprocess och kan således inte dra några säkra slut-satser av resultaten.

Att få kunskap om hur produkterna påverkas vid verklig användning är således av största vikt då en accelererad metodik skall utvecklas. Vi startade därför omedelbart med en bred kampanj via fackpress och personliga besök hos producenter och förvaltare för att erhålla produkter som suttit inmonterade i byggnader.

För produkter som nyligen utvecklats måste man dock gå en annan väg. Lämpligen byggs produkterna in i en verklig byggnad (t ex ett provhus) och man tar sedan ut prov vid olika tidpunkter. Nackdelen med provhusbygg-naden ligger främst i tidsperspektivet. Även några års väntan, vilket får anses blygsamt för produkter med ca 50 års förväntad livslängd, ter sig ofta oacceptabelt för byggmaterialproducenterna. Fördelarna ligger i möj-ligheten att arbeta med ett väldokumenterat material och i en väldefinierad miljö. I miljöfaktorerna ingår inte bara exempelvis temperatur- och fuktprofil utan också omgivande material och laster. Ofta blir informa-tionen i dessa avseenden betydligt mindre exakt för produkter som insamlats från "fältet".

En tillförlitlig miljöbeskrivning är en lika avgörande förutsättning för en framgångsrik metodutveckling som

kunskap om de aktuella produkterna. Ett nära samarbete mellan byggnadstekniker och kemister är därför utomordentligt betydelsefullt. De många misslyckade försöken att få fram relevanta accelererade åldringsmetoder kan främst härledas till brister i detta avseende.

Vid framtagandet av en accelererad åldringsmetod utgår man från de förhållanden där produkten skall fylla sin funktion. Sedan söker man identifiera vilka faktorer som är mest betydelsefulla för nedbrytningen. För att påskynda nedbrytningen i laboratoriet förstärker man dessa faktorer, t ex höjer temperaturen, drar isär eller trycker ihop.

Utvärderingen av en föreslagen metod för accelererad åldring måste alltid ske på grundval av jämförelse med naturligt åldrade prov.

Insamlingen av naturligt åldrade PoG-produkter gav ett värdefullt representativt urval av sådana produkter som utnyttjats i byggandet före 1970-talet. En förteckning över produkterna ges i Bilaga 1. Det är anmärkningsvärt hur dåligt gensvaret varit från förvaltar-sidan, trots att vi i ett flertal artiklar och genom direktkontakt med centralt ansvariga personer på stora bostadsbolag sökt aktivera till insändande av gamla PoG-produkter. Högst någon tiondels procent av det som utbyts varje år torde ha kommit till vår kännedom.

BIDRAG VÄLKOMNAS FORTFARANDE !

Som framgår av förteckningen dominerar PVC-produkterna vilket väl korresponderar med deras dominans på bygg-sektorn under 1960- och 1970-talen. Som framgår av Ta-bell 1 svarar EPDM-produkter också för en betydande andel av de produkter som byggs in i konstruktionen. I detta fall är det dock en ny produktgrupp som har tillkommit under senare delen av 1970-talet, varför gamla produkter av denna typ inte kunnat erhållas.

Efter första insamlingsskedet våren 1980 gjordes en undersökning av de inkomna PVC-produkterna. Proven karaktäriserades både kemiskt och mekaniskt, se Bilaga 2, för att utröna om någon påtaglig försämring skett. Så var dock inte fallet trots att upp till 20 år gamla produkter ingick i undersökningen. De 10 år gamla spillvattenrören uppfyllde t ex samma tryckkrav som då de var nytillverkade. Bl a på grund av detta för-hållande beslöt referensgruppen att arbetet inom pro-jektet i huvudsak skulle ägnas åt tätningslister av EPDM-gummi.

Ca ett år efter projektstarten fick vi från Göteborgs Stads Bostadsaktiebolag tillgång till 10 år gamla golvlister och dörrfoder av PVC med kraftigt försämrade slagseghetsegenskaper. Planerna modifierades då till att även innefatta en undersökning av dessa produkter, se Bilaga 3. Det framkom vid undersökningen att PVC-fasen inte påverkats. Listen innehöll emellertid inte bara PVC utan även en speciell slagseghetstillsats. Nyttillverkad hade listen varit osedvanligt slagålig. Slagseghetstillsatsen hade emellertid nedbrutits kraftigt vilket orsakat försämringen. Problemen med listerna rönste stort intresse i fackkretsar och uppmärksammades bl a med artiklar i Ny Teknik /7, 8/.

En serie av de slagseghetstillsatser som numera används utvärderades i samarbete mellan KemaNord, Stockviksverken (Tor Corneliussen) och SP. Inga indikationer på nedbrytning av dessa slagseghetstillsatser erhöles dock.

Som ovan nämnts kom huvuddelen av arbetet att kretsa kring tätningsslister av EPDM-gummi. Eftersom listerna börjat introduceras först i slutet av 1970-talet och dessutom sitter inbyggda i konstruktionen har inte några naturligt åldrade produkter kunnat erhållas. Tätningsslister som skulle undersökas har därför inmonterats i ett demonteringsbart provhus. Provuttag har skett årligen.

Något standardiseringsarbete för denna produktgrupp hade ännu inte påbörjats varför varken funktionskrav eller utvärderingsmetodik fanns tillgängliga. Framtagandet av underlag i dessa avseenden har utgjort en viktig del av arbetet.

5.1 Framtagande av väldefinierade tätningsslister

En förutsättning för metodutvecklingen var att vi kunde få tillgång till produkter med såväl väldefinierad sammansättning som väldefinierade tillverkningsbetingelser. Möjlighet till en noggrann övervakning av de olika produktionsstegen var också önskvärt. Vidare är det väsentligt att kunna ta prov från de råvaror som ingår för att kunna följa eventuella materialförändringar.

Beträffande kommersiella produkter anser sig företagen inte kunna lämna ut dylik information.

Idag förekommer två huvudtyper av gummimaterial för tätningsslister på marknaden: cell- resp massivgummi. Personer med lång erfarenhet från gummibranschen hade vid informella samtal visat sig ha högst olika uppfattning om kvalitetsnivån för de kommersiella produkterna. Åsikter om såväl väl tilltagen livslängd som helt otillfredsställande redovisades för samma produkt. Vår avsikt var därför att erhålla produkter på tre olika kvalitetsnivåer, både över och under kvaliteten för kommersiell list.

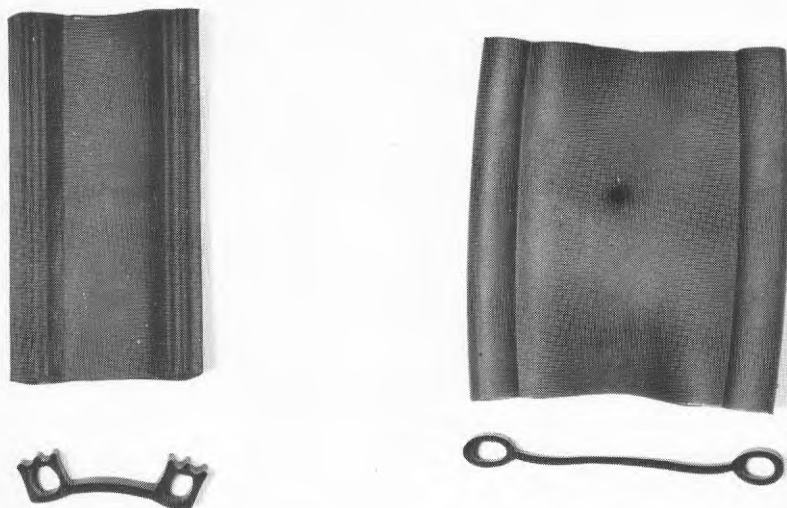
Två stora företagsgrupper dominerar tätningstlistproduktionen. Rydaholms Gummifabrik AB från Hexagongruppen och Trelleborg AB från Trelleborgsgruppen ställde välvilligt sina resurser till förfogande vid framtagandet av cell- resp massivgummilisterna. Eftersom EPDM-gummiprodukterna är de som dominerar marknaden har tyngdpunkten lagts på denna materialtyp. Kloropren-gummi dominerade tidigare som material för högkvalitativa bygglister. En list i massivt kloropren-gummi av bärlagertyp inkluderades därför också.

5.1.1 Lister tillverkade hos Rydaholms Gummifabrik AB

Enligt uppgifter från cellgummilistfabrikanterna är det inte möjligt att strängspruta cellister med någon större skillnad i materialsammansättning. Istället eftersträvades tre olika kvalitetsnivåer genom att variera vulkaniseringstiden.

Egenskaperna hos mellankvaliteten ligger nära dagens kommersiella produkter med den skillnaden att blandningarna inte är ekonomiskt optimerade. Recepturerna finns redovisade i Bilaga 4, Tabell 1.

Cellgummilisterna tillverkades genom strängsprutning med efterföljande vulkanisering i saltbad. Lister med två olika profiler sprutades: BT-list, avsedd att användas som vertikal tätning mellan väggelement och LV-list, avsedd att användas som syllist och hammarbands-tätning. I Figur 5.1 visas de båda listprofilerna.



CELL LIST TYP BT

CELL LIST TYP LV

Figur 5.1 Cellgummilister av EPDM-gummi tillverkade av Rydaholms Gummifabrik AB för SPs räkning

De sprutmunstycken som använts är av samma typ som de som använts vid sprutning av kommersiell list. För att erhålla olika kvalitetsnivåer på listerna matades listerna med två olika hastigheter genom vulkaniseringsbadet (12 resp 17 m/min). Den högre hastigheten medför en kortare vulkaniseringstid och därmed en lägre vulkaniseringsgrad. En tredje nivå erhöles genom att eftervulkanisera i varmluftsugn 16 h vid 100 °C.

Tillverkningsprocessen finns närmare beskriven i Bilaga 5.

5.1.2 Lister tillverkade hos Trelleborg AB

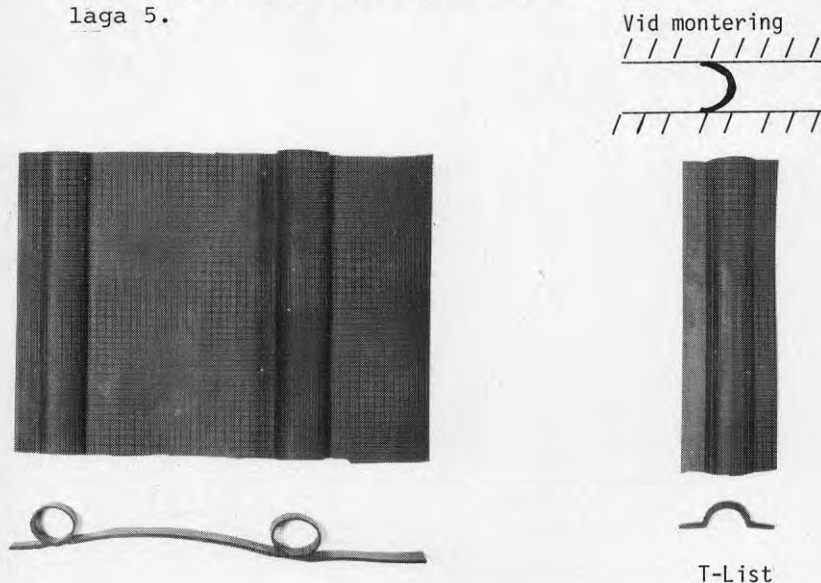
Massivgummilisterna har tillverkats i 3 olika kvalitetsnivåer. En strävan har varit att nå samma hårdhetsgrad på de olika listkvaliteterna trots en skillnad av ca 10 % i ingående polymerhalt. Kvaliteterna har givits beteckningarna: Bra, Normal resp Dålig. "Normal" är

tillverkad enligt recept som kan tänkas användas för tillverkning av kommersiella massivgummilister. Recepten för "Bra" och "Dålig" har sedan modifierats för att hos materialet erhålla bättre resp sämre egenskaper. Recepten, som är framtagna av civ ing Elisabeth Konar och doc Hans Palmgren, Trelleborg AB, redovisas i Bilaga 4, Tabell 2.

Tillverkningen av listerna har skett genom strängsprutning med efterföljande vulkanisering i saltbad eller "fluid-bed".

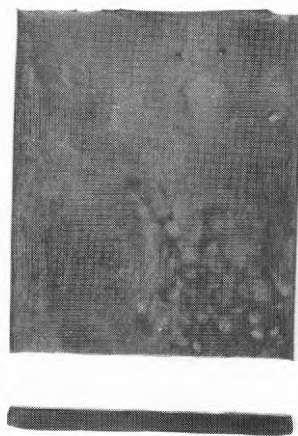
Lister med två olika typer av profiler sprutades, dels en list med tvåkanalsprofil avsedd att användas både som tätning mellan väggelement och som syllist/hammarbandstättning och dels en list med "T-profil" avsedd att användas som tätning mellan karm och väggregel. I Figur 5.2 visas de båda listprofilerna. Sprutmunstyckena hade specialframställts för tillverkningen.

Tillverkningsprocessen finns närmare beskriven i Bilaga 5.



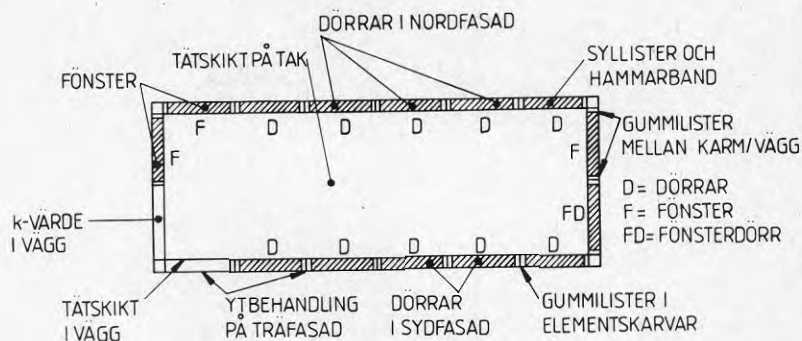
Figur 5.2 Massivgummilister av EPDM-gummi tillverkade av Trelleborg AB för SPs räkning

Den massiva kloroprengummilisten (CR-listen), avsedd att användas som syllist och hammarband, är tillverkad av ett relativt mjukt gummimaterial ($\sim 40^{\circ}$ Shore) för att kunna ta upp eventuella ojämnheter i väggelementen. Listens utseende framgår av Figur 5.3. Recept framgår av Bilaga 4, Tabell 3.



Figur 5.3 Massivgummilist av kloroprengummi (CR) tillverkad av Trelleborg AB för SPs räkning

5.2 Provhuset



Figur 5.4 Byggnadsmaterial och byggnadskomponenter som studeras i SPs provhus

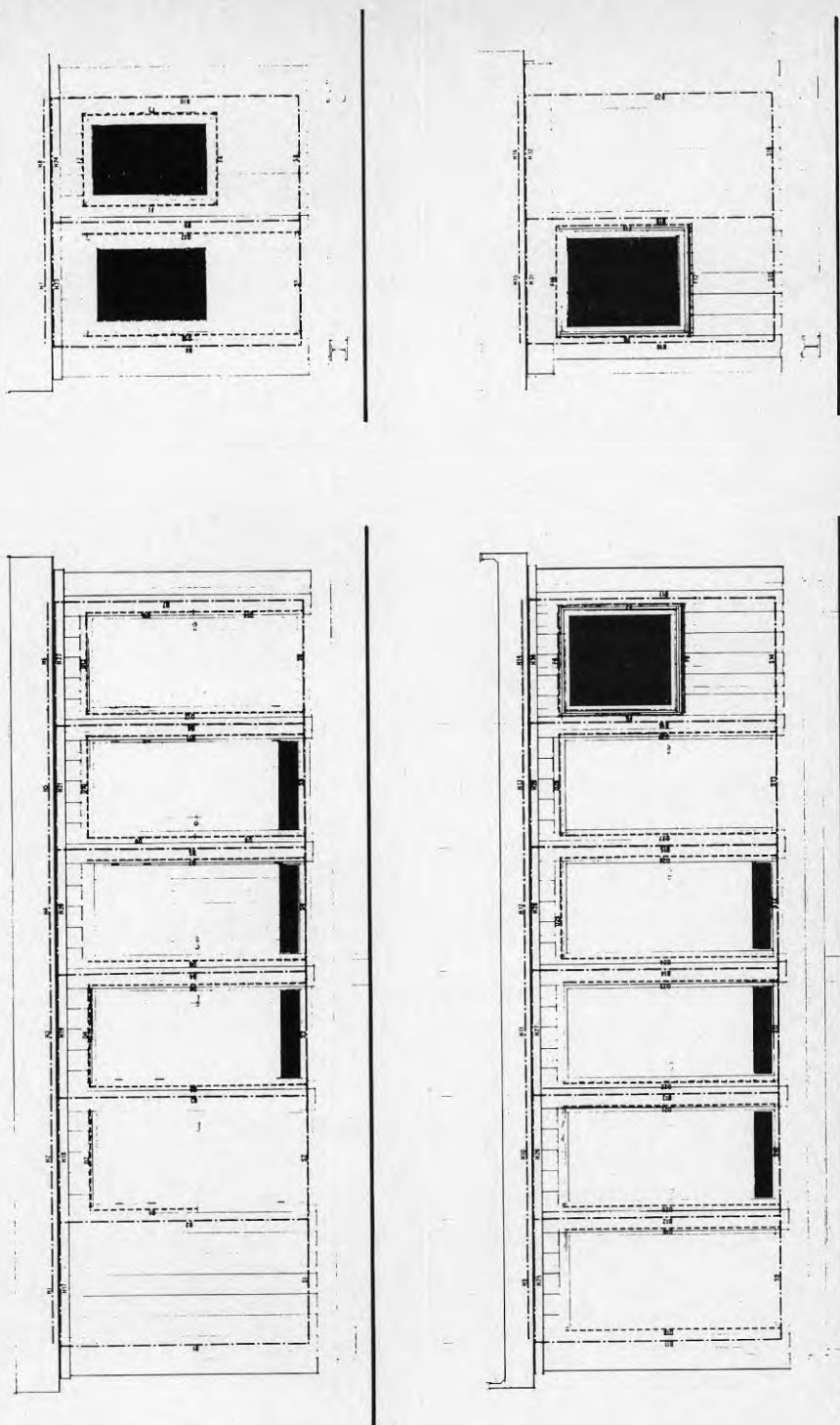
För att maximalt kunna utnyttja provhuset har det uppförts i samarbete med några av SPs övriga laboratorier, se Figur 5.4. De ingående projekten finns presenterade i Bilaga 6, "Hur länge håller bygget"? Provhuset har uppmärksammats i betydande grad och föranlett 31 artiklar i dagspressen och 6 artiklar i fackpress.

Eftersom filosofin för uppförandet har varit att på bästa sätt söka efterlikna uppförandet av ett normalt småhus har fackmän (snickare) anlitats för monteringen. Den enda avvikelse som gjorts från montering av ett ordinarie prefabricerat hus är att väggelementen har skruvats ihop. Detta för att det skall vara möjligt att årligen demontera huset och ta ut provbitar ur tätningslisterna. Hittills har huset demonterats två gånger. Detta skedde i maj 1982 och i november 1983. Arbetet utfördes av samma snickare som anlitats för uppförandet.

5.2.1 Konstruktion

Provhuset har planmått 2,8 x 7,6 m och har plant tak. Ytterväggarna består av 12 st 1,2 m breda fabriksstillverkade element som skänkts av ett antal småhustillverkare (Eksjöhus AB, Hultsfredshus AB, Myresjöhus AB och Åsedahus AB), medan golv och takelement tillverkats vid SP. I väggarna ryms 11 dörrar och 3 fönster.

36 olika typer av tätningsslister har placerats i fönstergarna. Beträffande listernas montering och placering i fogen har samråd med listproducenter skett. Listernas placering framgår av Figur 5.5.



Figur 5.5.a Provhusetts konstruktion samt tätning-
listernas inplacering i fogarna

TEXT FIGUR 5.5 a

Blocktätning

- B 1 Cellist BT typ 2 eftervulkad (80 x 8 mm)
- B 2 Värnamo syllist (120 x 10 mm)
- B 3 Rydaholm P-list (Ø 12 mm)
- B 4 Cellist BT typ 2 (80 x 8 mm)
- B 5 Cellist BT typ 1 eftervulkad (80 x 8 mm)
- B 6 Värnamo syllist (80 x 10 mm)
- B 7 Rydaholm LV-list (120 x 10 mm)
- B 8 Rydaholm LV-list (80 x 10 mm)
- B 9 Värnamo syllist (45 x 10 mm)
- B10 Cellist BT typ 1
- B11 Massiv typ Dålig (140 x 15 mm)
- B12 Massiv typ Bra (140 x 15 mm)
- B13 Massiv typ Dålig (140 x 15 mm)
- B14 Massiv typ Normal (140 x 15 mm)
- B15 Massiv typ Bra (140 x 15 mm)
- B16 Rydaholm Rockwool S-list (80 x 8 mm)
- B17 Rydaholm BT-list (80 x 8 mm)
- B18 Rydaholm Cellband (35 x 5 mm)
- B19 Värnamo O-list (27 x 17 mm)
- B20 Rydaholm P-list (Ø 17 mm)

Sylltätning

- S 1 Värnamo syllist (120 x 10 mm)
- S 2 Värnamo syllist (45 x 10 mm)
- S 3 Cellist LV typ 2 (45 x 10 mm)
- S 4 Cellist LV typ 1 (45 x 10 mm)
- S 5 Värnamo syllist (80 x 10 mm)
- S 6 Rydaholm LV-list (120 x 10 mm)
- S 7 Rydaholm LV-list (80 x 17 mm)
- S 8 Värnamo Deltalist (80 x 17 mm)
- S 9 Trelleborg kylolist
- S10 Massivgummilist av CR (80 x 6 mm)
- S11 Massiv typ Dålig
- S12 Massiv typ Normal

TEXT FIGUR 5.5 a (forts)

Sylltätning

S13	Massiv typ Bra
S14	Cellist LV typ 1 eftervulkad
S15	Cellist LV typ 2 eftervulkad
S16	Cellist LV typ 1 eftervulkad

Hammarbandstätning

H 1	Massivgummilist av CR
H 2	Värnamo syllist (45 x 10 mm)
H 3	Cellist LV typ 2
H 4	Cellist LV typ 1
H 5	Värnamo syllist (80 x 10 mm)
H 6	Rydaholm LV-list (120 x 10 mm)
H 7	Rydaholm LV-list (80 x 17 mm)
H 8	Trelleborg kyllist
H 9	Massiv typ Dålig
H10	Massiv typ Dålig
H11	Massiv typ Normal
H12	Massiv typ Normal
H13	Massiv typ Bra
H14	Massiv typ Bra
H15	2 x cellist LV typ 1
H16	2 x cellist LV typ 2
H17	Värnamo syllist (120 x 10 mm)
H18	Värnamo syllist (80 x 10 mm)
H19	Cellist LV typ 2 eftervulkad
H20	Cellist LV typ 1 eftervulkad
H21	Värnamo syllist (45 x 10 mm)
H22	Rydaholm LV-list (80 x 17 mm)
H23	Cellist LV typ 1
H24	Cellist LV typ 2
H25	Trelleborg kyllist
H26	Massiv typ Dålig
H27	Massiv typ Normal
H28	Massiv typ Bra

TEXT FIGUR 5.5 a (forts)

Hammarbandstätning

H29	Cellist LV typ 2
H30	Cellist LV typ 1
H31	Cellist LV typ 2
H32	Rydaholm LV-list (80 x 10 mm)

Karm-väggtätning, dörr

D 1	Rydaholm T-25 (25 mm)
D 2	Massiv T-list T-25 typ Normal (25 mm)
D 3	Värnamo Trimlist (Ø 13 mm)
D 4	Värnamo T-25
D 5	Massiv T-list T-25 typ Bra
D 6	Värnamo Deltalist (80 x 17 mm) vikt dubbel
D 7	Värnamo Trimlist (Ø 18 mm)
D 8	Rydaholm Drevningslist (70 x 15 mm)
D 9	Rydaholm T-25
D10	Rydaholm T-35 (35 mm)
D11	Massiv T-list T-35 typ Dålig (35 mm)
D12	Massiv T-list T-35 typ Normal
D13	Rydaholm LV-list (80 x 17 mm)
D14	Massiv T-list T-35 typ Dålig
D15	Värnamo Drevningslist (35 x 20 mm)
D16	Massiv T-list T-35 typ Bra
D17	Massiv T-list T-35 typ Dålig
D18	Massiv T-list T-25 typ Dålig
D19	Rydaholm T-35
D20	Massiv T-list T-35 typ Bra
D21	Massiv T-list T-25 typ Bra
D22	Värnamo T-35
D23	Värnamo T-25
D24	Massiv T-list T-25 typ Dålig
D25	Rydaholm LV-list (80 x 17 mm) vikt dubbel
D26	Massiv T-list T-25 typ Normal

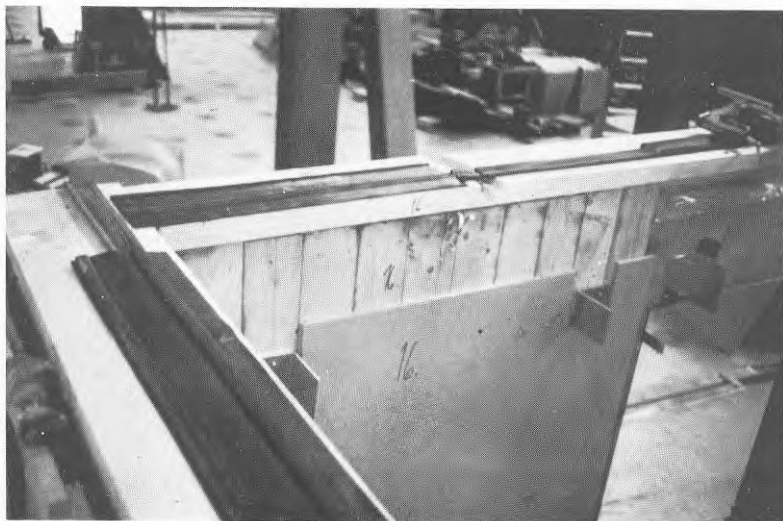
TEXT FIGUR 5.5 a (forts)

Karm-vägg tätning, dörr

- D27 Rydaholm Slanglist (Ø 15 mm)
- D28 Rydaholm Drevningslist (70 x 15 mm)
- D29 . Massiv T-list T-35 typ Normal

Karm-vägg tätning, fönster

- F 1 Massiv T-list T-25 typ Bra
- F 2 Massiv T-list T-35 typ Normal
- F 3 Massiv T-list T-35 typ Bra
- F 4 Värnamo Drevningslist (35 x 20 mm)
- F 5 Rydaholm T-35
- F 6 Massiv T-list T-25 typ Dålig
- F 7 Värnamo Trimlist (Ø 18 mm)
- F 8 Massiv T-list T-25 typ Dålig
- F 9 Värnamo Trimlist (Ø 18 mm)
- F10 Massiv T-list T-25 typ Normal
- F11 Massiv T-list T-25 typ Normal
- F12 Massiv T-list T-25 typ Bra



Figur 5.5 b Monterad hammarbandstätning



Figur 5.5 c Monterad sylttätning



Figur 5.5.d Monterad vertikal fogstättning

5.2.2 Montering

Huset monterades i byggnadstekniska laboratoriets provningshall på en stabil ram av stålbalkar. Därefter transporterades det till sin slutliga plats med en gaffeltruck och placerades på en grund av betongplintar. Till sist placerades tyngder på taket, motsvarande belastningen av snö och egenvikt på ett normalt 1 1/2-planshus.

Ett normalt inomhusklimat efterliknas i provhuset med hjälp av uppvärmning och befuktning.

Husets konstruktion framgår av Figur 5.5.a. Uppförandet dokumenterades även i en serie fotografier, Bilaga 7.

5.2.3 Uppmätning av fogbredder

Fogbredderna mellan väggelementen samt mellan karm och väggregel (i fortsättningen benämnda springbredder) har uppmätts vid fem tillfällen. Mätningarna, som utförts med skjutmått, har gjorts på tre positioner i resp fog.

Mätpunkterna har valts 20, 120, 220 cm från golv för väggelementfogarna samt 10 cm från ändpunkten och vid mitten av karm-väggregel-fogarna.

5.3 Accelererad åldring

Syftet var att utveckla en påskyndad åldringsmetod som simulerar förändringarna vid naturlig åldring för tätningsslister av EPDM-gummi.

5.3.1 Bakgrund

Trots omfattande litteratursökning och kontakter med ett flertal forskare både vid forskningsinstitutioner och inom bearbetande och råvaruproducerande industri har ytterst lite information erhållits beträffande

åldringsförloppen hos de material och produkttyper som ingår i undersökningen.

Vad beträffar möjligheten för gummiprodukter att täta under tiotals år finns endast en studie tillgänglig. RAPRA i England har genomfört ett 20-årigt program där totalt 19 olika gummikompositioner följts under naturlig åldring i England och Australien /6/. Ingen EPDM finns med men väl natur-, butyl-, kloropren-, nitrilgummi, klorsulfonerad polyeten, polysulfid samt silikon. Proven har komprimerats 25 % och sättningen bestämts varje år. Man finner först och främst att korrelationen mellan korttids- och långtidssättning blivit dålig och dessutom att samtliga produkter har uppnått så hög sättning efter 20 år att det verkar osannolikt att de kan tjänstgöra som tätningar.

Vid informella samtal framfördes även likartade farhågor från tekniker med långvarig erfarenhet från svensk gummiindustri och då speciellt beträffande cellgummiprodukter.

Rent allmänt är det väl känt att det är svårt att accelerera gummimaterialets naturliga åldring. Shelton /9/ kunde redan i början av 1950-talet visa att syrgasupptagningen vid värmeåldring av vulkaniserat naturgummi (NR) regelbundet följer temperaturnivån från 50 till 110 °C. De mekaniska egenskaperna förändrades däremot inte alls likformigt. Draghållfastheten ökar exempelvis med ökande nedbrytningsgrad under 70 °C medan den minskar med nedbrytningsgraden vid 90 °C och högre temperaturnivåer.

Davies och Lloyd sammanfattar en mångårig erfarenhet av utvärdering av stabiliserande ämnen i gummimaterial med att konstatera att ugnsåldring i luft är den metodik som ger närmast överensstämmelse med verklig åldring /10/ jämfört med i första hand luft och syrgas vid övertryck i autoklav. Liksom många andra varnar de för utnyttjande av temperaturer över 100 °C.

För EPDM-gummi har det inte varit möjligt att få annat än indirekta indikationer beträffande lämplig temperatur för accelererad åldring. I SS 16 28 10 för strängsprutade massiva tätningsslister av bl a EPDM föreskrivs en sättningsbestämning efter 1 vecka vid 70 °C. För motsvarande lister av cellgummi föreskriver man i SS 24 37 05 1 dygn vid 70 °C för sättningsbestämningen och 1 vecka vid 70 °C för bestämning av styvhetsändring i obelastat tillstånd.

I den tidigare BFR-rapporten /5/ redovisades de krav som återfinns i ASTM-normerna. För EPDM-produkter föreskrivs företrädesvis åldring vid 100 °C i 3 eller 7 dygn.

Vid påskyndad åldring utnyttjas ofta förhöjd temperatur för att höja reaktionshastigheten. Det mått som vanligtvis anges på accelerationsgraden är hur mycket reaktionshastigheten ändras vid en temperaturförändring på 10 °C, den s k Arrheniusfaktorn. Rent empiriskt fann Arrhenius att ett mycket stort antal reaktioner fick sin hastighet fördubblad (eller halverad) vid 10 °C-temperaturändring. Vanligtvis bestäms faktorn genom att logaritmen för reaktionshastigheten avsätts mot $\frac{1}{T}$. Naturligtvis gäller detta endast för reaktioner som förlöper på samma sätt vid de olika temperaturnivåerna.

Inga undersökningar har redovisats för EPDM men studier över de kemiskt närbesläktade polymermaterialen polyeten, PE och polypropen, PP pekar på en Arrheniusfaktor omkring 2 för bådadera vid temperaturer från rumstemperatur upp till ca 100 °C /5/.

5.3.2 Belastningsfall

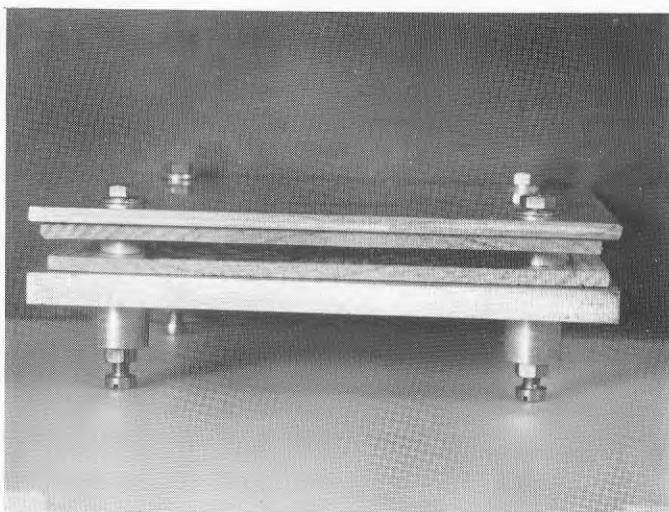
Listerna i provhuset har utsatts för två olika typer av belastning. De lister som skall fungera som tätning mellan väggelementen och mellan vägg och karm (dörr/fönster) har suttit i en fog som haft en "konstant" bredd.

Lister som fungerat som tätning mellan golv-vägg och mellan tak-vägg (syllist resp hammarbandstätning) har däremot utsatts för en belastning som motsvarar den belastning som de utsätts för i ett normalt 1 1/2-planshus. Denna belastning är enligt beräkningar utförda vid laboratoriet för byggnadsteknik vid SP ~ 720 kp/m (7,2 kN/m) vägg. För att efterlikna dessa belastningsfall vid laboratorieåldringen har provriggar av två olika typer använts. Provrigg för list avsedd att sitta i en fog med "konstant" bredd (Provrigg typ A) består av 2 st planslipade aluminiumplattor med en storlek av 180 x 180 x 10 mm. Med hjälp av 4 st hörnskruvar kan plattorna skruvas ihop så att en spalt av önskad storlek erhålles. Provrigg för list som utsätts för konstant belastning (Provrigg typ B) består av 2 plana stålplattor med storleken 200 x 100 x 10 mm. Genom att trycka samman plattorna med fjädrar har en belastning av rätt storleksordning åstadkommits. Hela rigguppsättningen var utförd i hårdförkromat stål. Se vidare foto av riggarna, Figur 5.6 och 5.7.

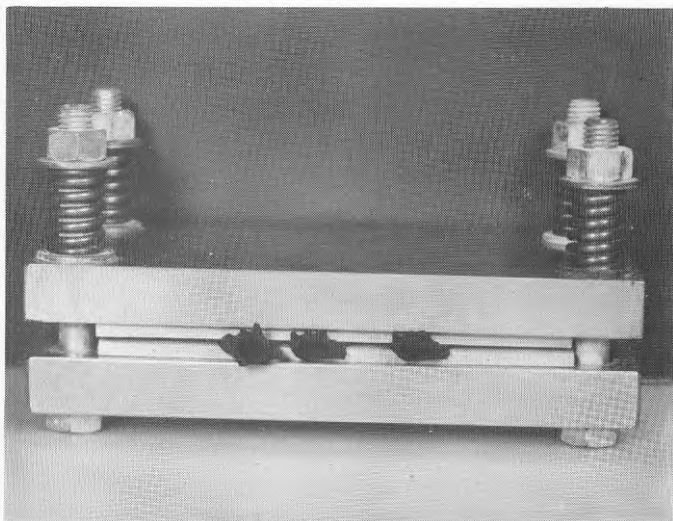
5.3.3 Förförsök

Förförsöken genomfördes i två olika serier. I den första studerades om skillnader förelåg då listerna komprimerades mellan plattor av aluminium resp mellan plattor av obehandlad fur. Resultaten framgår av Bilaga 8. Betydande skillnader förelåg mellan dessa kontaktmaterial. Då listerna vid praktisk användning huvudsakligen sitter i kontakt med obehandlat trä beslutade vi att genomgående använda trä som kontaktmaterial vid den accelererade åldringen även om detta inneburit ett betydande merarbete.

På önskemål från medlemmarna i referensgruppen undersöktes i en andra serie inverkan av kontakt med betong och tryckimpregnerad fur. Som framgår av Bilaga 8 erhöles dock inga signifikanta skillnader jämfört med obehandlat trä.



Figur 5.6 Provrigg typ A



Figur 5.7 Provrigg typ B

5.3.4 Åldringsbetingelser

Närvaron av trä som kontaktmaterial för listerna ställer speciella krav på luftfuktigheten vid den accelerade åldringen. Byggnadsteknisk expertis /11/ har uppgett att relativa luftfuktigheten i en yttervägg är över 80 %. Denna nivå eftersträvades eftersom vi önskade att träet inte skulle utsättas för en kraftig uttorkning som kunde medföra desintegrering och alltför kraftig "läskapperseffekt" på gummikomponenterna.

Laboratorieåldringen har skett i klimatkammare av fabrikat Weiss med en onoggrannhet beträffande temperaturen av $\pm 0,5$ °C och ± 2 % beträffande relativa fuktigheten (RF).

Hela luftvolymen byts ca 5 gånger per timme. Luftfuktigheten injusterades till 80 % RF. Fyra temperaturnivåer har utnyttjats: 45, 55, 70 och 90 °C.

Klimatkamrarna var under hela åldringstiden anslutna till ett datastyrt övervakningssystem.

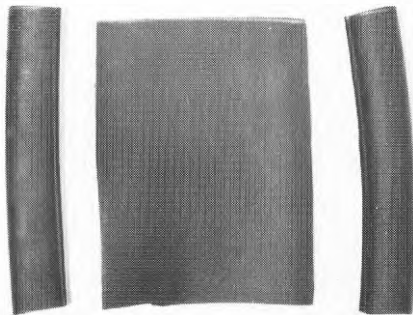
Åldring har även skett i konstantrum vid 23 °C, 50 % RF.

5.3.5 Provningsförfarande

Provrigg typ A är av samma typ som den som används för provning av fönstertätningsslistor. Plattorna i provrigg typ B är identiska med dem som används vid bestämning av sättning enligt SIS 16 22 04. I och med att vi anslöt oss till dessa redan existerande utformningar kunde antalet nytillverkade provriggar begränsas.

Storleken på provriggarna avgjorde provkropparnas längd. I rigg typ A kunde provkropparna maximalt vara 160 mm långa och i typ B 50 mm. För listerna med T-profil (T-listerna) användes hela listprofilen som provkropp. För övriga listtyper utgjordes provkropparna av lis-

ternas båda "kanaler", se foto Figur 5.8. Listernas plana mittsektion, som bortklipptes, har inte någon tätande funktion utan tjänstgör främst som sammanhållande enhet mellan kanalerna.



Figur 5.8 List med "kanaler" och mittsektion separerade

Provkropparna placerades löst liggande mellan 4 mm tjocka plattor av hyvlad kvistfri fur, se Figur 5.6 och 5.7.

I provriggar typ A åldrades prov vid konstant springbredd. Springor med storleken 3, 6 och 10 mm utnyttjades. Valet baserades på de springbredder som uppmätts i provhuset, jfr pkt 5.2.3 och 7.1.

Vid 6 och 10 mm springbredd användes distansstycken av aluminium för att hålla springans storlek konstant. Vid 3 mm var motkraften från de hoptryckta proven så stor att distansstycken var överflödiga. T-listerna åldrades vid 10 mm och övriga lister vid 3 och 6 mm springbredd.

I provriggar typ B utsattes proven för en kontinuerlig belastning av 720 kp/m (7,2 kN/m) list. Belastningen åstadkoms genom tryckfjädrar. För att erhålla rätt storlek på belastningen bestämdes fjäderkonstanten för varje fjäder i en Instron universalprovningstrustning där kraften per mm sammantryckning registrerades. De rostfria fjädrarna måste konditioneras genom total hoptryckning 4 gånger innan de kunde användas. I annat fall minskar kraften med tiden genom fjädrarnas relaxation. Bristande information från fjäderleverantören beträffande relaxationen orsakade att en stor mängd prov som åldrats ca 2 månader fick återupprepas.

Fjädrarna monterades på riggen och trycktes ihop till den fjäderlängd som svarar mot en fjärdedel av den totala belastningen. Fjäderlängden justerades efter varje provuttag så att korrekt belastning erhöles.

De monterade provriggarna placerades i klimatkammare, en för varje temperaturnivå. Provuttagen gjordes efter en logaritmisk tidsskala. Första provuttag skedde vid 70 och 90 °C efter 1 dygn, vid 55 och 45 °C efter ca 1 vecka. Längsta åldringstid var 1 år.

5.4 Laboratorieåldring av slagseghetstillsatser

Laboratorieåldring har utförts av slagseghetstillsatser av ABS- och akrylattyper, med handelsnamnen Blendex 301 resp Paraloid KM-323 B som erhållits från KemaNord AB, Tor Corneliussen.

Blendex 301 var likartad den slagseghetstillsats som fanns i de golvlister av PVC vi erhöles från Göteborgs Stads Bostadsaktiebolag medan Paraloid KM-323 B motsvarar en "modernare" tillsats. Slagseghetstillsatserna erhöles som pulver vilka pressades till 2 mm tjocka plattor, ca 2 x 2 dm, mellan armerad polytetrafluoreten vid 160 °C under 10 min. Plattorna insattes i varmluftsugn vid 90 °C i upp till 8 veckor för att få en indikation på om antioxidanttillsats gjorts eller ej.

SP svarade för undersökningen av de oblandade slagseghetstillsatserna medan en undersökning av "PVC-compounds" med 6 % inblandning av olika slagseghetstillsatser utfördes av Tor Corneliussen vid KemaNord AB, Stockviksverken.

Allmänt

Den kritiska egenskap som är avgörande för en tätningsslistas funktionsduglighet är dess förmåga att täta "på platsen". En utvärdering av listens kvarvarande tätning förmåga efter åldring måste därför göras på basis av den placering listen är avsedd för i huset. De två fall av belastning som listerna utsatts för både i provhuset och vid laboratorieåldringen kräver två olika utvärderingsmetoder:

- en metod för lister avsedda för vertikala elementfogar samt karm-väggregel fogar;
- en metod för lister avsedda för sylltätning och hammarbandstättning.

6.1 Tätningsslistor för fogar mellan element och mellan karm och väggregel (KSB-listor)

KSB-listorna skall fungera som tätning mellan två byggnadsdelar som ofta rör sig i förhållande till varandra. Även om rörelserna sker långsamt måste tätningsslistorna bibehålla sin förmåga att anpassa sig efter fogens form under den avsedda livslängden. Ett sätt att mäta denna förmåga är att mäta listens motkraft inom det fogbreddsområde den skall fungera. För utvärdering av fönstertätningsslistor har man en liknande frågeställning. Den metod som utvecklats vid SP för dessa listor /12/ har legat till grund för vår metodik.

Vår metod innebär att en provkropp ur en lista komprimeras med en viss hastighet. Kraften varmed listan trycks samman samt listans höjd registreras kontinuerligt. På detta sätt erhålles en deformationsgraf (i fortsättningen kallad styvhetskurva). Förändringen av listans styvhet efter åldring ger en indikation på huruvida listan har kvar sin tätning förmåga. Nedan följer en kort beskrivning över mätningen.

6.1.1 Metodbeskrivning för styvhetsmätning av tätningslist

Efter uttag ur klimatkammare avlastades provbiten och konditionerades i konstantrum (23 ± 2 °C, 50 % RF) i 24 ± 2 h.

Strax före mätningen klipptes provbiten mitt itu till 2 st 8 cm långa bitar.

Kraften som funktion av springbredden uppmättes i en universalprovare som registrerar tryckkraften med en noggrannhet av ± 1 %.

En planslipad och förkromad stålplatta, 180 x 180 x 10 mm fastsattes på en justerbar led nedtill på maskinen. En likadan platta fästes i maskinens rörliga balk. Plattorna justerades så att de blev parallella genom att den övre plattan sänktes mot den undre tills en kraft av 50 N erhöles. Plattans läge registrerades på 0,05 mm när med hjälp av en lägesskrivare, se Figur 6.1.



Figur 6.1 Provpuppställning för styvhetsmätning i universalprovningstrustning

Provbiten placerades symmetriskt nära centrum på den undre plattan. Den övre plattan sänktes mot provbiten så att en kraft av ca 0,2 N erhöles. Plattans läge registrerades. Plattan trycktes sedan mot provbiten med en hastighet av 2 mm/min. Kraften registrerades kontinuerligt som funktion av listhöjden upp till en kraft av ca 25 N.

Proceduren upprepades för den andra provbiten. Resultatet angavs som medelvärdet av de båda mätningarna.

6.2 Lister för tätning vid syll och hammarband (HS-lister)

Eftersom HS-listerna skall täta vid en stor konstant belastning kommer listernas design att ha mindre betydelse ur tätningssynpunkt. Istället blir tjockleken av listens väggar vid denna belastning avgörande. För att täta måste listen vara sammanhängande och inte spricka eller sönderfalla. En större förändring i de mekaniska egenskaperna hos ett gummimaterial är en indikation på att en nedbrytning av material har skett. Draghållfasthet och hårdhet har visat sig vara känsliga mått på förändringar i gummimaterial. Dessa mätningar har utförts före och efter åldring enligt svensk standard för bestämning av draghållfasthet resp hårdhet på gummimaterial (SIS 16 22 02 resp 16 22 01). Avvikelse från standard har gjorts beträffande provkroppens tjocklek.

6.3 När tätar listen?

För att en fog skall anses vara tät krävs att luftläckningen är $\leq 0,16 \text{ m}^3/\text{h}$ och meter list /13/. För att utreda vilken motkraft som en KSB-list skall ha för att luftläckningen inte skall överstiga det angivna värdet har luftläckningsmätningar gjorts. Dessa finns presenterade i Bilaga 9. Resultaten av mätningarna visar att man bör ställa en minsta motkraft av 30 N/m list som krav inom det springbreddsområde där listen skall fungera. Detta gäller för samtliga listtyper med undantag

för T-listerna. T-listernas ur tätningssynpunkt fördelaktiga profilutformning medför att listen tätar redan vid mycket låga anliggningsstryck. Därför kan man med god approximation nöja sig med att mäta listbredden nära kraften noll. Denna mätning har av praktiska skäl utförts med hjälp av skjutmått.

För HS-listerna krävs, som ovan nämnts, endast att materialet inte sönderfaller eller genomgår stora deformationer samt att hårdheten inte drastiskt förändras.

6.4 Kemiska karaktäriseringsmetoder

Samtliga EPDM-lister som framställts för projektets räkning har genomgått en omfattande kemisk karaktärisering.

Halt

- polymer
 - kimrök
 - extraherbart material (\approx mjukgörare)
 - aska (oorganiska komponenter, t ex Zn)
 - fritt svavel
 - acceleratorrester
- } (relaterat till vulksystemet)

bestämdes.

Försök gjordes även att bestämma cellgasens sammansättning i cellgummiprodukterna. Närmare beskrivning av analysförfarandena återfinns i Bilaga 10.

6.5 Övriga utvärderingsmetoder

6.5.1 Svällningsförsök

Skillnaden i svällningsförmågan hos åldrad resp ny cellist har undersökts. Två provkroppar, 10 x 10 mm, klipptes ur ny Cellist Typ 1 resp Cellist Typ 1 som åldrats i 7 veckor vid 90 °C. Provkropparna uppmättes

i mätmikroskop och placerades därefter i triklöretylen i 16 timmar. Efter hastig avtorkning uppmättes provkropparna på nytt.

6.5.2 Relaxationsmätning

Mätningen har, med undantag av provkroppsdimensioner, utförts enligt ISO 3384. Vid mätningen registreras motkraften som funktion av tiden vid en bestämd springbredd. Provkropparnas höjd uppmättes med skjutmått och komprimerades därefter till 75 % av ursprungshöjden i en vid SP utvecklad rigg. Rigger placerades i varmluftsugn vid $70 \pm 0,5$ °C. Kraften efter en halvtimme tas som utgångsvärde.

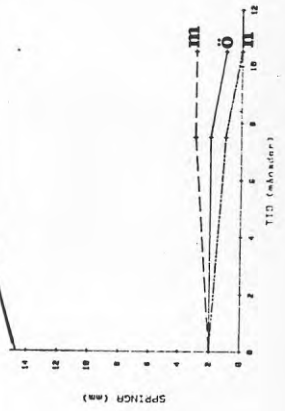
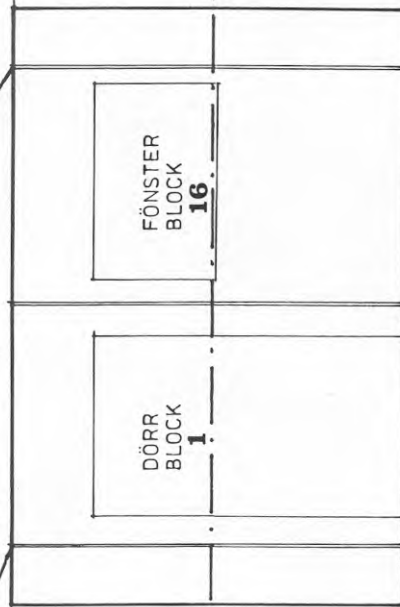
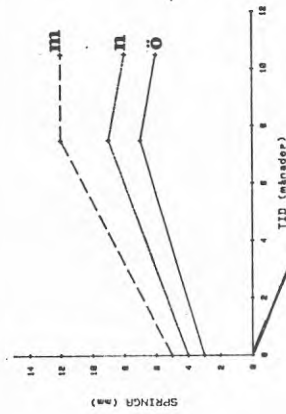
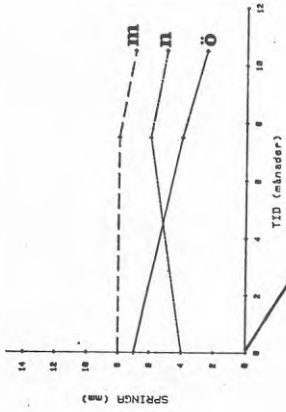
7 RESULTAT

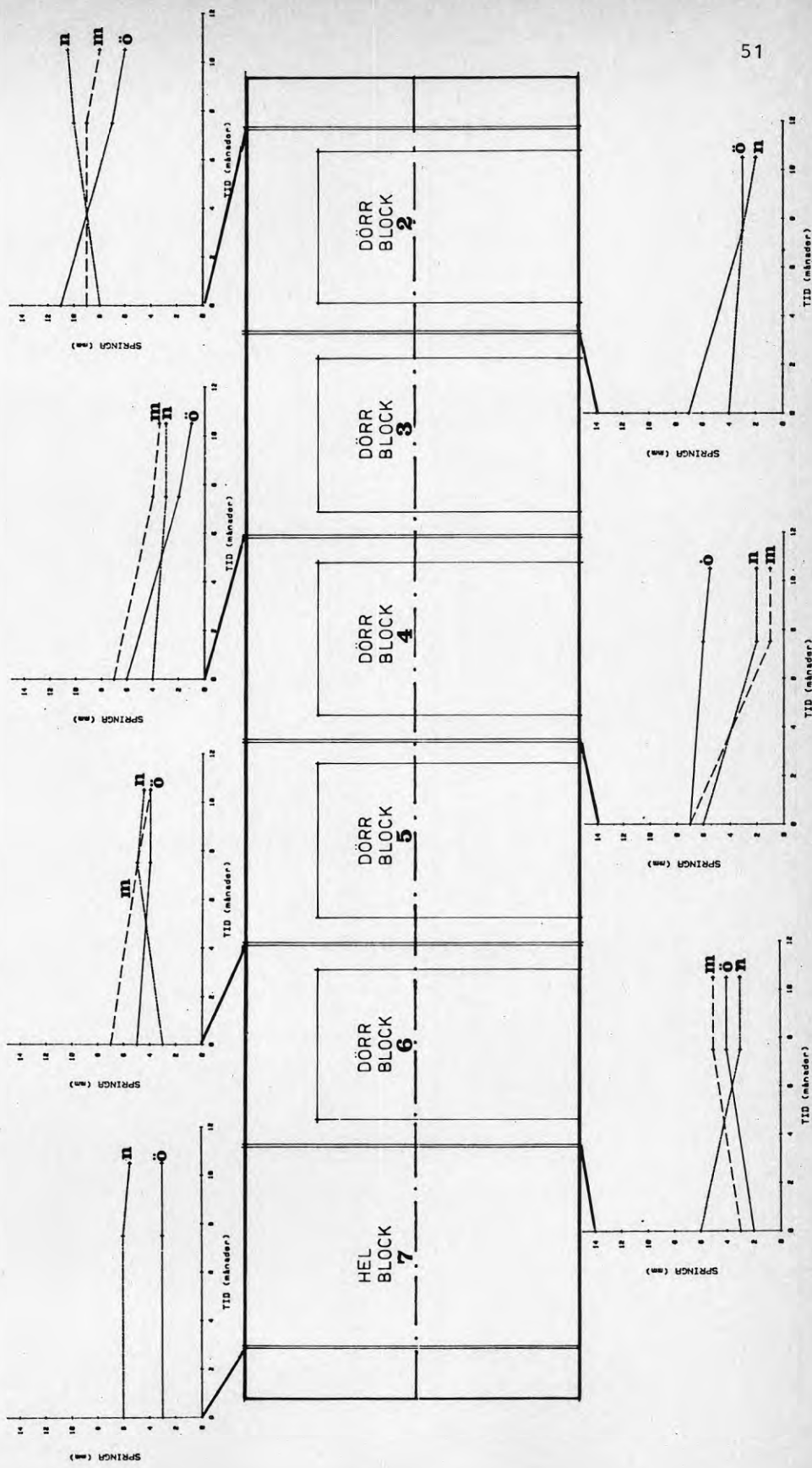
7.1 Provhus

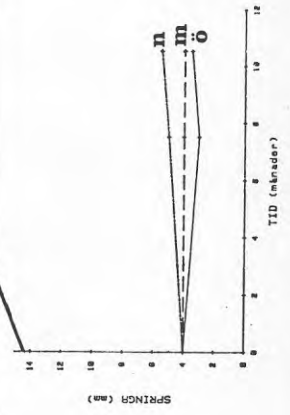
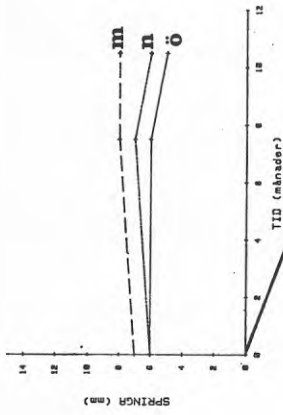
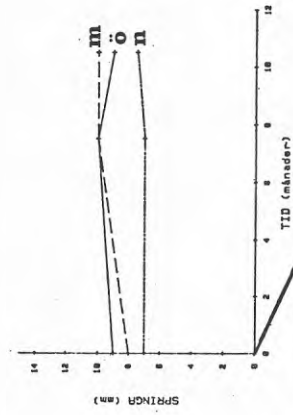
Som nämns i pkt 5.2.3 har springbredden mellan elementen och mellan karm och väggregel uppmätts. Detta har skett vid följande tillfällen:

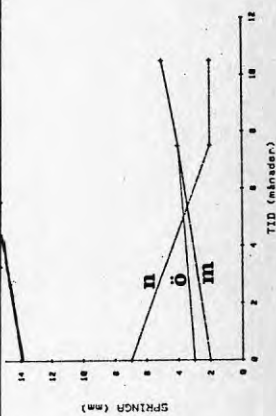
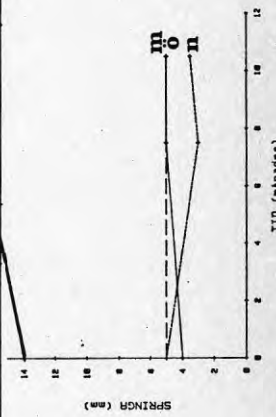
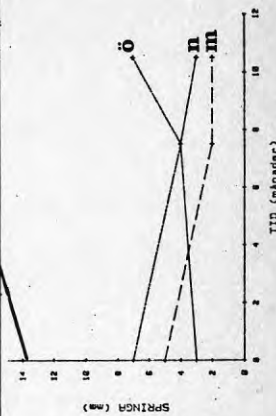
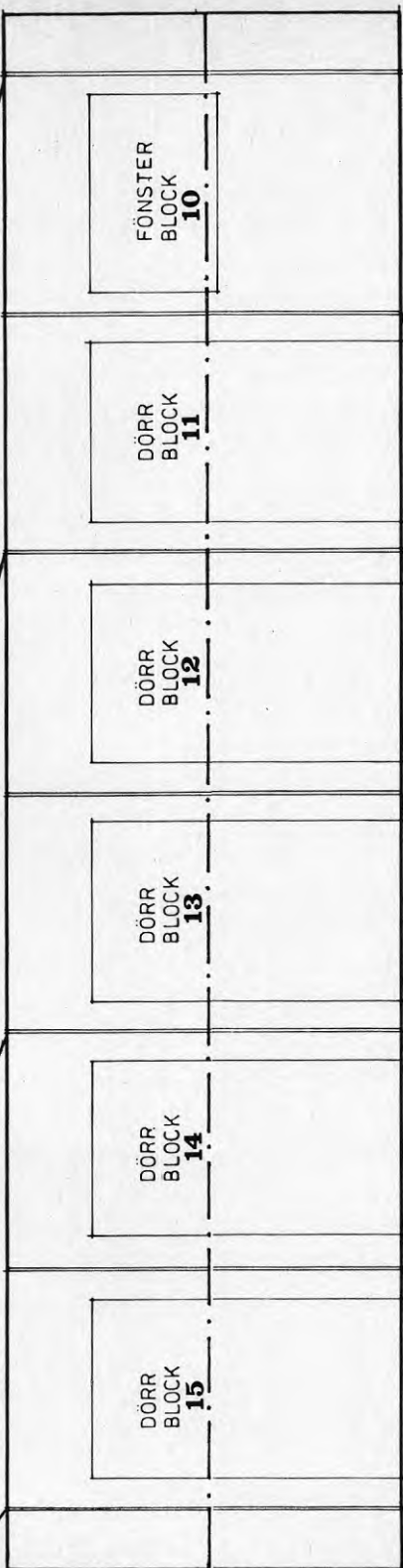
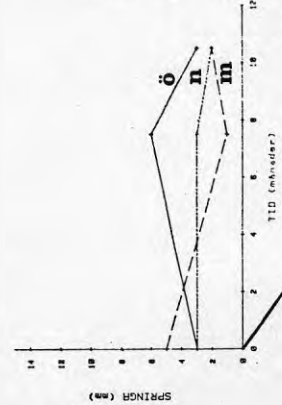
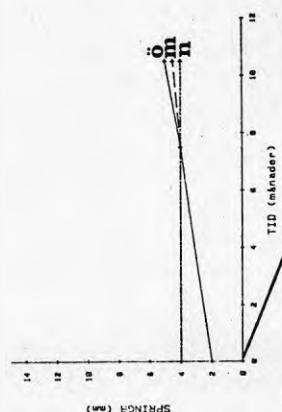
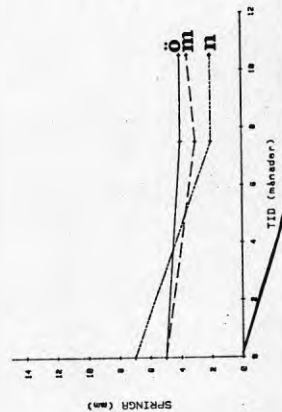
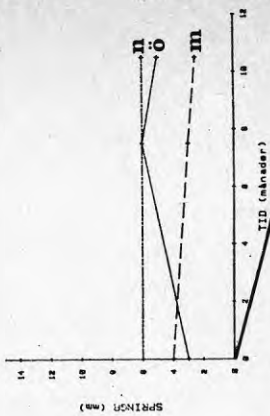
- a) Strax efter montering, juni 1981 (inga taktyngder var då på plats)
- b) Januari 1982 (kallt och torrt)
- c) Strax före demontering, maj 1982
- d) November 1982
- e) September 1983 (efter en varm och torr sommar)

Figur 7.1 Springbreddsförändringar i provhuset,
juni 1981 - maj 1982









Exempel på resultaten från mätningarna i punkt a-c finns presenterade i Figur 7.1. Man kan här se att springorna mellan väggelementen är 2-11 mm breda medan springorna mellan karm och väggregel kan vara ända upp till 27 mm breda. Det framgår också att springbredden förändras mellan mättillfällena. Ändringen som skett mellan mättillfälle a och b kan delvis bero på att inga taktyngder fanns på plats vid mättillfälle a. Skillnaden mellan mättillfälle b och c får däremot anses vara "reell". Största förändringarna som uppmättes i detta fall var 3 mm (elementfog) resp 4 mm (karm/väggregel-fog). I de flesta fall var förändringen någon mm. Även mellan mättillfällena d och e finns förändringar i springbredder. Här är den största förändringen 4 mm. Den mest frekvent förekommande förändringen är också här någon mm. Mätningarna finns presenterade i Bilaga 11.

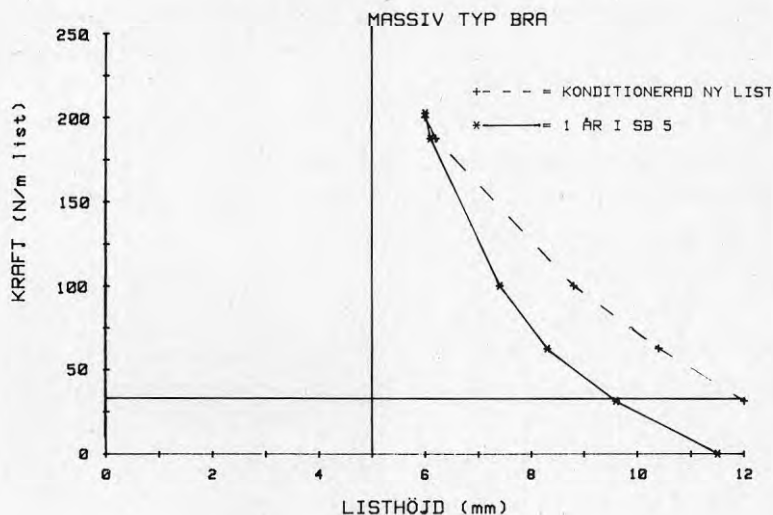
7.2 Lister som suttit i provhuset

Vid båda demonteringstillfällena uttogs ca 2 dm långa provbitar ur samtliga lister som tillverkats för vår räkning samt ur några kommersiella produkter. Proven har arkiverats i kylskåp.

En betydande missfärgning (gul) av träet hade skett där massivlister suttit monterade.

KSB-listerna karakteriserades genom styvhetsmätning eller uppmätning med skjutmått.

HS-listerna har främst okulärbesiktigats. För flertalet HS-lister har även draghållfastheten och hårdheten bestämts.



Figur 7.2 Styvhetskurvor för list Massiv typ Bra som suttit inmonterad 1 år i provhuset resp konditionerad ny list

I Figur 7.2 jämförs styvheten hos Massiv typ Bra som konditionerats ihoptryckt till en listhöjd av 6 mm i en vecka vid rumstemperatur och Massiv typ Bra som tagits ut vid första demonteringstillfället (efter 1 år). Övriga styvhetsdiagram från första demonteringstillfället återfinns i Bilaga 12. Samtliga lister har i olika hög grad försämrats vad beträffar styvhet, jämfört med konditionerad ny list. Någon direkt jämförelse mellan listerna kan dock inte göras eftersom de suttit i olika breda springor (elementfogar). Man måste då också beakta att springbredden varierat under året. Variationerna i springbredden avspeglas i diagrammen genom att den vertikala kravgränsen i tillämpliga fall inritats som ett intervall.

Resultaten från styvhetsmätningarna som gjordes på provbitar uttagna vid andra demonteringstillfället (efter 2,5 år) finns presenterade i diagram i Bilaga 13. I samma diagram är även styvheten efter 1 år inriktad. Även här är tendensen den att styvheten reducerats under den tid som gått sedan föregående mättillfälle.

Ingen av listerna hade spruckit eller på annat sätt krackelerat varken efter första eller andra demonteringen.

De mätresultat som erhållits för T-lister efter 1 år och efter 2,5 år visas i Bilaga 14. Typ Bra och Normal har inte påverkats i någon större utsträckning efter 1 år. Efter 2,5 år kan däremot en viss kvarstående deformation uppmätas. Typ Dålig, som påverkats mest, uppvisar en lägre kvarstående deformation efter 2,5 år än efter 1 år.

De draghållfasthetstester som gjorts på provbitar tagna ur HS-listerna efter första demonteringstillfället visar att brottöjningen för samtliga provade lister sjunkit med ca 30 %. Brottgränsen har däremot ökat för list typ Normal. För Cellist LV typ 1 och 2 är den i stort sett oförändrad. För Massiv typ Dålig har den minskat 58 %.

Ingen förändring i hårdhet har skett hos Massiv typ Normal eller CR-list, medan hårdheten hos Massiv typ Dålig har ökat med 13 °IRH.

Resultaten från dragprov och hårdhetsmätning efter 1 år visas i Bilaga 15, Tabell 1.

På de provbitar som tagits ur lister vid andra demonteringstillfället har endast en okulärbesiktning utförts. Denna okulärbesiktning gav inget intryck av att materialegenskaperna hos listerna har försämrats sedan första demonteringstillfället.

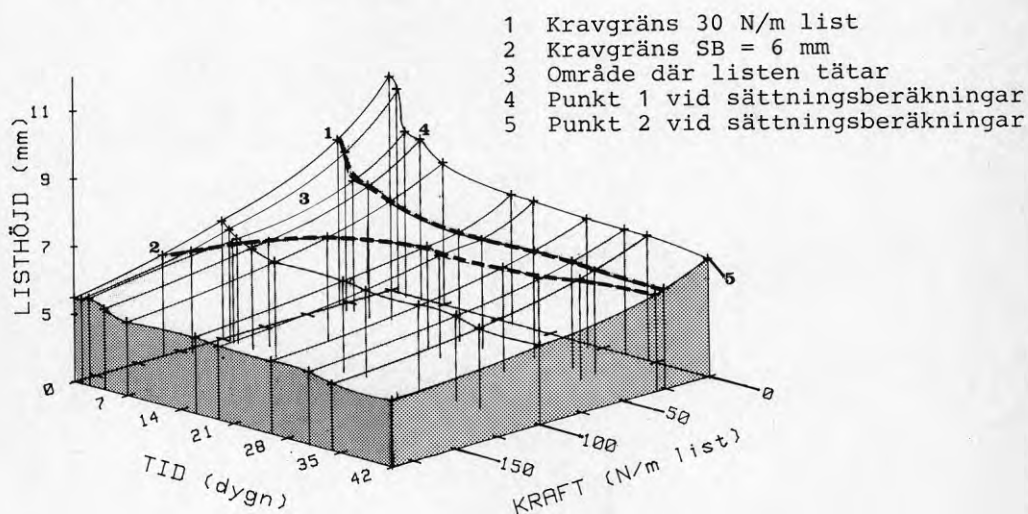
7.3 Laboratorieåldrade prov

Generellt gäller att varken tätningslister eller provkroppar spruckit eller på annat sätt krackelerat vid laboratorieåldringen. Proven har också bibehållit sina "gummiegenskaper". Listerna av massivgummi har gul-färgat träet vid kontaktytorna.

Den mest markanta och viktiga förändringen består i att listerna uppvisar varierande grad av kvarstående deformation och därigenom ett minskat funktionsområde.

7.3.1 KSB-lister

CELL-LIST BT TYP 2 EFTERVULKAD 90 °C SB 6



Figur 7.3 Tredimensionellt styvhetsdiagram

De styvhetsmätningar som utförts på lister som åldrats vid konstant springbredd redovisas i diagramform i Bilaga 16. Ur diagrammen kan avläsas hur styvheten ändras med tiden. Ett exempel på dessa tredimensionella diagram visas i Figur 7.3. Observera att styvheten vid tiden noll är den styvhet listen har efter förvaring en vecka vid rumstemperatur och resp springbredd. Den vita sektorn markerar det område där listen tätar vid en springbredd som överstiger den bredd där listen åldrats (6 eller 3 mm).

Huvuddelen av resultaten hänför sig till springbredden 6 mm. Orsaken är att listernas kanaler klubbade samman invändigt redan innan kanalväggarna hade deformerats vid springbredden 3 mm.

Förloppet karaktäriseras av en snabb initial minskning av funktionsområdet, följt av ett långsammare förlopp vid samtliga temperaturnivåer. Kvalitativt har förloppen stora likheter vid de olika temperaturnivåerna - endast tidsskalan ändras väsentligt.

Det framgår också att de olika produkterna har betydande skillnader i sin funktionsdugliga tid. Massiv typ Bra klarar sålunda kraven fortfarande efter 12 veckor vid 90 °C medan Massiv typ Normal når kravgränsen efter 1,5 veckor och Massiv typ Dålig efter mindre än ett dygn.

Traditionellt har man inom gummibranschen använt sättningen som ett mått på den permanenta deformationen för en gummiprodukt. Detta motsvarar förändringen i listhöjd vid kraften noll i styvhetsdiagrammen. Storheten ger alltså endast en begränsad information jämfört med styvhetskraven och dessutom ingen upplysning om mottrycket vid den springbredd där listen skall täta. Vi anser därför att styvheten är att föredra framför sättningsangivelser för produkter som behöver ett icke obetydligt anliggningsstryck. Då emellertid detta mått är relativt nyintroducerat anges även sättningen i Bilaga 16, Tabell 1.

Som närmare berördes under pkt 6.3 tätar T-listerna redan vid mycket lågt anliggningsstryck. Förändringen i listbredden redovisas i Bilaga 17. Efter 50 veckor vid 70 °C ligger t o m Massiv typ Dålig fortfarande över kravgränsen.

7.3.2 Laboratorieåldring av HS-lister

Listerna har under belastningen tryckts ihop så att den ursprungliga profilen förstörts. Istället har en "massiv" gummiplatta erhållits. Resultaten av de hållfasthetstester som utförts på provkroppar ur dessa gummiplattor presenteras i Bilaga 15, Tabell 2. Efter 40 veckor vid 90 °C har brottöjningen sjunkit med ca tre fjärdedelar för massivlisterna och med ca hälften för cellister. Brottöjningen är dock för samtliga större än 150 %. Dragbrottgränsen har ökat hos alla lister utom hos Massiv typ Bra där den sjunkit med 60 %. Hårdheten har ökat från 60 till 75 °IRH för Massiv typ Bra och Normal och från 45 till 70 för Massiv typ Dålig. Samtliga lister har fortfarande en tjocklek som är acceptabel ur tätningssynpunkt.

90 °C visade sig vara en för hög temperatur för CR-listen eftersom den snabbt genomgick en plastisk deformation. Vid övriga temperaturnivåer har hårdhet och tjocklek uppmätts, Bilaga 15, Tabell 2. Även CR-listen har kvar sina gummiegenskaper efter långa åldringstider. Listens tjocklek (6 mm) medgav inte att draghållfasthetstestning kunde utföras.

7.4 Kemiska karaktäriseringsmetoder

I Bilaga 10 redovisas resultaten från den kemiska materialkaraktäriseringen av listerna. Beträffande acceleratorrester visar de analyser som gjorts att mängden av dessa ligger alltför nära detekteringsgränsen för att en eventuell förbrukning av acceleratorrester skall kunna påvisas under åldringen.

En minskning i halten fritt svavel i ett vulkat gummi-material indikerar att en fortsatt vulkanisering har skett. För att utröna om så var fallet med lister som åldrats samt även med lister som endast förvarats vid rumstemperatur gjordes en analys av halten fritt svavel i 3 provkroppar, dels från list som åldrats vid 90 °C i 2 veckor, dels från list som förvarats i rumstemperatur ca 1 år och dels från list som legat i kylskåp sedan tillverkningen.

Frittsvavelanalysen, som utfördes enligt ASTM D 297 med en onoggrannhet av 0,002 % i det aktuella haltområdet, visar att halten fritt svavel sjunker efter åldring, både för prov som åldrats vid 90 °C och för prov som åldrats vid rumstemperatur, se Tabell 2.

Tabell 2 Analys av halt fritt svavel (Massiv typ Bra)

Förvarings-/ åldringstemp °C	Tid veckor	Fritt svavel %
6	52	0,036
23	52	0,018
90	2	0,012

7.5 Övriga utvärderingsmetoder

7.5.1 Svällningsförsök

Provbiten av Cellist BT typ 1 åldrad vid 90 °C i 7 veckor svällde betydligt mindre än provbiten tagen ur ny list. Den senare provbiten fick vid svällningen en 4-6 gånger större volym än den åldrade.

7.5.2 Relaxationsmätning

Resultaten av relaxationsmätningarna redovisas i Bilaga 18. Liksom styvhetsmätningarna visar relaxationsresultaten en snabb initialsänkning av motkraften. För dessa produkter som deformerats redan vid små belastningar blir osäkerheten i mätningen dock otillfredsställande. För massiva gummiprodukter förefaller metoden lovande.

7.6 Slagseghetstillsatser för PVC

Slagseghetstillsatsernas hållfasthetsegenskaper försämrades inte nämnvärt efter åldringen. I Bilaga 19, Tabell 1 redovisas resultaten från draghållfasthets- samt slagseghetstesterna.

Slagseghetstillsatserna visar inte heller några tecken på dåliga beständighetsegenskaper då de åldrats inblandade i PVC, Bilaga 19, Tabell 2.

8 DISKUSSION

8.1 Erfarenheter från insamlade produkter

Det stora flertalet av de många PoG-produkter som ingår i dagens byggnation har betydligt mindre än 10 år på nacken. Någon större erfarenhetsåterföring beträffande deras långtidsegenskaper har därför inte varit möjlig. Andra produkter har visserligen funnits på marknaden länge under samma "beteckning" men bland polymertekniker är det väl känt att de komponenter som ingår idag betydligt skiljer sig från dem som ingick i produkterna för 20 år sedan. Eftersom även designen genomgått betydande förändringar är förutsättningarna små att erhålla exempel som direkt kan utnyttjas för att styrka livslängdsuppskattningar för dagens produkter.

En materialtyp som emellertid både funnits länge på marknaden och som dessutom inte förändrats i lika hög grad som många andra produkter är rör och profiler av styv PVC. Karaktäriseringen av de styva PVC-produkter vi hade tillgång till efter första insamlingsskedet, Bilaga 1, visade inga tecken på alarmerande förändringar hos detta material. Detta stämde väl överens med PVC-branschens egen uppfattning om sitt material /14/. Ingen information hade influerat om problem med produkter som suttit inomhus utan mekanisk påkänning. När vi fick information från Göteborgs Bostads AB att de inom ett stort bostadsområde höll på att byta ut samtliga golvlister och dörrfoder av PVC-plast eftersom dessa sprack sönder redan vid obetydliga stötar, exempelvis vid dammsugning, kom det som en stor överraskning.

Orsaken till den dåliga beständigheten låg, som tidigare redovisats i pkt 4 hos den slagseghetstillsats som inkorporerats för att höja slagsegheten. Efter ett visst detektivarbete kunde vi spåra producenten som medgav att man inte ägnat någon tanke åt livslängdsaspekten vid valet av slagseghetstillsats. Idag är det välkänt att den typ av polymermaterial som till-

sattes, ABS, är ytterst oxidationskänsligt och kräver stabilisator tillsats. Den använda tillsatsen var inte stabiliserad. Som framgår av provningarna av dagens produkter, Bilaga 19, där en serie av aktuella slagseghetstillsatser testats, förefaller dessa inte inge några direkta farhågor ur beständighetssynpunkt.

Det ovanstående illustrerar problemen som kan uppstå när nya material och produkter introduceras utan krav på beständighet. Ibland hamnar man rätt men misslyckandet ligger lika nära. Nyskickskrav räcker inte för att säkerställa livslängden. Relevanta påskyndade åldringsmetoder måste tillämpas.

En annan aspekt är lika viktig. PoG-materialen är fortfarande såpass lite kända att materialgruppen lätt får en dålig image. I det aktuella fallet hade förvaltaren tagit så stort intryck av den dåliga PVC-listen att man efteråt misstrodde alla PVC-produkter. Detta fick bl a en ytterst negativ effekt vid marknadsföringen av fönster med båge och karm av plast.

8.2 Provhuset

Provhuset har varit utomordentligt värdefullt för projektets genomförande på flera plan.

Först och främst gav det möjlighet att följa hantering och montering av listerna så som det verkligen utförs på en byggarbetsplats. Dessutom fick vi tillfälle att noggrant kartlägga listernas mikroomgivning, t ex mekanisk påkänning, temperatur, fuktnivå samt omgivande material vilket var av största vikt vid utformningen av laboratorieåldringstesterna.

Det framgick klart att modern elementbyggnadsteknik ställer stora krav på fogtättningsprodukterna. Skillnaden i fogbredd är inte bara avsevärd mellan olika fogar utan t o m inom samma fog, jfr Figur 7.1.

Fogen kan vara allt från parallell till kilformad eller "pilbågslik" med fogbredder som varierar från någon millimeter till en centimeter. Samma produkt skall samtidigt kunna fylla en stor springa men får inte "bygga" i en liten. Dessutom skall den vara följsam och täta vid relativt lågt anliggningsstryck.

Som redovisades i avsnitt 5.2.3 har vi till yttermera visso kunnat konstatera att fogbredden i samma punkt ändras med tiden. Listen skall alltså ha förmåga att upprätthålla ett tillräckligt anliggningsstryck även om fogen vidgas efter årtal.

Man kan fråga sig om inte detta är att ställa orimligt höga krav på en produkt. I ett förhoppningsvis kommande standardiseringsarbete anser vi att även frågan om större krav på det byggnadstekniska utförandet borde kunna diskuteras.

8.2.1 KSB-lister

Redan vid första demonteringsstillfället, efter 1 år - jfr Bilaga 12, kunde vi konstatera att många produkter genomgått betydande förändringar. Mellan 1 och 2,5 år är skillnaderna mindre. Kvalitativt stämmer detta väl med de observationer som gjordes vid laboratorieåldringen där ett snabbt initialförlopp åtföljs av en långsammare förändring.

Redan efter 1 år har Massiv typ Dålig och Kommersiell BT-list typ B förlorat sin förmåga att klara en fogbreddsökning. Cellist BT typ 1 och 2, Kommersiell BT-list typ A samt Massiv typ Normal har fortfarande potentiell möjlighet att täta vid några millimeters ökning av fogbredden. Cellist BT typ 2 Eftervulkad och Massiv typ Bra har möjlighet att fylla sin funktion vid ännu större rörelser i fogen. Situationen efter 2,5 år är i stort sett likartad, Bilaga 13.

T-listerna har som tidigare nämnts en design som är ytterst fördelaktig med sina följsamma "vingar" som tätar bra redan vid lågt anliggningsstryck och sitt relativt kraftiga mittparti som tjänstgör som "fjäder". T o m T-list typ Dålig med en nyskicksbredd av 25 mm som suttit 1 år vid 9 mm har kvar sin förmåga att täta ända upp till 15 mm. Jämförelsen med Massiv typ Dålig som tillverkats av samma gummiblandning är slående.

8.2.2 HS-lister

De flesta HS-listerna har blivit starkt deformerade vid belastningen. Varken Massiv typ Normal eller Dålig "reser sig" igen ens efter månaders avlastning. Tendensen till hopklibbning inne i kanalerna är dock mindre i provhuset än vid laboratorieåldringen (3 mm springbredd). I de flesta fall har listerna förvandlats till "gummiplattor" vilket emellertid knappast framgår av det broschyrmaterial som presenteras av listproducenterna. Denna förändring av produkten försämrar dessbättre inte listernas funktionsduglighet. Listmaterialet har bibehållit sin gummiliknande karaktär och uppvisar heller inga sprickor eller krackeleringar. Tätning förmågan är således fortfarande tillfredsställande.

CR-listen, som redan vid tillverkningen är utformad som en platta, har inte förändrats nämnvärt under tiden i provhuset. Denna list anses dock av byggnadstekniker ha den nackdelen att den p g a sin tjocklek (6 mm) måste medräknas vid måttsättning av konstruktionen.

8.3 Laboratorieåldring

8.3.1 Val av åldringsmetodik

Traditionellt har man inom gummibranschen koncentrerat sina ansträngningar på att göra en rättvisande jämförelse mellan olika materials och produkters sätt-

nings eller deformationsegenskaper. Detta har lett till att inerta plana ytor som t ex förkromat stål normalt utnyttjas vid bestämning av sättning och relaxations-egenskaper.

Om man däremot har som huvudsyfte att simulera verklig åldring är det viktigt att klarlägga hur de material inverkar som produkten kommer i kontakt med vid användningen. Under punkterna 5.3.3 och 5.3.4 har vi redogjort för de kraftiga effekter vi erhöll då obehandlat trä, som listerna verkligen sitter i kontakt med, jämfördes med inerta ytor av aluminium. Orsaken till skillnaderna ligger enligt vår uppfattning i den transport av ämnen som kan ske mellan träet och gummimaterialet. Den tydliga gulfärgningen av träytor som suttit i direkt kontakt med listen är exempelvis en klar indikation på att gulfärgade produkter migrerat från listen till träet, jfr pkt 7.2. Såvitt vi känner till är det ytterst sällan man avviker från användningen av inerta ytor vid utvärderingen av gummimaterial. Ur täthetssynpunkt har också ytojämnheten stor inverkan. Enligt vår uppfattning medför den traditionella utvärderingen en potentiell risk vid bedömning av produkter för en specifik applikation.

Vid valet av kontaktmaterial har vi sökt efterlikna den verkliga situationen så långt som möjligt. De hyvade träplattorna av fur var emellertid kvistfria för att undvika en slumpvis inverkan av kvistar på delar av lister. Liksom vid åldringen av provhuset fick vi en tydlig gulfärgning av träytorna i kontakt med vissa lister.

För att bibehålla träets egenskaper krävs en hög fukthalt vid laboratorieåldringen. Ur nedbrytningssynpunkt är det samtidigt viktigt med kontrollerad luftomsättning. Dessa omständigheter gör det nödvändigt att använda sig av s k klimatskåp där man samtidigt kan reglera fukthalt, luftomsättning och temperatur med god noggrannhet. Jämfört med konventionella värmeskåp där

endast temperaturen kan regleras blir klimatskåpen emellertid betydligt dyrare både i inköp och drift.

Som framgått ovan eftersträvade vi att låta belastning, kontaktmaterial och fukthalt vara så nära lik verklig åldring som möjligt och endast använda temperaturökning som accelererande faktor vid laboratorieåldringen.

8.3.2 Utvärderingsmetodik för KSB-lister

Vid utvärderingen av KSB-listerna har styvhetsmätningarna arbetsmässigt utgjort en stor del av den experimentella insatsen. Vi anser dock att en utvärdering grundad på denna information, t ex bestämning av funktionsområde efter olika åldringstider, är väsentligt mer värdefull än traditionella mått som exempelvis sättningsvärden. Felet som härrör från själva mätningen i universalprovare är försumbart. Den väsentligt större osäkerhet som styvhetskurvorna i Bilaga 16 uppvisar härrör snarare från skillnader mellan listernas två "kanaler", vilka inte särskildes vid försöken, och viss deformation av träplattorna mellan distansstyckena. I en framtid rekommenderar vi distansstycken mellan varje provkropp (~ 30-40 mm avstånd) samt utvärdering av kanalerna var för sig.

Under arbetets gång har det framkommit att listernas funktionsdugliga tid är starkt beroende av hur kravgränserna sätts. Även till synes små förändringar kan exempelvis halvera livslängden.

8.3.2.1 Täthetskravet

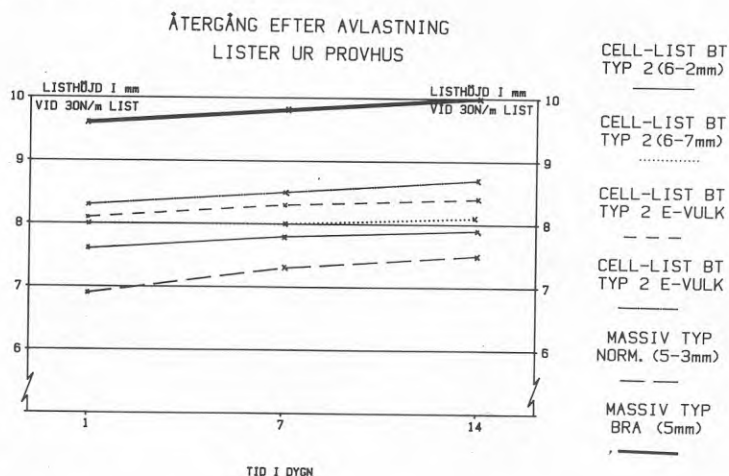
Täthetskravet baseras på ett grundkrav för högsta tillåtna luftläckage genom en yttervägg. Omräknat till luftläckning per löpmeter fog har det omvandlats till ett krav på listernas anliggningstryck. Som framgår av Bilaga 9 inverkar både listernas utformning och materialegenskaper på tätningsförmågan. Ytfinheten och porositeten hos kontaktytan är naturligtvis också betydelsefull. Detta medför att

man får stora variationer för olika kombinationer. En stor tunnväggig något klibbig "kanal" som pressas mot en jämn och slät yta tätar vid lågt anliggningstryck. Så kräver exempelvis Massiv typ Dålig endast 4 N/löpmeter list för att uppfylla täthetskravet mot lackerad plywood. För att tätas mot hyvlad fur kräver däremot Cellist BT 40 N/löpmeter list. Vi har valt 30 N/löpmeter list som ett nära genomsnittligt värde mot hyvlad fur för de produkter som studerats. I ett framtida normarbete bör dock frågan tas upp på nytt.

8.3.2.2 Återhämtning

Enligt SS 24.37 05, som rör provning av cellgummi med slutna celler, skall produkten tillåtas att återhämta sig i 24 h efter avlastning innan provningen sker. Vid de genomförda provningarna har denna rekommendation följts.

Samtliga provkroppar som ingår i vår undersökning har arkiverats. Vid genomgång av materialet har vi emellertid kunnat observera att lister som efter 24 h avlastning fortfarande var kraftigt deformerade, efter längre tids avlastning närmade sig den ursprungliga formen. En undersökning av avlastningstidens betydelse finns redovisat i Figur 8.1.



Figur 8.1 Listhöjd som funktion av avlastningstiden

Det visar sig att kraftigt deformerade lister visserligen återhämtar sig snabbast under de första dygnet, men att processen fortgår åtminstone 2 veckor. Detta faktum bör beaktas vid fortsatt arbete. Rörelserna i en verklig byggnad är så långsamma att även produkter som återgår relativt långsamt troligtvis är acceptabla.

Orsaken till de långa återhämtningstiderna för cellgummiprodukterna är deras höga andel slutna celler. När den ursprungliga cellgasen väl pressats ut tar det lång tid för luften att diffundera in genom cellväggarna efter avlastningen. Ju högre andel öppna celler desto snabbare återgång.

8.3.2.3 Springbreddsökning

Vid redovisningen av resultaten från styvhetsmätningarna har springbredden vid vilken listen laboratorieåldrats satts som den "undre" kravgränsen. Rörelserna i fogarna, Figur 7.1, medför emellertid att listerna måste kunna täta vid förändrad springbredd. Ett krav på funktionsduglighet även vid ökad springbredd innebär att livslängden reduceras kraftigt. Även denna omständighet bör beaktas vid en framtida metodutveckling.

Det är emellertid sannolikt att ett krav på täthet vid 1-2 mm större springbredd än den som listen åldrats vid till stor del kan kompenseras genom att man samtidigt tar hänsyn till listernas långsamma återhämtning.

8.3.3 Utvärdering av HS-lister

Som diskuterats under pkt 8.2.2 inskränker sig kravet på HS-listerna till att de ej har krackelerat eller spruckit samt att materialet fortfarande har gummi-liknande karaktär.

8.3.4 Resultat

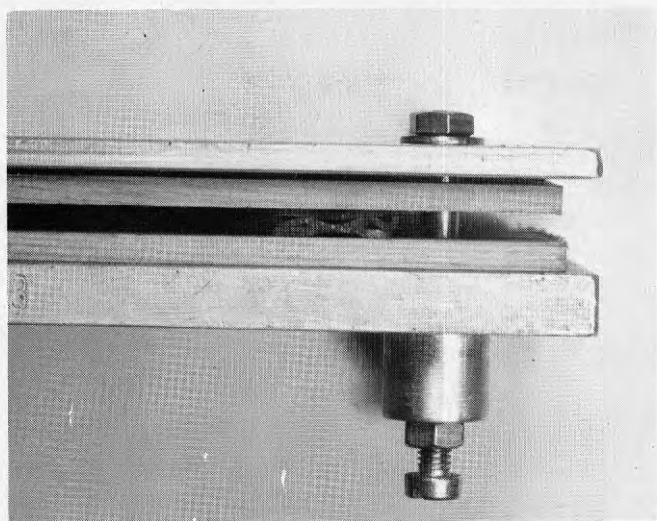
8.3.4.1 HS-lister

T o m efter 40 veckor vid 90 °C uppfyller samtliga EPDM-lister täthetskravet, d v s de har fortfarande gummikaraktär. Kemiskt sett innehåller EPDM strukturelement som är identiskt lika med sekvenser i både polyeten (PE) och polypropen (PP) och uppvisar ett likartat nedbrytningsförlopp vid termo-oxidativ åldring. Utan tillsats av stabiliserande ämnen förlorar både PE och PP fullständigt sin mekaniska hållfasthet efter bara någon vecka vid 90 °C i luft.

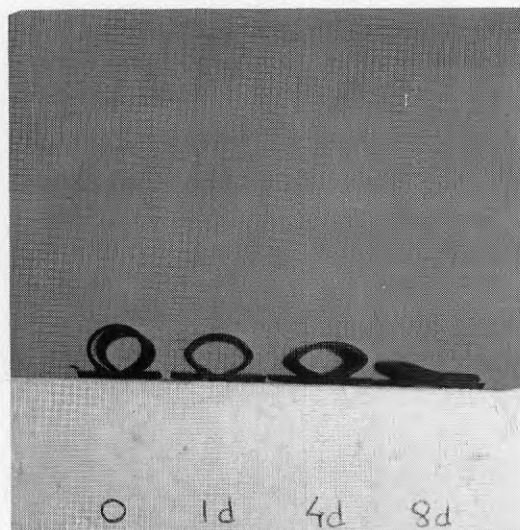
Det är känt att omvandlingsprodukter från tillsatta acceleratorer till vulkaniseringssystemet kan ha en stabiliserande inverkan. Den kemiska analysen, Bilaga 10, visade emellertid att halten av sådana ämnen var mycket låg även före åldring och att den inte förändrades även efter mycket långa tider. Eftersom inget stabiliserande ämne (antioxidant) tillsatts vid produktionen måste stabiliseringen härröra från råvarutillverkaren av EPDM. Detta förhållande var dock inte känt inom de listproducerande företagen. EPDM-produkter är i allmänhet kända för god åldringsbeständighet. Det är dock viktigt att observera beroendet av välstabiliserade råvaror, särskilt som detta inte specificeras i råvaruspecifikationen.

8.3.4.2 KSB-lister

Som framgår av Figur 8.2 är påkänningen på en slanglist koncentrerad till en begränsad del av en "kanals" omkrets. Mot denna bakgrund är det inte överraskande att listen deformeras snabbt inom denna zon, Figur 8.3.



Figur 8.2 "Kanal" i provrigg



Figur 8.3 Listprofil efter åldring i provrigg typ B,
 $S_b = 3 \text{ mm}$, vid 90°C för list Massiv typ Bra

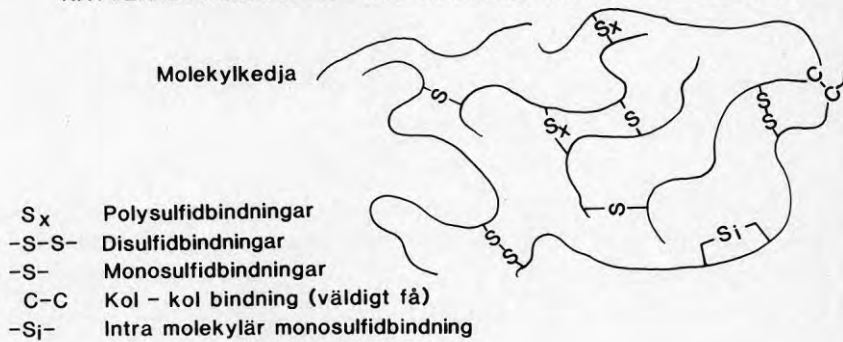
Redan tidigt kunde vi konstatera att förändringarna inte härrörde från nedbrytning av molekyllkedjorna (de mekaniska egenskaperna kvarstod).

I den tidigare BFR-rapporten /5/ redovisades synpunkter från DSM i Holland där man bl a poängterade att man måste ta hänsyn till att EPDM-produkter säl- lan är utvulkade då de lämnar tillverkaren. Ett mått på vulkaniseringsgraden är halten fritt svavel. Ju mindre mängd oreagerat svavel som finns kvar desto högre vulkaniseringsgrad. Den analys av fritt svavel som utförts indikerar att vulkaniseringsprocessen fortgår även under åldringen. Detta innebär att nya tvärbindingar bildas som låser polymerkedjorna i den deformerade produkten, vilket bidrar till att list- ten formas efter den springa den sitter i vid åld- ringen.

Den ökande tvärbindningsgraden avspeglar sig också i den minskande svällningsbenägenheten för åldrad list, jfr 7.5.1.

En ytterligare möjlig orsak till deformationen är omlagring av polysulfidiska tvärbindingar vilket ob- serverats för naturgummi /15/. "Styrkan" hos svavel- tvärbindingar är omvänt relaterad mot deras längd. Långa sekvenser bryts vid mekanisk belastning och de båda fria ändarna kan därefter bilda nya kortare sva- velbryggor medan bryggor med en eller två svavel- atomer i stort sett förblir intakta. Figur 8.4.

NÄTVERKSSTRUKTUREN I ETT SVAVELVULKAT GUMMIMATERIAL



Figur 8.4 Schematisk bild av nätverksstrukturen i ett svavelvulkat gummaterial

Denna process medför liksom eftervulkningen en lösning av listen i deformerat skick.

En indikation på att denna process sker vid åldringen är att även den fullständigt utvulkade listen, Cell-list BT typ 2 Eftervulkad, deformerar, om än inte lika snabbt.

I samband med ett 20-poängsarbete vid Fysikalisk Kemi vid Göteborgs Universitet har Karin Eriksson närmare undersökt frekvensen hos dessa processer /16/. Det visar sig att både fortsatt vulkanisering och omlagring av polysulfidiska tvärbindingar sker parallellt.

8.3.5 Accelerationsfaktorer

Ett första steg vid bedömningen av en påskyndad åldringsmetod är att utvärdera dess förmåga att förutsäga livslängd vid olika temperaturnivåer. En sammanställning av resultaten från de olika temperaturnivåerna presenteras i Tabell 3 och 4.

Kriteriet "30 N/m list vid 6 mm listhöjd" är direkt relaterat till gränsen för oacceptabelt hög luftläckning. Kriteriet "40 % av ursprunglig kraft vid 6 mm listhöjd" innebär en jämförelse på ett tidigare stadium av nedbrytningsförloppet.

Tabell 3 Jämförelse mellan observerad och beräknad tid till förändring för EPDM-listen som suttit i konstant springbredd, 6 mm. De beräknade tiderna har erhållits genom att applicera Arrheniusfaktorn: 2 ggr reaktionshastighetsminskning per 10 °C på observerade värden vid 90 och 70 °C

Listtyp	Kriterium	90 °C		70 °C		55 °C	
		Obs (veckor)	Ber (veckor)	Obs (veckor)	Ber (veckor)	Obs (veckor)	Ber (veckor)
Massiv typ Bra	40 % av urspr kraft vid 6 mm listhöjd	-	-	12	-	38	34
	30 N/m list vid 6 mm listhöjd			> 40		-	> 113
Massiv typ Normal	40 %identiskt med 30 N/m	1,15	4,6	4,5	4,6	12	13
Massiv typ Dålig	30 N/m	< 0,15	< 0,6	0,3	< 0,6	1	0,9
Cellist BT typ 1	40 %	-	-	3	-	11	8,5
	30 N/m	0,15	0,6	11 ^{x)}	0,6	-	31
Cellist BT typ 2	40 %	-	-	4	-	25	11
	30 N/m ...	0,15	0,6	8	0,6	30	23
Cellist BT typ 2 värmebehandlad	40 %	-	-	15	-	48	42
	30 N/m ...	5,5	21	> 20	21	58	> 56

x) Extrapolerat värde

Som framgår av Tabell 3 har försöken att prognosticera livslängd vid lägre temperaturnivåer baserats på resultaten från åldring vid 70 °C. 90 °C's värdena visade sig definitivt olämpliga eftersom man för båda cellisterna erhöll beräknade värden vid 70 °C som var i storleksordningen en tiondel av den observerade livslängden. För massivlisterna och den värmebehandlade cellisten var överensstämmelsen betydligt bättre. För massivlisten typ Normal erhölls ett beräknat värde på 4,6 veckor mot observerat 4,5 och för värmebehandlad cellist 21 veckor mot observerat 20, allt baserat på Arrheniusfaktorn 2.

8.4 Åldring vid förhöjd temperatur kontra användningstemperatur

Utgående från Arrheniusfaktorn 2 har vi jämfört förändringarna som observerats för produkter vilka suttit i provhuset 1 år med prov som laboratorieåldrats vid förhöjda temperaturnivåer.

I Tabell 4 redovisas resultaten för HS-lister.

Tabell 4 Jämförelse mellan egenskapsförändringar efter 8 dygn 70 °C och 1 år i provhus för HS-lister

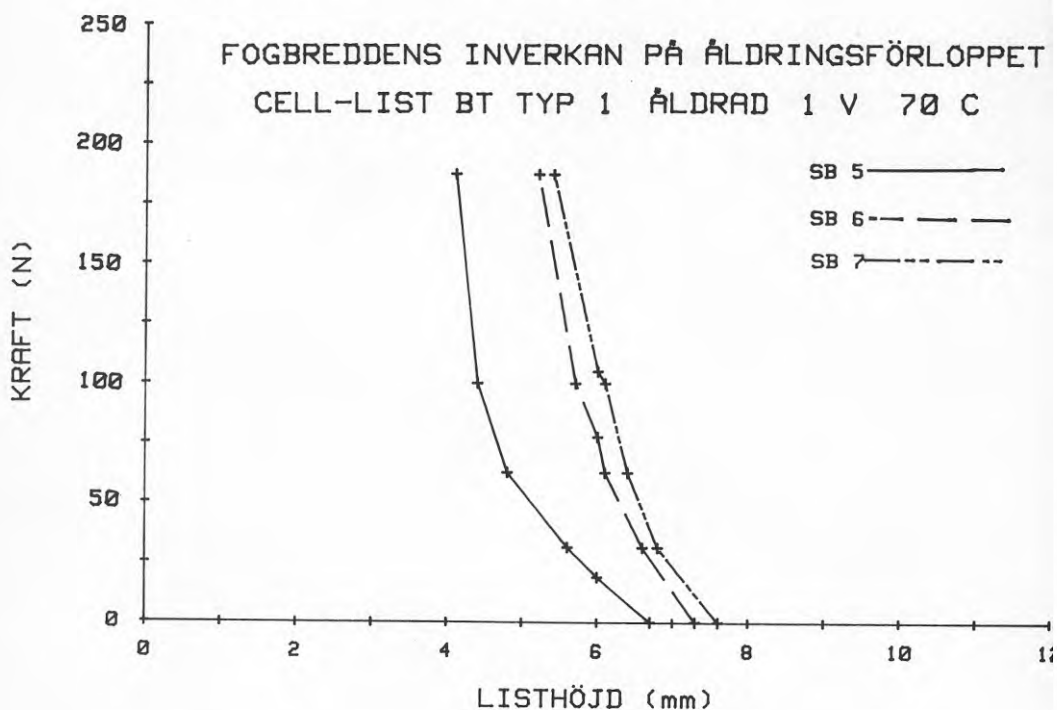
Listtyp	Oåldrad			8 dygn, 70 °C			1 år i provhus			
	Hård- het OIRH	σ_B MPa	ϵ_B %	Hård- het OIRH	σ_B MPa	ϵ_B %	Hård- het OIRH	σ_B MPa	ϵ_B %	Tjock- lek mm
Massiv typ Normal	58	8,9	600	60	9,3	310	58	10,0	350	x
Massiv typ Dålig	45	4,2	510	55	3,8	400	58	3,7	390	2,7
Cellist LV typ 1	-	1,8	460	-	2,4	250	-	2,2	320	x
Cellist LV typ 2	-	2,2	460	-	2,4	250	-	1,9	330	x

x = delvis bibehållen listprofil

En god överensstämmelse kan konstateras för samtliga temperaturnivåer.

Den utvecklade åldringsmetodiken synes ha goda möjligheter att förutsäga funktionsduglig tid för dessa produkter.

Jämförelsen mellan laboratorieåldrade prov av KSB-lister med dem som suttit 1 år i provhus gav inte något lika entydigt resultat, Bilaga 20. Mellan de prov som åldrats vid 55 och 70 °C var överensstämmelsen god medan de "1 års-åldrade" listerna från provhuset uppvisade en mer komplex bild. Avvikelserna var i samtliga fall oacceptabelt stora men varierade mellan proven. Samma listtyp kunde uppvisa stora differenser om proven suttit i olika stora springor. För att få en uppfattning om fogbreddens betydelse för åldringsförloppet undersöktes detta genom att åldra Cellist BT typ 1 vid springbredderna 5, 6 och 7 mm, Figur 8.5.



Figur 8.5 Fogbreddens inverkan på styvhetskurvans utseende efter åldring

Som synes är effekten betydande även vid så ringa skillnad som mellan 5 och 6 mm. I avsnitt 7.3.1 har vi redovisat resultaten för KSB-lister som åldrats i 3 mm fogbredd. Den snabba försämringen som då observerades förmodade vi till största delen bero på klibbningstendenserna inne i kanalerna. Vid närmare studium av resultaten framgår det att effekterna är stora redan innan listen klibbar samman.

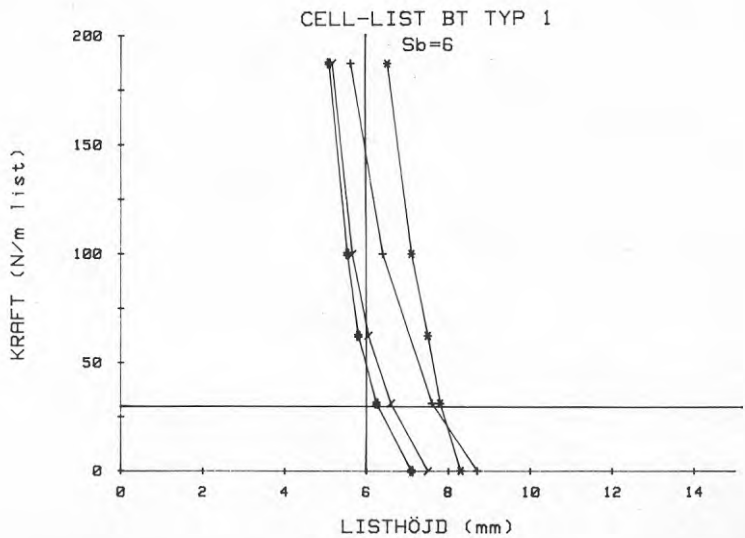
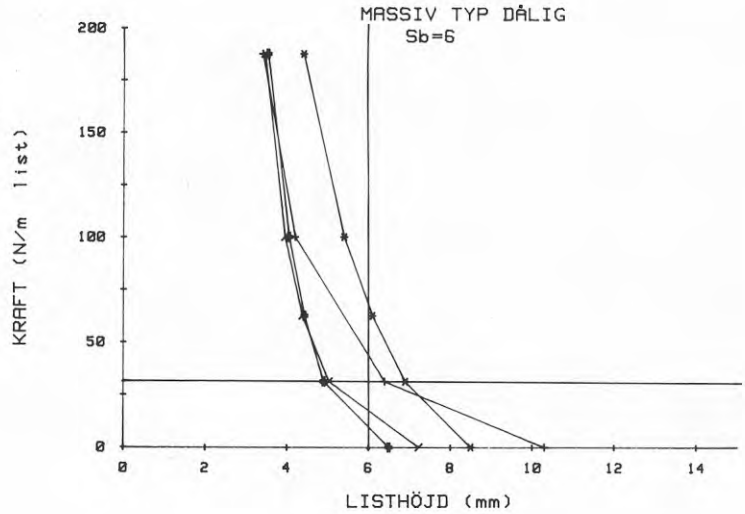
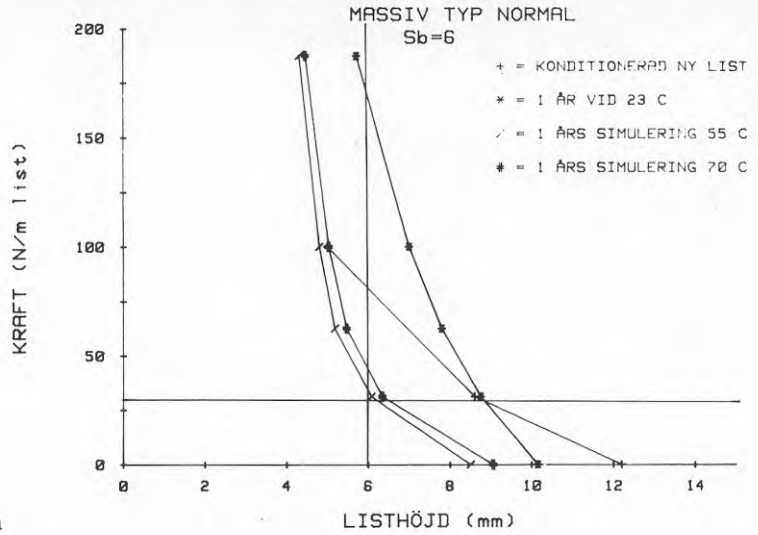
Resultaten innebär först och främst att en KSB-lists funktionsområde även efter en kort tids åldring är starkt beroende av den fogbredd den suttit i. Det kan mycket väl vara så att en list som suttit 1 år i en 6 mm bred fog "klarar" en fogbreddsändring till 8 mm och fortfarande tätar, medan samma list som suttit i en 3 mm bred fog troligtvis inte tätar ens vid en förändring till 6 mm bredd.

Det starka fogbreddsberoendet medför också att en exakt laboratoriesimulering av KSB-listernas åldring i provhuset blir näst intill omöjlig att genomföra. I så fall skulle man nödgas simulera de fogbreddsförändringar som observeras i provhuset för varje enskild fog.

En godtagbar uppskattning av produkternas livslängd torde dock kunna ske utan en simulerad fogbreddsförändring vid laboratorieåldringen.

Dagens elementbyggnadsteknik med stor spännvidd i fogbredden - även inom en och samma fog - samt fogbredds-förändringarna över tiden ställer mycket stora krav på tätningslisten. Inte nog med att listen skall kunna täta i t ex en kilformad fog, den måste även ha kvar sin förmåga att anpassa sig då kilen förvandlats till en "pilbåge". Enligt vår uppfattning kan det finnas skäl att ifrågasätta om inte en viss förändring av elementbyggnadstekniken måste till om KSB-lister med tillräcklig livslängd skall kunna produceras.

Figur 8.6
Jämförelse mellan
styvhetskurvorna
efter åldring i
provrigg typ A,
Sb = 6 mm, 1 år
i konstantrum
vid 23 °C och
simulerad 1-års-
åldring vid 55
och 70 °C.



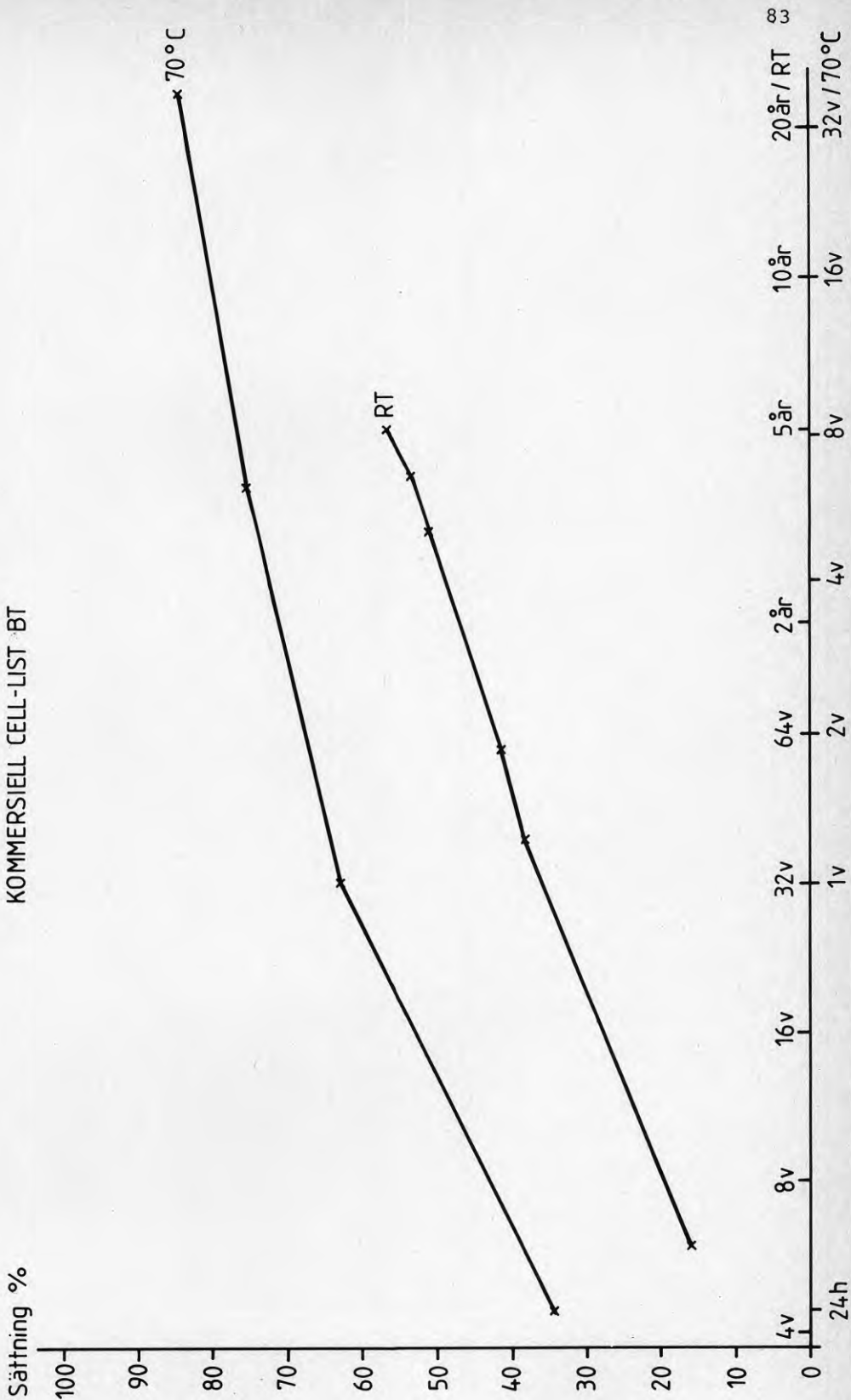
Eftersom vi inte kunde jämföra de prov som "1 års-åldrats" vid förhöjd temperatur med de verkligt åldrade listerna övergick vi till ett försök att simulera 1 års åldring i konstantrum (23 °C, 50 % RF) där springbredden hållits konstant. Resultaten visas i Figur 8.6.

Liksom vid det tidigare simuleringsförsöket observerades en god överensstämmelse mellan 55 och 70 °C-proven. Fortfarande kvarstår emellertid en otillfredsställande överensstämmelse med proven som åldrats vid rumstemperatur, trots att springbredden inte varierat. Åldringen som skett vid förhöjd temperatur orsakar en betydligt större förändring av funktionsområdet än rumstemperaturåldringen.

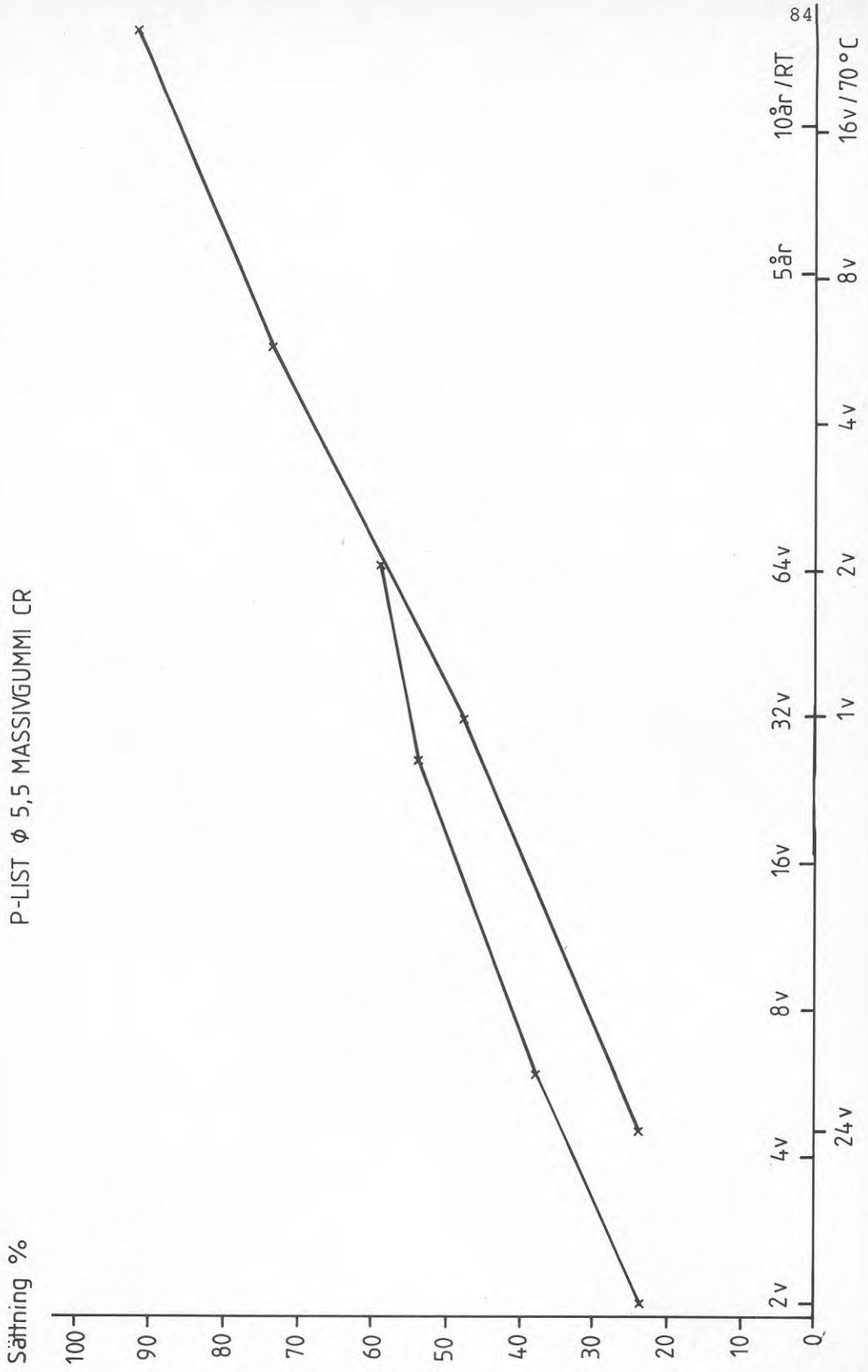
Liknande observationer för vissa listtyper har rapporterats av R Andersson, Rydaholms Gummifabrik AB /17/, Figur 8.7.

Figur 8.7 Sättning som funktion av åldringstiden för två lister som laboratorieåldrats vid Rydaholms Gummifabrik AB. För detaljer, se text nedan.

KOMMERSIELL CELL-LIST BT



P-LIST ϕ 5,5 MASSINGUMMI CR



I Figur 8.7 har skalorna inlagts så att de motsvarar Arrheniusfaktorn 2. För cellgummlisten föreligger en stor diskrepans medan massivlisten visar en mycket bättre överensstämmelse. Det måste betonas att det föreligger stora skillnader mellan SP och Rydaholms Gummifabrik i såväl åldrings- som utvärderingsmetodik. Rydaholms lister har sålunda suttit mellan glasplattor och varit hoptryckta till 50 % av nominell listhöjd. Rumstemperaturåldringen har skett i vanlig laboratorielokal och åldringen vid 70 °C i värmeskåp vid mycket låg luftfuktighet. Utvärderingen baseras på förändring i sättning. Ytterligare resultat från Rydaholm redovisas i Bilaga 21.

Vi har idag ingen entydig förklaring till varför olika produkter visar olika grad av överensstämmelse mellan åldring vid förhöjd temperatur och rumstemperatur. Förutom utvulkningsgraden kan även fördelningen av sulfidiska tvärbindningar ha en stor betydelse. Enligt Kuzminsky /15/ omlagras polysulfidbindningar först vid ca 100 °C i en obelastad produkt, medan de omlagras vid 50-60 °C om den är mekaniskt belastad. Frågan är om sådana omlagringar sker även vid rumstemperatur och med vilken hastighet.

Enligt vår uppfattning krävs ytterligare undersökningar innan orsakssammanhangen kan stå klara. I samtliga fall visar sig emellertid åldringen vid förhöjd temperatur orsaka lika stora eller större förändringar än de som observeras vid rumstemperatur.

9 STANDARDISERING - VAD KRÄVS?

Enligt vår uppfattning bör materialet i denna rapport kunna ligga till grund för ett snabbt standardiseringsarbete både för HS- och T-lister. Dels finns goda indikationer på att den använda metoden för påskyndad åldring ger en adekvat acceleration av de kritiska egenskaperna, dels uppfyller flertalet produkter de uppställda kraven under tider som kan förmodas motsvara mer än 50 år.

Vad beträffar KSB-listerna är bilden inte lika entydig. Våra laboratorieresultat och åldringen i provhus ger samma kvalitativa bild, men ett flertal frågor behöver sannolikt belysas ytterligare innan den definitiva åldringsmetodiken och kravgränserna fastställs.

- 1 Fogbreddsvariationerna och fogstorlekar i konventionella elementbyggda hus.
- 2 Vilka krav skall ställas på funktionsområdet efter åldring? Skall listen endast täta i den fogbredden åldrats eller skall den kunna täta vid en ökning av springbredden med någon/några mm? Jfr 1.
- 3 Vid vilken/vilka springbredder skall listerna provas? Programmerad förändring? Jfr 1.
- 4 Vilken accelerationsfaktor kan man ansätta? Stora skillnader föreligger troligen mellan produkter med olika utvulkningsgrad och fördelning av sulfidiska tvärbindingar.
- 5 Avlastningstid före utvärdering.
- 6 Kan man tänka sig byggnadstekniska förändringar för att underlätta kravprofilen?
- 7 Hur bör risktagandet fördelas på de olika parterna i byggprocessen?

För att uppnå en produktstandard är det enligt vår mening nödvändigt med en intim samverkan mellan såväl gummiindustrin och byggnadsindustrin som Statens planverk, standardiseringsorgan och SP för att nå ett acceptabelt resultat.

Sannolikheten för att i initialskedet "träffa rätt" är visserligen låg men dagens kravlösa läge är i varje fall helt oacceptabelt ur konsumentsynpunkt.

REFERENSER

- 1 Holmström, A, 1978, Plast- och gummi-material förekommande i 1978 års småhusproduktion. (Statens provningsanstalt.) SP-RAPP 1978:19. Borås.
- 2 Lindén, S, 1980, Materialval ur förvaltnings-synpunkt. (Industrifackpress AB.) *Plastforum Scandinavia*, 9, årg. 10, p. 58-61. Helsingborg.
- 3 Wall, K, 1980, Materialval ur byggherresynpunkt. (Industrifackpress AB.) *Plastforum Scandinavia*, 9, årg. 10, p. 64-65. Helsingborg.
- 4 SPF Verksnorm 2000 - Plastfilmer avsedda för montering i byggnader som luft- och ångspärrar - Kvalitetsfordringar och provningsmetoder, 1978. (Sveriges Plastförbund.) Stockholm.
- 5 Holmström, A, 1980, Hur länge håller plast och gummi i bygge? Dagens kunskapsnivå och förslag till en strategi för uppställande av temporära beständighetskrav. (Statens råd för byggnadsforskning.) R 173:1980. Stockholm.
- 6 Brown, R, P och Price C, D, 1980, RAPRA Long Term Ageing Programme - 20 Years Report for Rubbers. (Rubber and Plastics Research Association of Great Britain.) Members Report No. 55. Shawbury.
- 7 Magnell, C, 1981, Nu kommer baksmällan efter plastbyggandet. *Ny Teknik*, Nr 20, 14 maj, p. 14.
- 8 Magnell, C, 1981, Plasten snabbåldrar i Borås. *Ny Teknik*, Nr 20, 14 maj, p. 15.
- 9 Scott, G, 1965, Atmospheric Oxidation and Anti-oxidants. (Elsevier Publishing Company.) Amsterdam - London - New York.

- 10 Davies, K, M och Lloyd, D, G, Antidegradant Test Procedures, 1981, i Scott, G, (Ed.) Developments in Polymer Stabilization - 4. (Applied Science Publishers.) p. 111. London.
- 11 Sandberg, P-I, och Samuelsson, I, 1979, Statens provningsanstalt. Personlig information.
- 12 Spetz, G, 1982, Bestämning av funktionsområde för tätningslistor. Utgåva B. (Statens provningsanstalt.) SP 42 20 02 - 1982. Borås.
- 13 Brodin, Hans, 1981, Statens provningsanstalt. Personlig information.
- 14 Corneliussen, T och Bystedt, J, 1981, KemaNord, Stockviksverken. Personlig information.
- 15 Kuzminsky, A, S, The Mechanisms of Fatigue Resistance and of Antifatigue Agents in Elastomers, 1981 i Scott, G, (Ed.) Developments in Polymer Stabilization - 4. (Applied Science Publishers.) p. 71. London.
- 16 Eriksson, K, 1983. Tvärbindningsstruktur hos gummimaterial. Bestämning av typ och halt av sulfidbindningar. (Institutionen för Fysikalisk kemi, Göteborgs Universitet - Chalmers tekniska högskola.) Göteborg.
- 17 Andersson, R, 1980, Rydaholms Gummifabrik AB. Personlig information.

BILAGA 1

FÖRTECKNING ÖVER ERHÅLLNA PLAST- OCH GUMMIPRODUKTER

BILAGA 1. Förteckning över erhållna plast- och gummiprodukter.

Produkttyp	Ålder, år	Polymertyp	Använt	Erhållet från	Datum
Dörrhandtag	15	PVC	inomhus	A Holmström, SP	78-05
Rör	ca 10	PEHD	..	G Bergström, SP	78-07
Vårtmuffrör	10	PE	i vägg	P Bergquist, SP	80-02
Golv mattor, provbitar	ca 6	PVC	inomhus i lager	L Hilmerzon, VSB	80-02
Gummiplattor	ca 20	EPDM	inomhus i lager	Forsheda	80-02
Gummislang	ca 9	EPDM	kylarslang i bil	Volvo	80-03
Rörböj	ca 10	PVC	badrumsavlopp	K Eriksson, SP	80-03
Rör	ca 10	PVC	badrumsavlopp	K Eriksson, SP	80-03
Rör	ca 10	PVC	köksavlopp	K Eriksson, SP	80-03
Rör	ca 10	PVC	köksavlopp	K Eriksson, SP	80-03
Rör	ca 10	PVC	utomhus	Gustavsberg	80-03
Folie	4	PVC	utomhus N-O Rasch	FMV	80-03
Folie	4	PVC	utomhus N-O Rasch	FMV	80-03
Folie	4	PVC	utomhus N-O Rasch	FMV	80-03
Folie	4	PVC	utomhus N-O Rasch	FMV	80-03
Folie	4	PVC	utomhus N-O Rasch	FMV	80-03
Folie	6	PVC	utomhus N-O Rasch	FMV	80-03
Provplatta	5	NR	utomhus N-O Rasch	FMV	80-03
Provplatta	6	PC	utomhus N-O Rasch	FMV	80-03

BILAGA 1. Förteckning över erhållna plast- och gummi produkter.

Produkttyp	Ålder, år	Polymerotyp	Använt	Erhållet från	Datum
Provplatta	6	PE	utomhus	N-O Rasch	FMV
Provplatta	6	PVC-nitril	utomhus	N-O Rasch	FMV
Provplatta	6	CR	utomhus	N-O Rasch	FMV
Provplatta	6	EPDM	utomhus	N-O Rasch	FMV
Tättningslist	20	PVC	utomhus	S Blomqvist	HSB
Tättningslist	12	PVC	utomhus	S Blomqvist	HSB
Tättningslist	12	PVC	utomhus	S Blomqvist	HSB
Tättningslist	15	PVC	utomhus	S Blomqvist	HSB
Tättningslist	15	PVC	utomhus	S Blomqvist	HSB
Tättningslist	16	PVC	utomhus USA	S Blomqvist	HSB
PVC-folie	nyttillv	PVC	ej använd	Volvo	80-03
Toalettlock	ca 30		inomhus	Gbg Stads Bostads AB	80-11
Gummiklocka	ca 30	NR	WC-behållare	Gbg Stads Bostads AB	80-11
Gummiklocka	ca 30	NR	WC-behållare	Gbg Stads Bostads AB	80-11
Rensrör	ca 10	PVC	..	Borås Kommun	80-11
Vattenlås	ca 10	Polypropen	monterat	K Eriksson, SP	80-11
Vattenlås	ca 10	Polypropen	monterat	K Eriksson, SP	80-11
Tättningslist	9-10	PUR	monterad i Skagersvikshus	B Helgesson, Vårgårda	80-11
Tättningslist	ca 10	PUR	omonterad	Gbg Stads Bostads AB	

BILAGA 1. Förteckning över erhållna plast- och gummi produkter.

Produkttyp	Ålder, år	Polymertyp	Använt	Erhållet från	Datum
Plastback	ca 10	PVC	i lager	Gbg Stads Bostads AB	80-12
Dörrhandtag	ca 10	PVC	inomhus	Gbg Stads Bostads AB	80-11
Dörrhandtag	..	PVC	inomhus	Gbg Stads Bostads AB	80-11
Vattenledningsrör	ca 10	PVC	kök, badrum	K Eriksson, SP	80-11
Evakueringsrör	ca 10	PVC	kök	K Eriksson, SP	80-11
Elledningsrör	ca 10	styv PVC	inbyggt i vägg	K Eriksson, SP	80-11
Eldosa	ca 10	PVC	inbyggd i vägg	Gbg Stads Bostads AB	
Dörrlist	ca 10	PVC	monterad i lägenhet	Gbg Stads Bostads AB	80-12
Dörrlist	ca 10	PVC	omonterad i varmlager	Gbg Stads Bostads AB	80-12
Golvlist	ca 10	PVC	omonterad i varmlager	Gbg Stads Bostads AB	80-12
Dörrlist	ca 10	PVC	monterad i lägenhet	Gbg Stads Bostads AB	80-11
Dörrlist	ca 10	PVC	monterad i lägenhet	Gbg Stads Bostads AB	80-12
Golvlist	ca 10	PVC	monterad i lägenhet	Gbg Stads Bostads AB	80-11
Dörrlist	ca 10	PVC	monterad i lägenhet	Gbg Stads Bostads AB	80-11
Dörrlist	ca 10	PVC	omonterad i varmlager	Gbg Stads Bostads AB	80-12
List	17	EPDM	utomhus 6 år, sedan inomhus	N-O Rasch, FMV	80-11
Rör	ca 10	PVC	inomhus	A Olsson, Sundsvall	81-01
Rör	ca 10	PVC	avlopp, diskbänk	Sandared	81-03
Fasad	12	PVC	fasad på gymn anl	Fjärdingskolan	81-03
Tätningslist	5	PVC	yterdörr	Bodagården	81-03

BILAGA 1. Förteckning över erhållna plast- och gummi produkter.

Produkttyp	Alder, år	Polymertyp	Använt	Erhållet från	Datum
Golvmatte	14	PVC	provbit, lager	Forshaga	81-03
Stoppning	ca 20	PUR-skum	i soffa	G Stridh, SP	81-03
Dörrhandtag	ca 10	PVC	inomhus	K Liedquist, SP	81-03
Korrugerad panel	16	EVA med PVC	vindskydd mot syd i Medelpad	T Corneliussen, KemaNord	81-05
Korrugerad panel	18	PVC (+ EVA?)	vindskydd mot syd i Medelpad	T Corneliussen, KemaNord	81-05
Dörrkarm	7	PVC	dörrkarm, inomhus	G Sandberg, SP	81-05
Plastram	7	PVC	ram till spänntak	G Sandberg, SP	81-05
Plastduk (vävd)	7	PVC	spänntak	G Sandberg, SP	81-05
Pressvulkade gummi-plattor	47	NR	legat inomhus i träläda	Trelleborg AB	81-05
Slangställ	7	NBR ?	oljaledning	L Liedquist, SP	81-05
Gummlist	17	EPDM	utomhus 6 år, lager 11 år	Forsheda	81-05
Plastväv	6	..	innertak	G Sandberg, SP	81-05
Plaströr	10	PE	vattenledning i mark	A Olsson, Sundsvall	81-08
Byggfilm	10	PE	i vägg	B Jedler, Stockholm	81-08
Gummlist	5	EPDM	monterad i hus	S Bengtsson, Folkhem	81-12
Skrivmaskinsunderlägg	ca 20	PUR-skum	mörkt inomhus	G Spetz, SP	82-05
Badrumsmatta	ca 10	PP ?	i badrum	B Johansson, SP	82-10
Taklampa	10	PMMA ?	inomhus	A Holmström, SP	83-02

BILAGA 1. Förteckning över erhållna plast- och gummi produkter.

Produkttyp	Ålder, år	Polymertyp	Använt	Erhållet från	Datum
Cykelsadel	..	Polyolefin	utomhus	..	83-04
Hårrullar	..	PUR och PE	inomhus	R Löwendahl, SP	83-05
Hink	10	PE	inomhus	L Alexandersson, SP	83-07
Svetsslång	27	Gummi	kallförråd	L Alexandersson, SP	83-07
Packning	16	NR ?	i toalett	S Norrby, SP	83-07
Fläktarmatur	5	PMMA ?	inomhus	A Holmström, SP	83-07
Plastask	ca 20	PE	inomhus	A Holmström, SP	83-07
Badmössa	ca 20	PVC	..	A Holmström, SP	84-01
Tättningslist	ca 20	PUR-skum	oanvänd inomhus	A Holmström, SP	84-01
Cyklopöga	ca 30	NR	förvarat inomhus	A Holmström, SP	84-01
Lampkupa	11	PE el PP	inomhus	I Eliasson, SP	84-02
Kabel	ca 10	NR	inomhus	C Nordin, SP	84-01

BILAGA 2

PROVNINGSRESULTAT FÖR NATURLIGT ÄLDRADE PVC-RÖR

TABELL Draghållfasthet och slagseghet för PVC-rör.




	σ_B Brott- spänning MPa	ϵ_B Brott- töjning %	Slagseghet enl Charpy kpcm/cm ²
Avloppsrör Ålder: ca 10 år	34,7	80	0,81
Evakueringsrör Ålder: 10 år	34,5	75	0,89
Rör erhållet fr A Holmström Ålder: ca 10 år	38,9	75	0,77
Rör erhållet fr A Ohlsson Ålder: ca 10 år	36,3	30	0,73



Uppdragsgivare Lab B6, Borås
Föremål Rör av PVC avsedda för avloppsledningar inomhus
Inkom 1980-03-07
Uppdrag Provning enligt SMS 2519

Provningarna har utförts på följande rör, vilka enligt uppgift uttagits från en installation i ett bostadshus.

Märkning stämplad på rören

Prov nr	Dimension	Märkning		
1	Ø 75 mm	LUBONYL PVC AVL 70 9335 B12		326
2	Ø 75 mm	LUBONYL PVC AVL 70 9335 B12		326
3	Ø 75 mm	LUBONYL PVC AVL 70 9335 B12		326
4	Ø 110 mm	-		

Märkning utförd med märkpenna

Prov nr	Dimension	Märkning
1	Ø 75 mm	KÖK EVAKUERING INKLÄTT
2	Ø 75 mm	KÖKS AVLOPP
3	Ø 75 mm	KÖK EVAK.
4	Ø 110 mm	BADRUUM EVAK FRITT

PROVNINGSRESULTAT

Dimensionsmätningar

Ø 75 mm

Medelytterdiam: 75,2 mm
Minsta uppmätta godstjockl: 2,00 mm
Största" " : 2,20 mm

Ø 110 mm

Medelytterdiam: 110,2 mm
 Minsta uppmätta godstjockl: 2,25 mm
 Största " " : 2,40 mm

Resultaten uppfyller kraven enligt SMS 2519 pkt 2.

Hållfasthet mot invändigt tryckØ 75 mm

Prov nr	Provnings-temperatur °C	Rindrag-spänning MPa	Tid till brott h
2	60	16,7	6,0
3	60	16,7	4,7
2	20	41,2	4,7
3	20	41,2	4,1

Ø 110 mm

Prov nr	Provnings-temperatur °C	Ringdrag-spänning MPa	Tid till brott h
4	60	16,7	4,9
4	20	41,2	3,6

Resultaten uppfyller kraven enligt SMS 2519 pkt 6.

Formbeständighet

Provningsen utförts i etylenglykol

Dimension	Prov nr	Längdändring		största %
		minsta mm	största mm	
Ø 75 mm	3	1,7	4,1	-4,1
Ø 110 mm	4	1,6	2,2	-2,2

Resultaten uppfyller kraven enligt SMS 2519 pkt 7.

VattenabsorptionØ 75 mm

Prov nr	Provkropp nr	Uppmätt vattenabsorption mg/cm ²
2	1	1,28
	2	1,29
	3	1,32

Ø 110 mm

Prov nr	Provkropp nr	Uppmätt vattenabsorption mg/cm ²
4	1	0,49
	2	0,43
	3	0,45

Resultaten uppfyller kraven enligt SMS 2519 pkt 8.

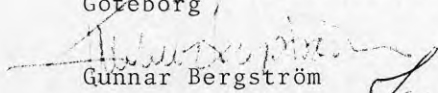
Mjukningspunkt

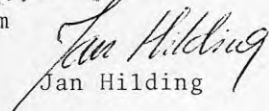
Provningen har utförts i etylenglykol

Dimension	Prov nr	Uppmätt mjukningspunkt °C
Ø 75 mm	2	81,8
Ø 110 mm	4	81,8

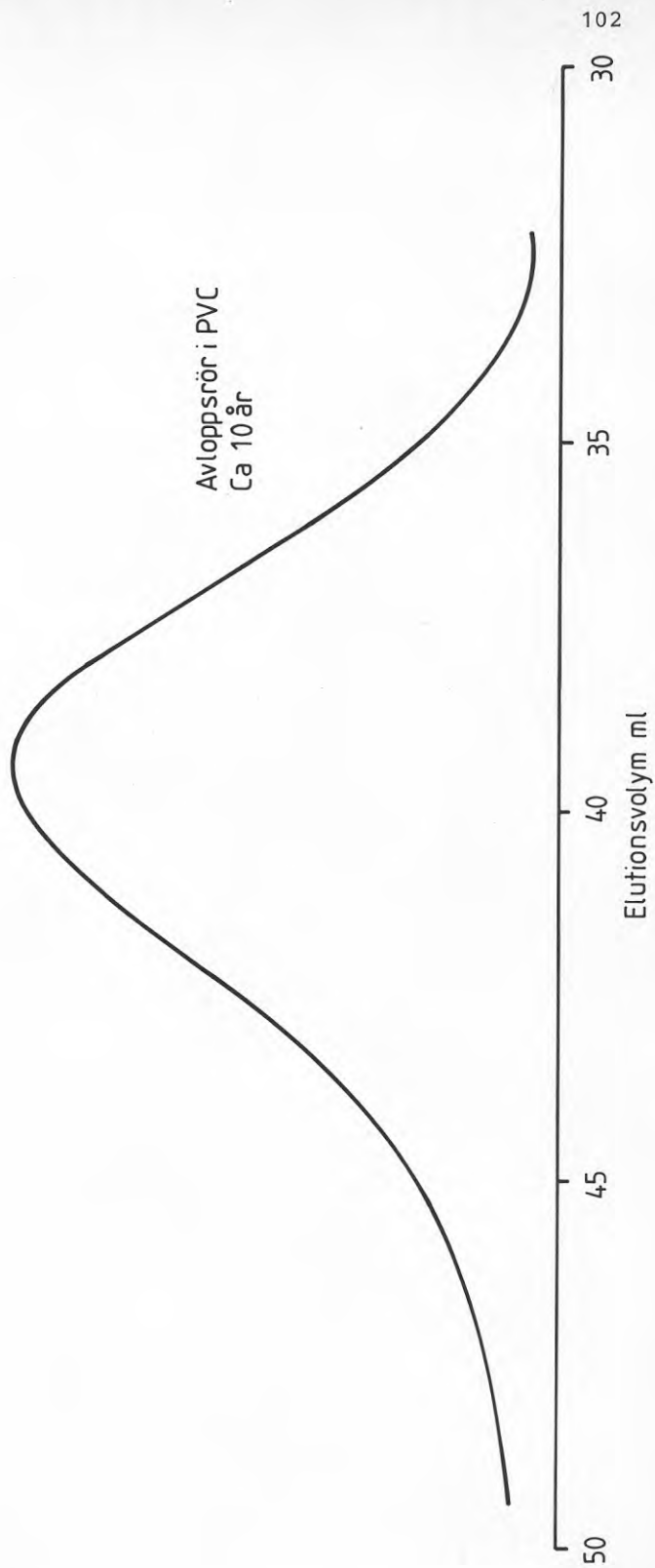
Resultaten uppfyller kraven enligt SMS 2519 pkt 9.

STATENS PROVNINGSANSTALT
Fysikaliska laboratoriet
Göteborg

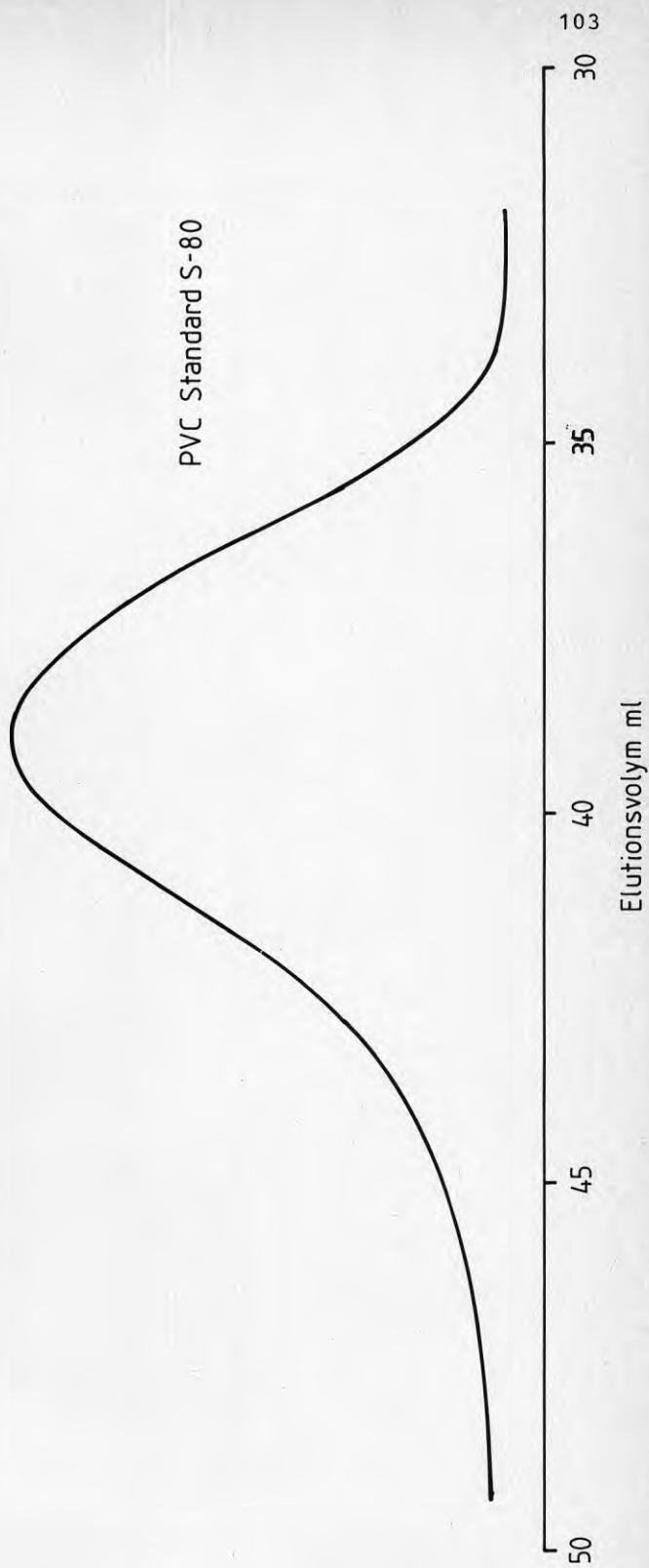

Gunnar Bergström


Jan Hilding

GPC - KROMATOGRAM



GPC - KROMATOGRAM



BILAGA 3

PROVNINGSRESULTAT FÖR NATURLIGT ALDRADE PVC-LISTER

TABELL Draghållfasthet och slagseghet
Golvlister och dörrfoder av PVC.

	σ_B Brott- spänning MPa	ϵ_B Brott- töjning %	Slagseghet enl Charpy kpcm/cm ²
Golvlister lagrad vid rums- temperatur	32,3	16	2,42
Golvlister monterad i lägenhet	35,5	14	1,43
Dörrfoder typ 1 lagrad vid rums- temperatur	48,0	130	1,12
Dörrfoder typ 1 monterad i lägenhet	51,2	150	1,22
Dörrfoder typ 2 lagrad vid rums- temperatur	40,2	28	2,26
Dörrfoder typ 2 monterad i lägenhet	41,5	30	1,08

BILAGA 4

RECEPTURER FÖR EPDM- OCH CR-GUMMIBLANDNINGAR

BILAGA 4.1 Cellist BT och LV.

EPDM	Vistalon 2504	15,0 phr
EPDM	Vistalon 6630	110,5 "
Kimrök SRF		105,0 "
Krita		25,0 "
Paraffinolja	Flexon 845	75,0 "
Stearin		1,0 "
ZnO		4,0 "
Kalciumoxid	(82,5 %)	4,0 "
Genitron CR		4,0 "
MBT		1,0 "
TDEC		1,0 "
ZDMC		3,0 "
Svavel	(95 %)	2,0 "

BILAGA 4.2 Massiv typ Bra
 Trelleborgs beteckning 8121

Keltan 712	100,0	phr
Zinkoxid	5,0	"
Stearinsyra	1,0	"
Dihydrotrimetylguinolin	1,5	"
Teknisk vaselin (typ V 215)	5,0	"
Kalciumoxidpasta	5,0	"
Olja paraffinisk högviskös	30,0	"
Kimrök FEF (N 550)	50,0	"
Kimrök MT	30,0	"
Ditiodimorfolin	2,0	"
Zinkdibutylditiokarbamat	3,0	"
Svavel, löslig, oljebehandl 5 %	1,05	"
TMTD MB 80 % i EVA	2,5	"

BILAGA 4.2 Massiv typ Normal
Trelleborgs beteckning 8122

Keltan 712	100,0	phr
Zinkoxid	5,0	"
Stearinsyra	1,0	"
Teknisk vaselin	5,0	"
Kalciumoxidpasta	5,0	"
Olja paraffinisk högviskös	75,0	"
Kimrök FEF (N 550)	100,0	"
Kimrök SRF (N 774)	30,0	"
Ditiodimorfolin	2,0	"
Zinkdibutyliditiokarbamat	3,0	"
Svavel, löslig, oljebehandl 5 %	1,05	"
TMTD MB 80 % i EVA	2,5	"

BILAGA 4.2 Massiv typ Dålig
Trelleborgs beteckning 8123

Keltan 712	100,0	phr
Krita FF	150,0	"
Kaolin KKA	100,0	"
Zinkoxid	5,0	"
Stearinsyra	1,0	"
Teknisk vaselin	5,0	"
Kalciumoxidpasta	15,0	"
Olja paraffinisk högviskös	100,0	"
Kimrök FEF (N 550)	40,0	"
Tellurdietylditiokarbamat	0,8	"
Svavel, löslig, oljebehandl 5 %	2,1	"
PTT MB 75 % i EPDM	1,07	"
MBT MB 80 % i EVA	1,88	"
TMTD MB 80 % i EVA	1,00	"

BILAGA 4.3 CR-material ~ 40 °Shore

Neopren GW	100,0	phr
Magnesiumoxid	4,0	"
Elastomag 170		
Stearinsyra	0,5	"
Okerin 1885	2,0	"
Polyeten	2,0	"
Diisooktyldifenylamin	2,5	"
Faktis NC-12	20,0	"
Polyglykol fettsyraester	20,0	"
Witamol 60		
Mineralolja Na-Pa	20,0	"
Kimrök FEF N 550	20,0	"
Kimrök MT	25,0	"
Zinkoxid	5,0	"

BILAGA 5

TILLVERKNINGSPROCEDUR, TÄTNINGSLISTER

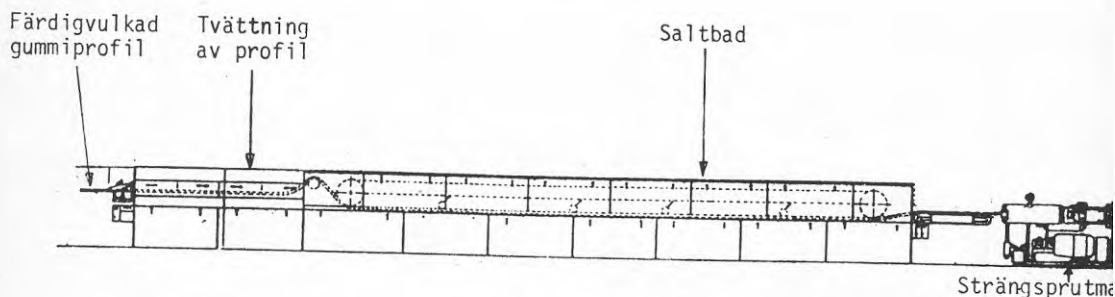
TILLVERKNINGSPROCEDUR, TÄTNINGSLISTER

Gummiprodukter tillverkas i princip enligt följande schema:

- 1 a) Blandning av "huvudkomponenter" (polymer, fyllmedel, mjukgörare)
- 1 b) Tillsats av vulkaniseringssystem (svavel, acceleratorer), ev antioxidant o dyl
- 2 Formning (strängsprutning, formsprutning, formpressning m m)
- 3 Vulkanisering

A Tillverkningsprocess, cellgummilister

Blandningen av huvudkomponenterna utfördes av Viskafors Gummifabrik AB i en sluten blandningskammare av typ Banbury. Inkorporering av vulkaniseringssystem och jäsmedel gjordes på valsverk i Rydaholms Gummifabrik. Önskad listprofil erhöles genom strängsprutning i en kallmatad spruta. Som tidigare nämnts tillverkades lister med två olika profiler varför två olika sprutmunstycken användes. Vulkaniseringen skedde kontinuerligt vid 240 °C i ett saltbad i direkt anslutning till strängsprutan, enligt figur.

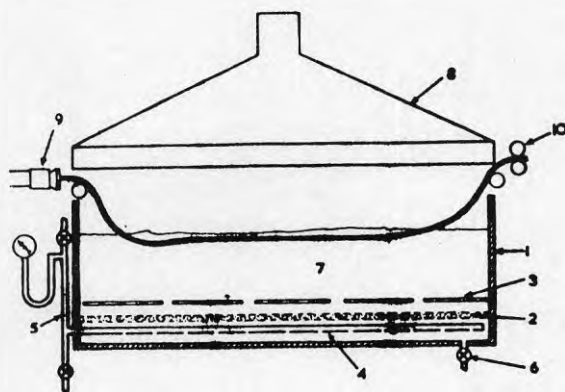


Principskiss av anläggning för saltbadsvulkningsprocess.

B Tillverkningsprocess, massivgummilister

Gummimaterialet för tillverkning av massivgummilister blandades av Trelleborg AB i en maskin med sluten blandningskammare.

De tre olika listprofilerna (T-list, CR-list, "tvåkanalslist") erhöles genom strängsprutning. Efterföljande vulkanisering av EPDM-listerna skedde kontinuerligt. "Tvåkanalslisterna" vulkades i saltbad vid 220 °C och T-listerna i s k "fluid-bed" vid ca 250 °C, enligt figur. CR-listen vulkades i autoklav.

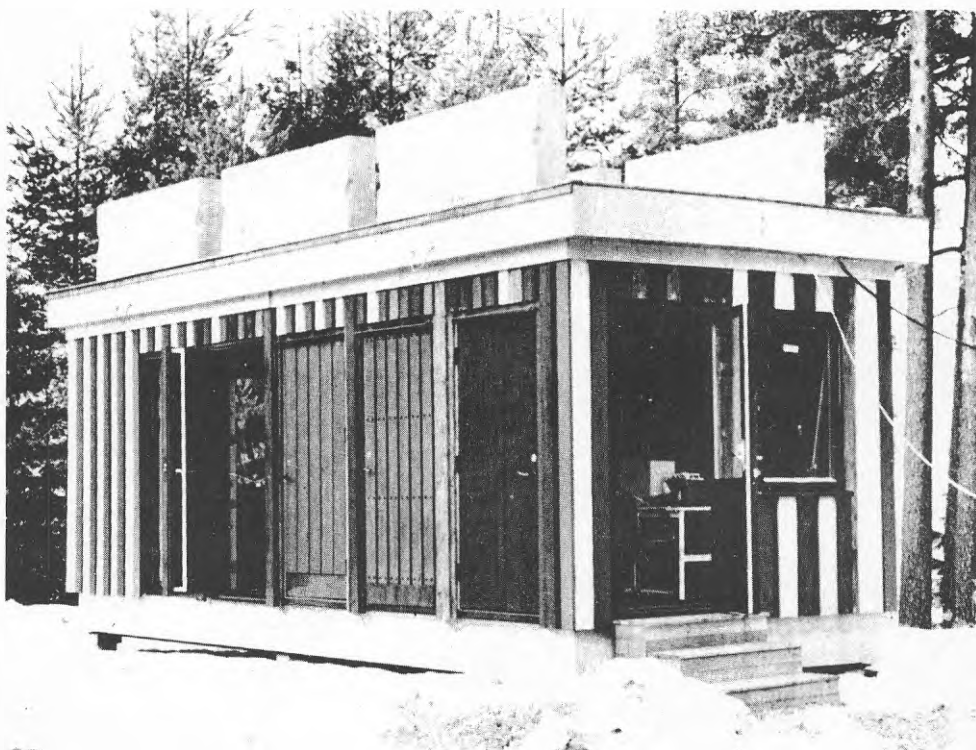


Principskiss för kontinuerlig vulkning av gummi profiler i fluidiserad bädd.

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Tank | 6. Avlopp |
| 2. Skiljande plan av keramik | 7. Partikelbädd |
| 3. Elektriska element | 8. Utsugningshuv för luft och ånga |
| 4. Rör för fluidiserande medium med inblåsningshål riktade nedåt | 9. Strängsprutmaskinens munstycke |
| 5. Tillloppsledning för luft eller ånga | 10. Draganordning för strängen |

BILAGA 6

PROVHUSET



HUR LÄNGE HÅLLER BYGGET?

FEM PROJEKT I PROVHUS

STATENS PROVNINGSANSTALT

SP-INFO 1982:09

Box 857, 501 15 BORÅS Tel 033 - 10 20 00

HUR LÅNGE HALLER BYGGET?

FEM PROJEKT I PROVHUS

BORÅS 1982

Provningsanstalten ökar nu sin satsning på beständighetsfrågor. Som ett led i detta arbete har ett provhus uppförts. I denna skrift beskrivs de fem projekt som drivs i provhuset.

Innehåll

PROVHUSET

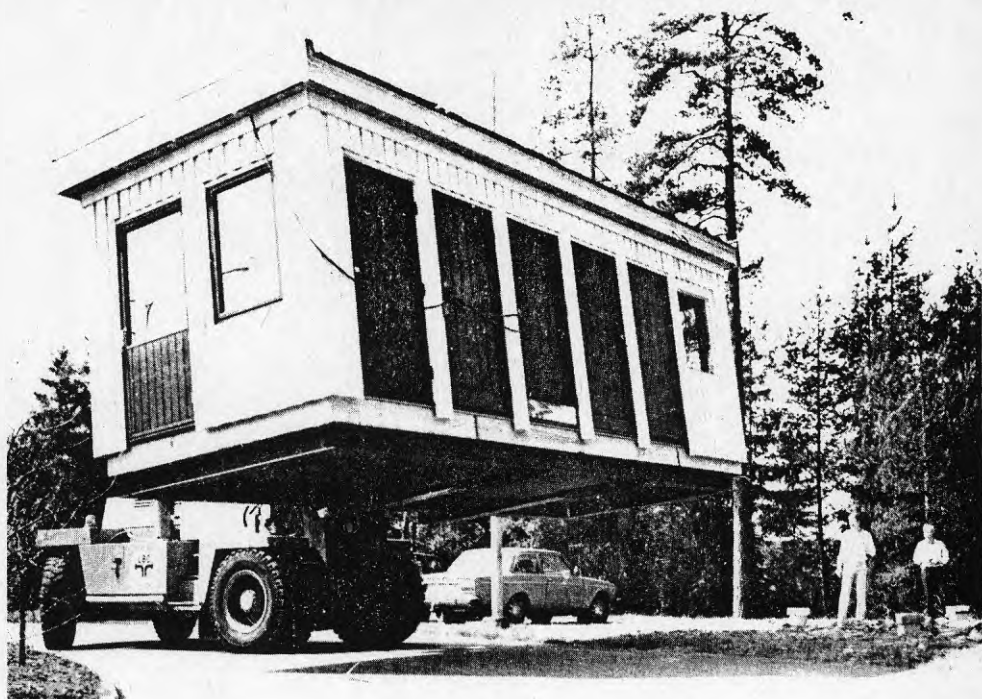
TÄTNINGSLISTER OCH TÄTSKIKT AV PLAST OCH GUMMI

FÖNSTER OCH DÖRRAR AV TRÄ

UTOMHUSFÄRGER FÖR TRÄFASADER

TÄTSKIKT PÅ LÅGLUTANDE TAK

MÄTNING AV VÄRMOTSTÅND (k-VÄRDE)



Provhuset lyfts på plats.

PROVHUSET

Provningsanstalten har uppfört ett provhus till fem olika forskningsprojekt, som har tonvikten på beständigheten hos byggnadsmaterial och byggnadskomponenter.

Provhuset har planmått 2,8 m x 7,6 m och har ett plant tak. Ytterväggarna består av 12 st 1,2 m breda fabriks-tillverkade element, som skänkts av ett antal småhustillverkare, medan golv- och takelement tillverkats på provningsanstalten.

I väggarna ryms 11 dörrar och 3 fönster. Förutom dessa studeras tätningslisterna i elementskarvarna, utsidans ytbehandling, takets tätskikt och väggarnas värmestånd.

Huset monterades i en inomhuslokal på en stabil ram av stålbalkar. Därefter transporterades det till sin slutliga plats med en gaffeltruck och placerades på en grund av betongplintar. Till sist placerades tyngder på taket motsvarande belastningen av snö och egenvikt på ett normalt 1 1/2-planshus.

Huset blev klart i maj 1981.

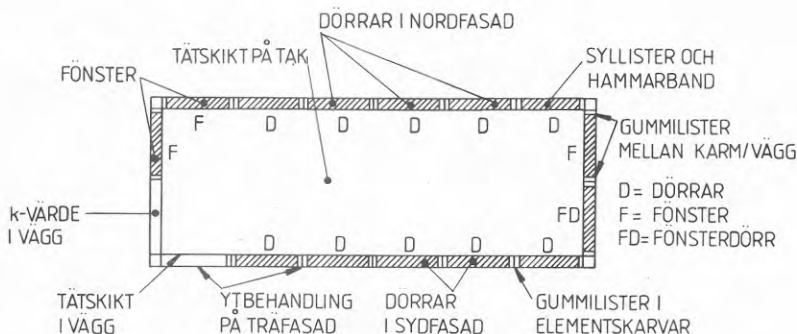
För att det ska vara möjligt att ta ut provbitar av tätningslisterna har huset byggts så att det lätt kan monteras isär och ihop en gång om året i minst fem år utan att konstruktionen påverkas i alltför hög grad.

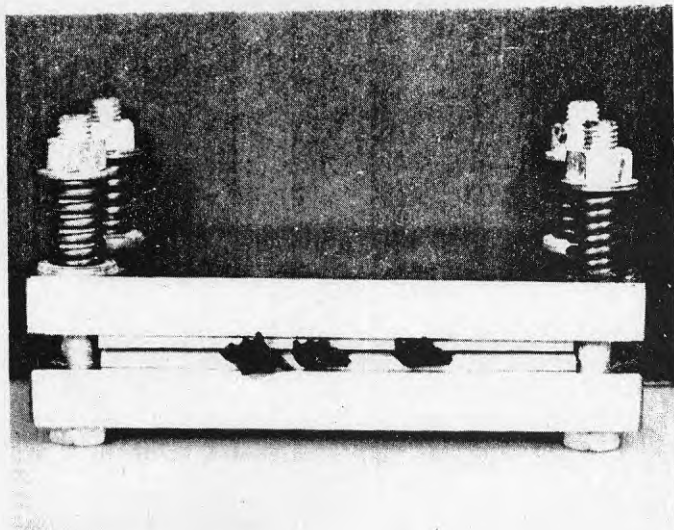
Ett normalt inomhusklimat efterliknas i provhuset med hjälp av uppvärmning och befuktning.

Projektledare: Roger Qvist, laboratoriet för byggnadsteknik

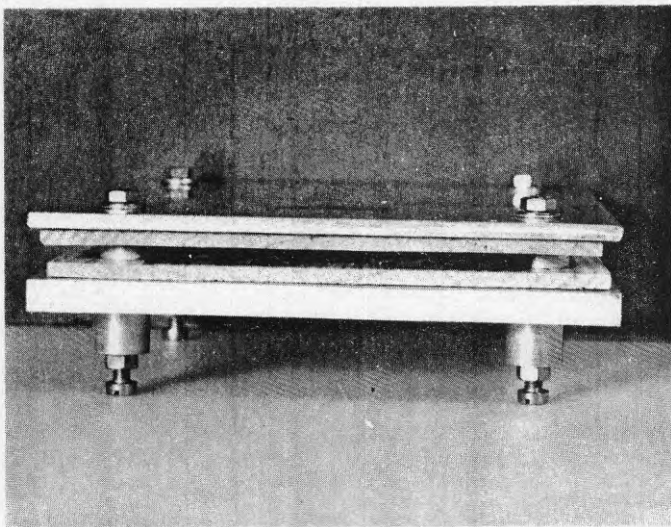
Finansiär: SP

Gåvor: Eksjöhus AB, Hultsfredshus AB, Myresjöhus AB och Åsedahus AB





Provrigg där listen utsätts för en belastning av 720 kg/löpmeter list, dvs \approx motsvarande den för en syllist eller ett hammarband i ett modernt 1 1/2-planshus. Listerna åldras mellan tunna plattor av fur, tryckimpregnerad fur och betong.



Provrigg med konstant springbredd av 6 mm. Belastningsfall som motsvarar situationen i vertikala elementskarvar samt vid karm/väggregel-tätning. Även 3 och 10 mm springor utvärderas.

Den accelererande åldringen sker i klimatskåp vid 45, 55, 70 och 90 °C i 80 % relativ luftfuktighet.

TÄTNINGSLISTER OCH TÄTSKIKT AV PLAST OCH GUMMI

1978 innehöll varje nyproducerad svensk bostad i genomsnitt 2,5 ton plast- och gummimaterial och utvecklingen pekar mot en ytterligare ökad användning.

Traditionellt har plast- och gummimaterialen utnyttjats främst i bostadens inredning, exempelvis som golvbeläggning, möbler, färg och tapeter. Genom sina tekniskt-ekonomiska fördelar har emellertid plast och gummi fått ta över allt mer krävande applikationer i dagens byggande.

Exempelvis baserar sig hela den moderna byggtekniken, med element som sammanfogas på byggplatsen, på möjligheten att täta de talrika skarvarna med olika plast- och gummiprodukter. Eftersom dessa byggs in i den bärande konstruktionen "måste" de ha en livslängd av samma storleksordning som byggnadens.

- Har de verkligen det?
- Kan livslängden förutsägas så att olämpliga produkter kan sällas bort?

Det är de två frågeställningarna vi nu söker belysa.

I skarvarna mellan provhusets 16 element och i springorna runt de 11 dörrkarmarna och 3 fönsterkarmarna har vi monterat in 36 olika typer av gummilister. 3 olika ångspärrar av LD-polyetenfilm har vi också installerat.

Genom att demontera provhuset en gång per år och ta ut provbitar får vi möjlighet att följa de verkliga åldringsprocesserna. Samtidigt arbetar vi med att ta fram laboratoriemässiga metoder som ska kunna simulera det verkliga åldrandet.

Vid den accelererande åldringen tar vi hänsyn till att listerna i byggnaden utsätts för två olika belastningsfall och olika omgivande material.

Projektledare: Arne Holmström, laboratoriet för polymerteknik

Avrapportering: Efter varje demontering

Finansiär: BFR och SP



Dörrens stängningsmotstånd mäts med en dynamometer.

FÖNSTER OCH DÖRRAR AV TRÄ

Huvudsyftet med detta projekt är att studera funktionen hos fönster och entrédörrar som påverkas av naturligt klimat. Detta kan sedan användas som bakgrundsmaterial vid jämförelser mot resultat från laboratorieprovningar som syftar till att bestämma fönsters och dörrars långtidsegenskaper.

Tyngdpunkten i projektet har lagts på dörrar eftersom klimatvariationerna troligen orsakar större böjningsrörelser hos dessa än hos fönster. Fem olika dörrtyper har monterats in i provhusets fasader med en dubblering på nord- och sydfasaden. Dessutom har ytterligare ett exemplar av varje dörrtyp reserverats för laboratorieprov. Dörrtyperna har valts av Träförädlingsbyråns styrgrupp dörrar.

I gavelväggarna har tre fönster och en fönsterdörr monterats in. Dessa har valts i samråd med SNIRI.

Följande egenskaper kommer att följas:

- springbredder
- buktning hos dörrblad/fönsterbåge
- lufttäthet
- stängningsmotstånd

Förutom långtidsegenskaperna kommer fönstrens och dörrarnas egenskaper att undersökas vid olika extrema vädersituationer (starkt solsken, stark köld m m).

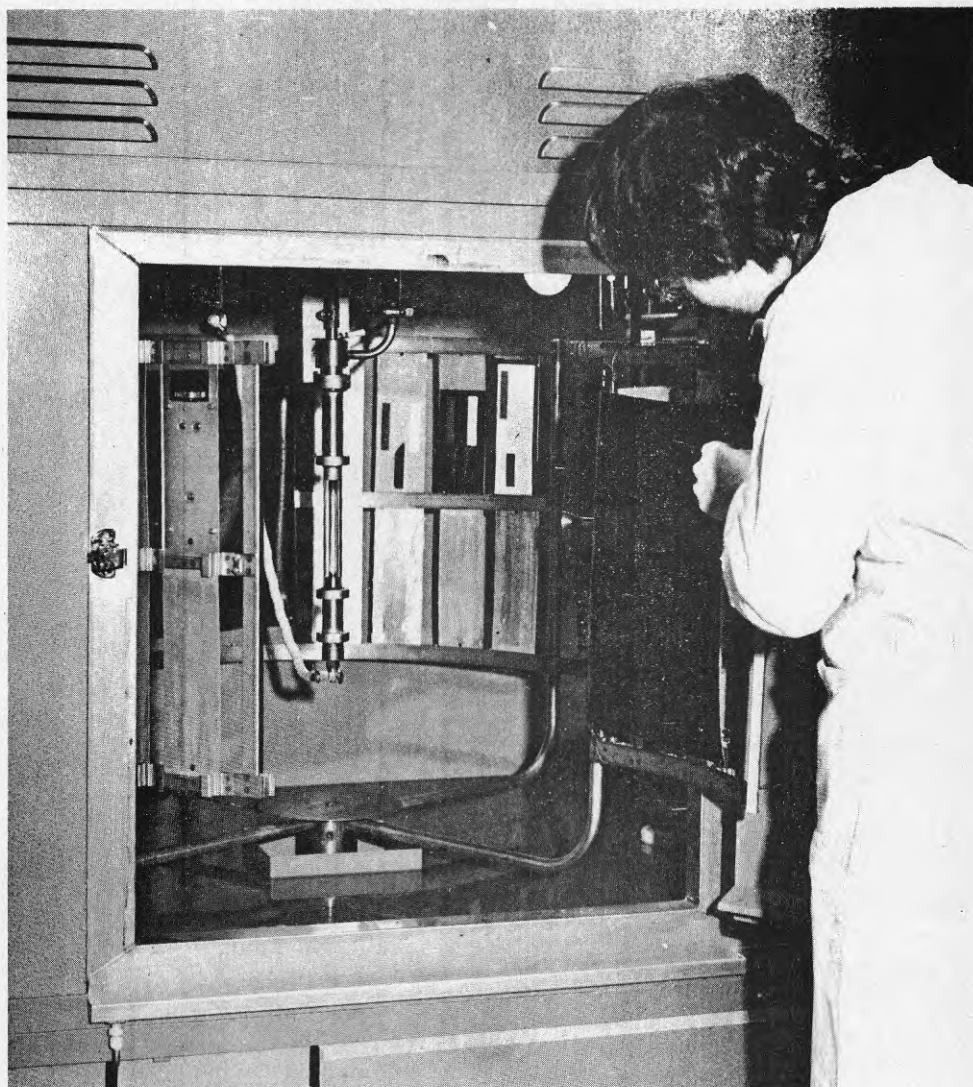
Samarbete sker med Träteknik Centrum som utför exponeringsförsök på tre av dörrtyperna i ett provhus i Skellefteå. Även dessa dörrar är dubblerade på en nord- och en sydfasad. Genom att samma dörrtyper studeras både i Borås och Skellefteå kan ett brett material erhållas från två relativt olika klimattyper.

Förutom ett bakgrundsmaterial till laboratorieprovningar kommer projektet förhoppningsvis att ge intressanta resultat vad gäller olika konstruktioners inverkan på dörrarnas funktion.

Projektledare: Hans Brolin, laboratoriet för byggnadsfysik

Planerad slutrapport: 1983-07

Finansiär: Bostadsdepartementet och SP



Laboratorieprovning i en Weather-ometer.

UTOMHUSFÄRGER FÖR TRÄFASADER

Vid provning av bl a utomhusfärger för trä har man under många år tillämpat accelererande laboratorieprovningar i s k Weather-ometer eller utomhus-exponering av målade paneler monterade på stativ.

Vid de accelererande laboratorieprovningarna utsätts proven för en intensivare ultraviolettt strålning och högre temperatur än vad som normalt förekommer utomhus.

Vid utomhusexponering är provpanelerna vanligen monterade på stativ så att de är vända mot söder och lutar 45°.

Denna undersökning syftar till att jämföra utfallet vid laboratorieprovning i Weather-ometer och utomhusexponering 45° mot söder med exponering av samma färger uppstruktura på en provbyggnad. Genom att byggnaden hålls uppvärmd och befuktad till normalt inomhusklimat erhålls de temperatur- och fuktgradienter som ej kan erhållas vid exponering av prover monterade på stativ.

Träpanelerna består av ohyvlat furu. Färgmaterialet utgörs av totalt 15 olika färger och kulörer inköpta i allmänna handeln. Följande färgtyper ingår:

- Täckfärg - akrylat (vattenburen)
- Täckfärg - alkyd
- Täckfärg - linolja
- Lasyrfärg - vattenburen
- Lasyrfärg - alkyd
- Täcklasyr - vattenburen

Färgerna påförs genom penselbetrykning i två skikt enligt fabrikantens anvisningar.

Exponering på provhuset utförs i samtliga väderstreck under en tidsrymd av minst 5 år.

Exponering på stativ utförs vid 45° mot söder under 1 - 3 år.

Accelererad provning utförs i 3 st olika Weather-ometrar under 1000 - 3000 timmar.

Färgerna besiktigas okulärt med lämpliga mellanrum med avseende på krackelering, flagning, kritning, blåsbildning. För uppföljning av glans- och kulörändring tas vissa paneler in på laboratoriet för mätning.

Projektledare: Kurt Jutengren, laboratoriet för ytskydd och korrosion

Avrapportering: vartannat år

Finansiär: SP



Bilden visar de fyra takmaterialens placering på provhusets tak.

TÄTSKIKT PÅ LÅGLUTANDE TAK

Skador i yttertäckningen av tak orsakar ofta att taket läcker. Detta resulterar i höga reparationskostnader, speciellt om taket är låglutande. Av denna anledning är det väsentligt att känna till tätskiktets materialets egenskapsbegränsningar, beständighet och livslängd.

Projektet syftar till framtagning av en accelererad laboratoriemetod för åldring av tätskiktets material. Man vill kunna bestämma materialens långtidsegenskaper. Detta utförs genom att jämföra nedbrytningsförloppen för olika tätskiktetsmaterial som dels exponeras naturligt på tak dels åldras på laboratorium.

Nedbrytningsförloppen bestäms genom att materialens kemiska och mekaniska förändringar följs.

Materialen som exponeras på taket består av takpapp (SAM och SAP) och två polymera material (butylduk och PVC). Dessa har valts beroende på att de har använts under många år på byggnader med låglutande tak (taklutning 0° - 18°).

Projektet ingår i ett nordiskt forskningsprogram med samarbetsprojekt som behandlar byggsador och olika materials åldring och livslängd.

Projektledare: Karin Nordin, laboratoriet för polymerteknik

Planerad slutrapport: 1984-07

Finansiär: BFR och SP



MÄTNING AV VÄRMEMOTSTÅND (k-VÄRDE)

Projektets syfte är att vidareutveckla metod och utrustning för punktmätningar av värmemotstånd samt att utveckla ny metod och utrustning för mätning av värmemotstånd enligt hot box principen.

Vid punktmätning av värmemotstånd placeras en värmeflödesmätare på väggytan (golvytan, takytan). I samma punkt placeras givare för yttemperaturerna på väggytans in- och utsida. Givarna ansluts till en integrator som kontinuerligt registrerar värden för temperaturer och värmeflöde samt beräknar värmemotståndet som är kvoten av temperaturskillnad ute-inne och värmeflödet.

Adderas övergångsmotstånden till värmemotståndet kan konstruktionens k-värde beräknas.

Normalt varierar både inne- och utetemperaturen och för att få riktiga värden krävs att man integrerar temperaturskillnad och värmeflöde under tillräckligt lång tid.

Projektet syftar till att bestämma erforderliga mättider vid olika temperaturvariationer och vilka temperaturskillnader som erfordras för en tillförlitlig mätning. Mätningen kan störas av sol, vind och fukt. Inverkan av dessa faktorer ska även studeras.

Vid mätning enligt punktmetoden erhålles värmemotståndet endast lokalt i en viss punkt. Vill man bestämma värmemotståndet för en större yta tillämpas hot box metoden.

Värmeflödesmätaren, hot boxen, består av en femsidig låda vars öppna sida placeras så att den väggyta som ska provas omslutes helt. Till lådan tillförs så stor mängd värmeenergi att temperaturen inne i lådan är densamma som i det omgivande rummet. Härigenom kommer all tillförd energi att passera genom väggen.

För att erhålla ett stabilare klimat på utsidan av väggen placeras en låda även mot utsidan av väggen. Temperaturen i denna hålles konstant. Lufttemperaturerna i den inre och yttre lådan samt tillförd effekt registreras i en integrator. Härur kan värmemotståndet beräknas.

Hot box metoden har hittills använts främst vid laboratorieprovningar. Projektet syftar till att utveckla metod och utrustning för fältundersökningar.

Projektledare: Roland Löfström, laboratoriet för byggnadsfysik

Planerad slutrapport: 1983-07

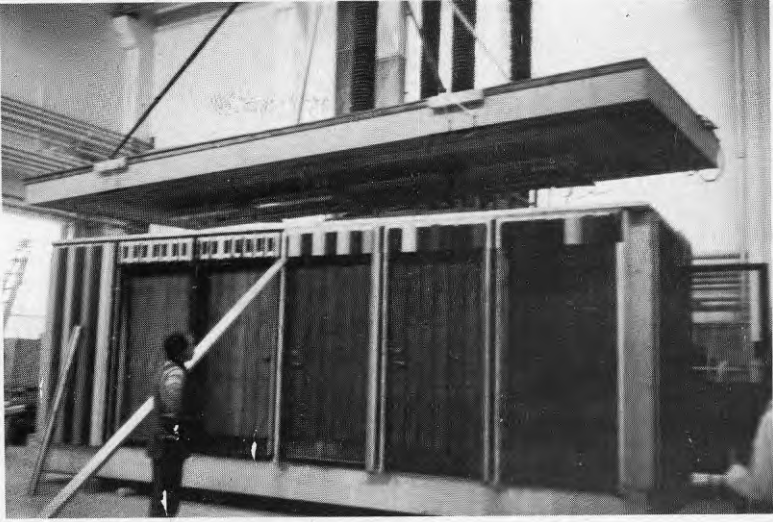
Finansiär: Bostadsdepartementet

Bildtext: Mätutrustning för punktmätning av värmemotstånd.

BILAGA 7

FOTON FRÅN PROVHUSMONTAGET





BILAGA 8

FÖRFÖRSÖK

FÖRFÖRSÖK DEL 1

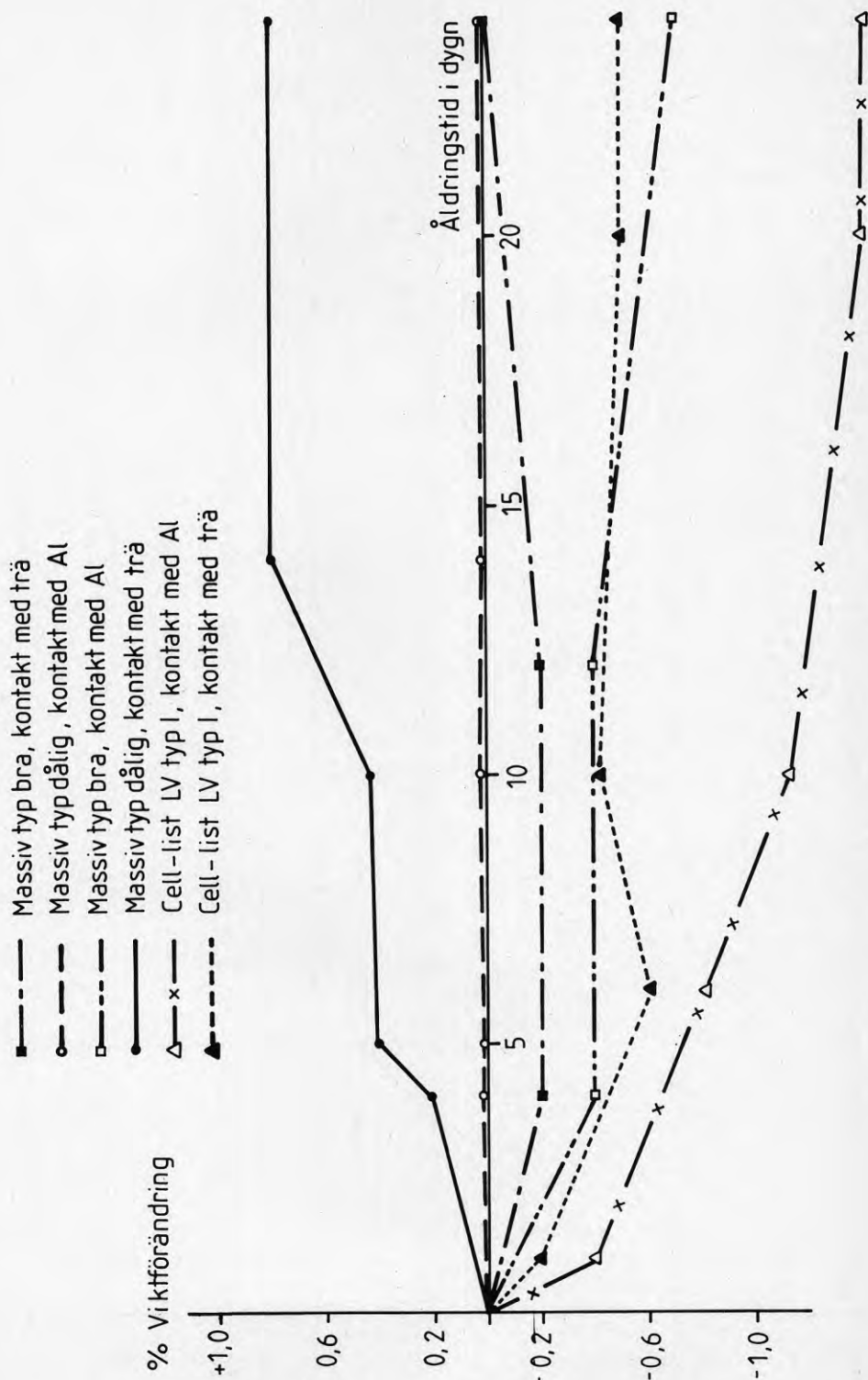
Utförande

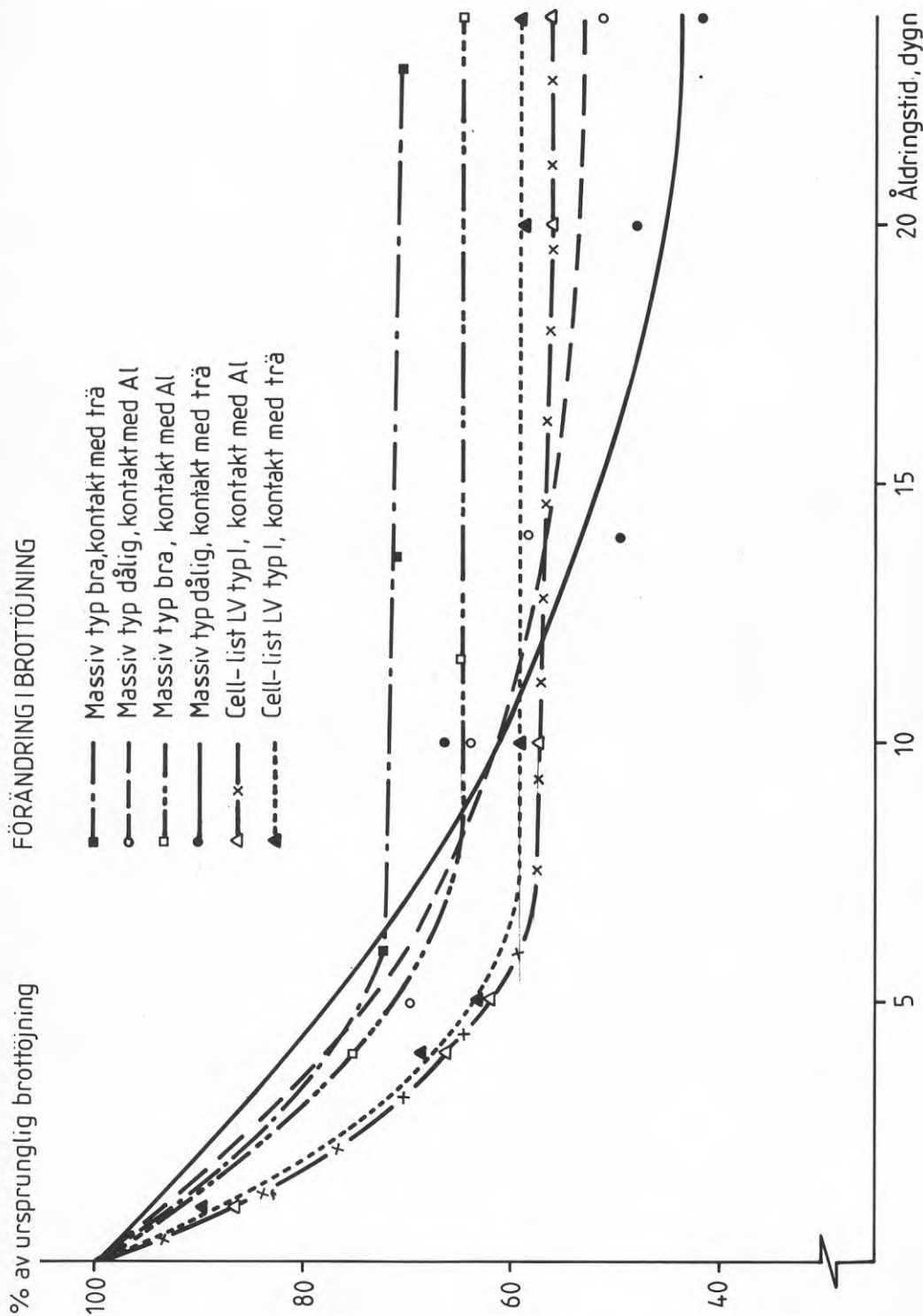
På provkroppar ur oåldrad list bestämdes vikt, dragbrottsänkning och dragbrottöjning. Provkropparna åldrades ihoptryckta till 3-4 mm höjd mellan plattor av aluminium resp plattor av kvistfri fur vid 100 °C och 80 % RF. Åldringstiden var totalt 24 dygn. Provuttag gjordes vid nio tillfällen under denna tid. Vid varje provtagningstillfälle bestämdes vikt, brottsänkning och brottöjning.

Resultat

Prover som åldrats i kontakt med trä visade något sämre draghållfasthetsegenskaper än de prov som åldrats i kontakt med aluminium. Vikten har också ökat mer (minskat mindre) för dessa, se Figur 2.

Lister som åldrats i kontakt med trä blev betydligt styvare efter en tids åldring. De visade också genomgående en större tendens att klibba ihop i kanalerna.





FÖRFÖRSÖK DEL 2. List åldrad mellan tryckimpregnerat trä och betong.
Konstant belastning 18 v vid 90 °C.

Listtyp	Oåldrad		Åldrad 18 v 90 °C		Listtjocklek mm	
	Hårdhet O IRH	σ_B MPa	Hårdhet O IRH	σ_B MPa		
Massiv typ Bra	58	11,9	70	9,5	225	3,8
Massiv typ Dålig	45	8,9	70	4,1	110	2,8
Cellist LV typ 1	-	1,8	-	4,6	185	2,7

BILAGA 9

BESTÄMNING AV LUFTLÄCKNING

LUFTLÄCKNING

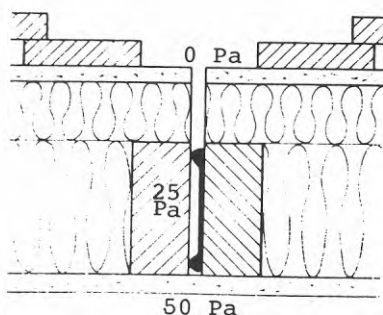
Uppmätning av luftläckningen som funktion av listhöjden har skett i samma universalprovare som använts för att bestämma listernas styvhet. Den övre tryckplattan har emellertid vid denna mätning kopplats till en tryckmätare och en flödesmätare. På den undre plattan har vid mätningarna fastskruvats en lackerad plywoodskiva (180 x 180 x 10 mm).

Fyra provkroppar, 125 mm långa, togs ur resp list och monterades på plywoodskivan i en kvadrat med öppna hörn. Cellist BT typ 1 har också monterats och uppmätts på furuplatta av samma typ som använts vid åldringen. Hörnen mellan listerna tätades med ett högplastiskt material (modellera). Provhållaren (undre tryckplattan) och övre tryckplattan justerades så att de blev parallella och luftförsörjningen ställdes in så att en tryckskillnad av 50 Pa erhöles /12/. Luftläckningen registrerades sedan som funktion av springbredden.

Eftersom endast en av listens två kanaler använts vid uppmätning av luftläckningen har de erhållna värdena omräknats för att istället gälla för en tryckskillnad av 25 Pa, se Figur 1. Vid omräkningen har följande samband använts /13/:

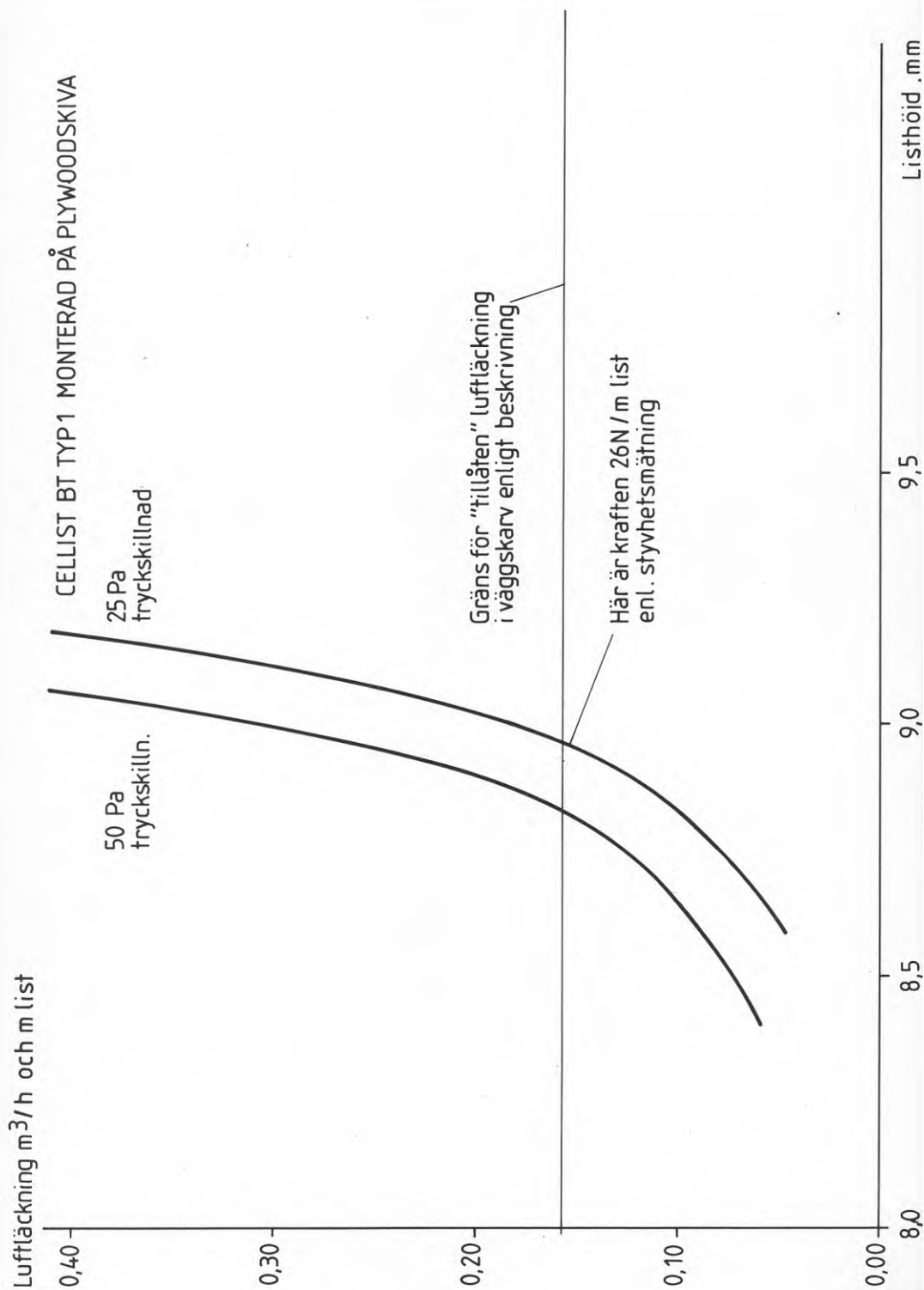
Luftläckningen i $\text{m}^3/\text{h} = K \cdot (\text{tryckskillnaden i Pa})^{2/3}$

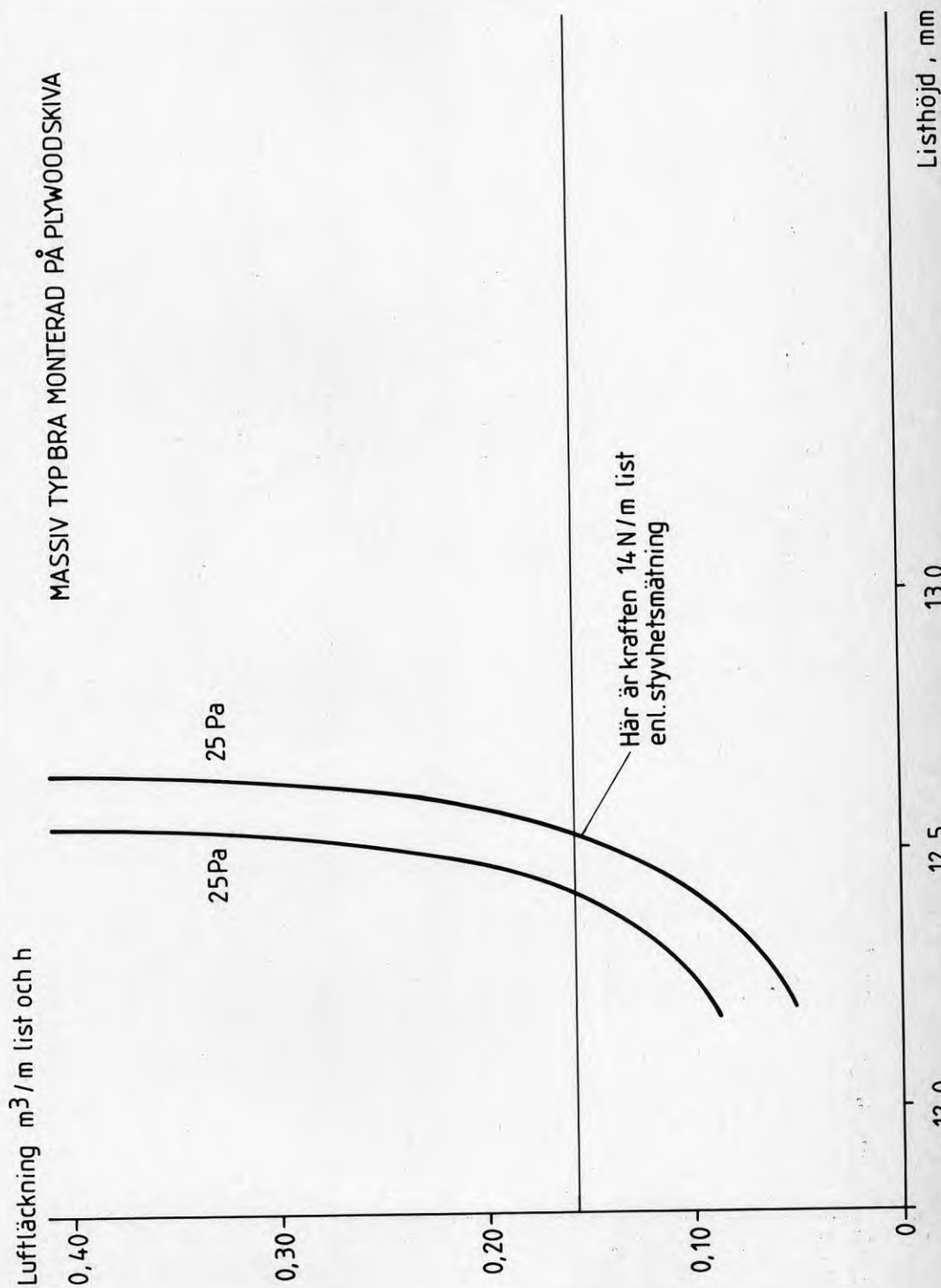
Värdena har inritats i diagrammen över luftläckningen vid 50 Pa tryckskillnad.



Figur 1 Tryckskillnad i vägg

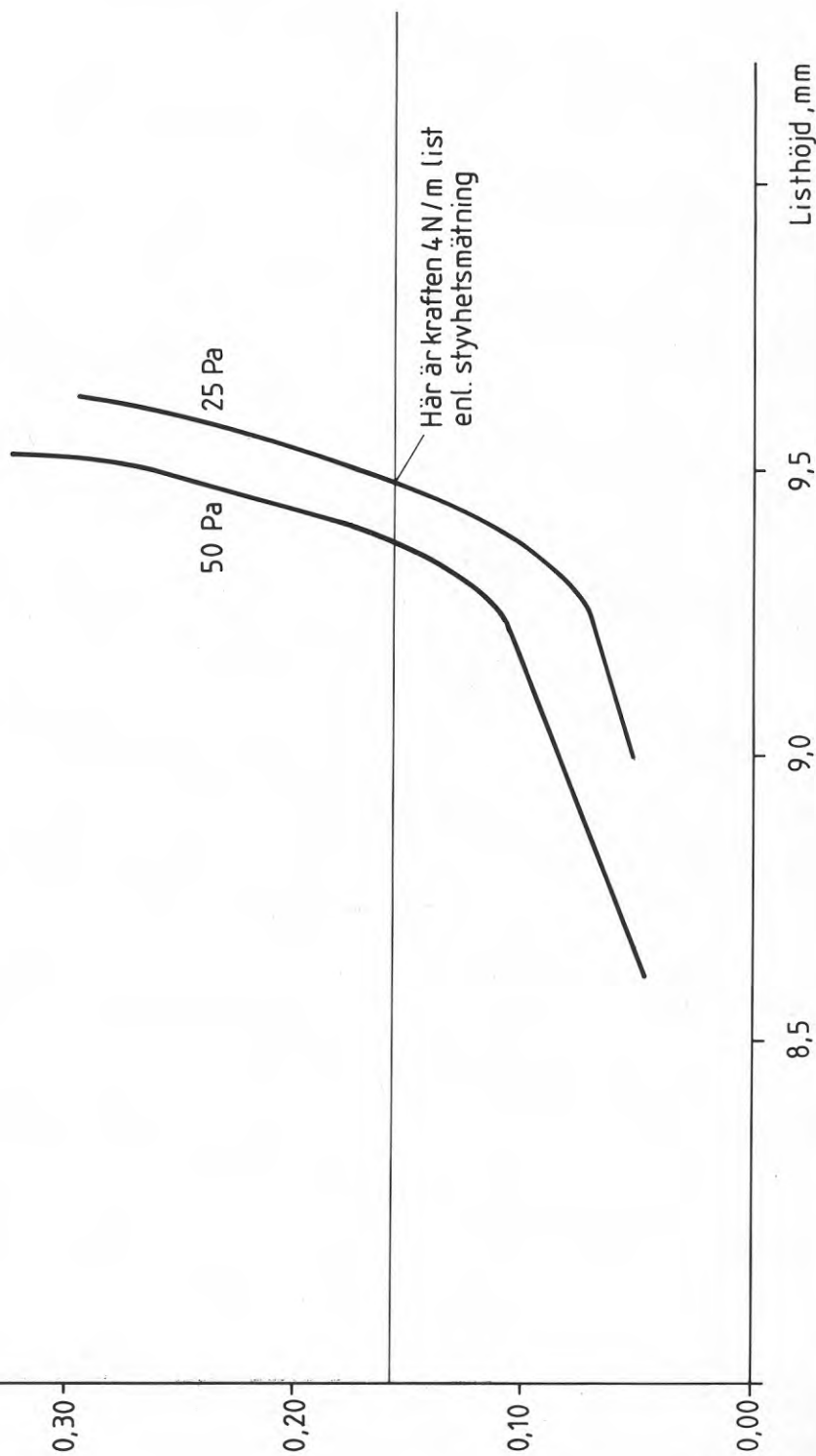
Högsta tillåtna luftläckage i vägg är enligt laboratoriet för byggnadsfysik på SP /13/ $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Eftersom ett väggblock har en yta av $2,9 \text{ m}^2$ och man till varje väggblock kan räkna $3,6 \text{ m}$ fog är andelen list per m^2 vägg $1,25 \text{ m}$. Detta medför ett största tillåtna läckage på $0,16 \text{ m}^3/\text{h}$ och m list. Listhöjden vid denna gräns har använts för att från styvhetsmätningarna erhålla den kraft som fordras för att listen skall täta.





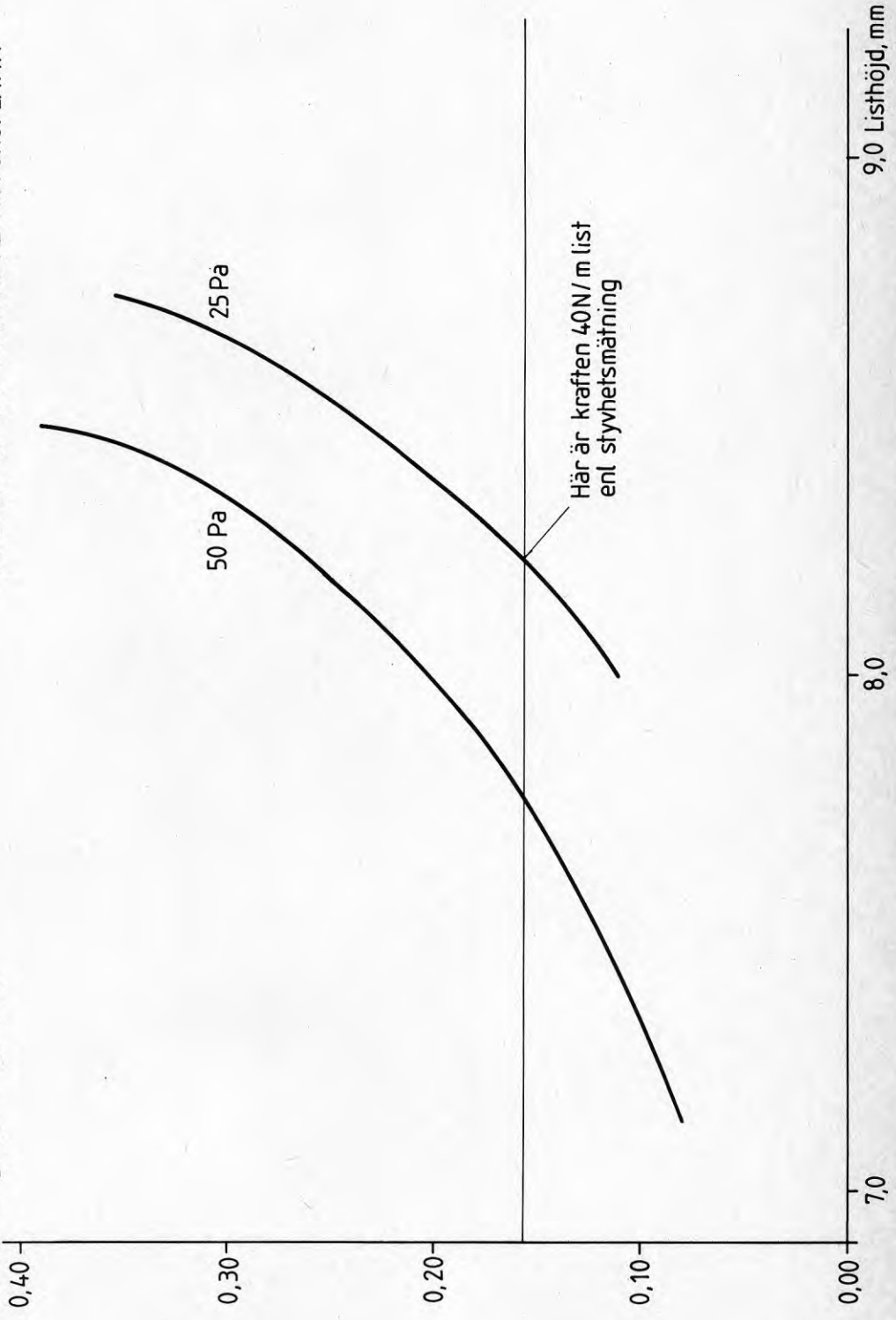
Luftläckning, m^3/h och m list

MASSIV TYP DÅLIG MONTERAD PÅ PLYWOODSKIVA



CELL-LIST BT TYP 1 MONTERAD PÅ FURUPLATTA

Luftläckning, m³/h och m list



Här är kraften 40N/m list
enl styvhetsmätning

BILAGA 10

KEMISK ANALYS AV TÄTNINGSLISTER



B 2 (Arne Holmström)

Analys av gummiprover

Föremål

Proven är märkta enligt följande:

I	Egen Trelleborg M 101 32	"Normal"
II	Egen Trelleborg M 101 32	"Dålig"
III	Egen Trelleborg M 101 32	"Bra"
IV	Egen LV 45 x 10 RY	12 m/min
V	Egen LV 45 x 10 RY	12 m/min Aldrad
VI	Egen LV 45 x 10 RY	17 m/min
VII	Egen LV 45 x 10 RY	17 m/min Aldrad
VIII	Egen BT-list 80 x 8 RY	12 m/min
IX	Egen BT-list 80 x 8 RY	12 m/min Aldrad
X	Egen BT-list 80 x 8 RY	17 m/min
XI	Egen BT-list 80 x 8 RY	17 m/min Aldrad
XII	Trelleborg CR-list	

Uppdrag

Ta fram så många detaljer som är möjligt för att kunna karakterisera systemet.

Kommentar

Med proven följde receptur samt de använda utgångs-
substanserna.

Provningens
utförande

Analys av prov i inlämningstillstånd

Provberedning: Provet klipptes i små bitar i enlighet
med ASTM D 297 -77.

Extraherbart material (E): Provberett material extra-
herades med kloroform under 16 tim. Gummiprovet svälldes
under denna process.

Aska (A): Provberett material inaskades i ugn vid 550 °C
i luft tills konstant vikt erhållits.

Kimrök (K): Provberett material upphettades i kvävgas
till 650 °C tills konstant vikt erhållits. Återstoden
utgörs av kimrök och aska (K + A). Då halten aska är
känd kan halten kimrök beräknas.

Polymert material (P): Vid bestämning av kimrökshalten är huvuddelen av det material, som pyrolyseras bort summan av det extraherbara och det polymera materialet (P + E). Då halten extraherbart material är känd fås det polymera materialet som differens.

Svavelhalt: Provberett material förbrändes vid ca 1100 °C i syrgas och den så bildade svaveldioxiden titrerades jodometriskt (LECO).

Analyser av kloroformextrakt

- Gaskromatografisk analys efter behandling med dimetylsulfat för bestämning av acceleratorrester från MBT, TMTD, ZDBC, ZDEC, ZDMC och stearin.
- Gaskromatografisk analys för bestämning av halten diisooktyldifenylamin och polyglykolfettsyraester. Preliminär undersökning med GPC visar att polyglykolfettsyra har molvikt kring 250 och kan analyseras med GC-teknik.
- Gelpermeationskromatografisk analys (GPC) för bestämning av halten olja, stearin och eventuella rester från polymeren.

Specialanalyser

Försök att bestämma de gaser, som bildas vid vulkning i närvaro av Genitron.

Undersökningen är utförd med IR-spektrofotometer, pyrolys-GCMS och elementaranalysator.

På färdigvulkat material gjordes försök att bestämma innehållet i blåsorna genom att pressa ihop gummitbitarna och samla upp de avgivna gaserna i avgasad absolut alkohol samt analys med masspektrometer.

Kommentar

I prov märkta "Egen LV 45 x 10 RY" uppges receptet ha följande sammansättning:

<u>Ämne</u>	<u>%</u>	<u>Kategori</u> ^{b)}	<u>Svavel, %</u> ^{a)}
Stearin 54	0,67	P + E, E	
Breox PEG 3400	0,67	P + E, E	
Zinkoxid	3,34	K + A, A	
Vistalon 6630	43,38	P + E, P	
Kimrök	23,37	K + A, K	
Krita	10,00	K + A, A	

a) Beräknat ur formel

b) Tillhörighet vid pyrolysförsöket samt grupp-tillhörighet enligt funktion.

<u>Ämne</u>	<u>%</u>	<u>Kategori</u> ^{b)}	<u>Svavel, %</u> ^{a)}
Flexon 845 (Olja)	13,36	P + E, E	
Caloxid W 56	1,00	K + A, A	
Genitron CR	1,00	?	
MBT	1,04	K + A, E	0,40
TMTD	0,33	K + A, E	0,18
ZDBC	0,74	K + A, E	0,20
ZDEC	0,41	K + A, E	0,15
ZDMC	0,33	K + A, E	0,14
Svavel	<u>0,35</u>	P + E, P	<u>0,35</u>
	99,99		1,42

a) Beräknat ur formel.

b) Tillhörighet vid pyrolysförsöket samt grupptillhörighet enligt funktion.

I prov märkta "Egen BT 80 x 8 RY" uppges receptet ha följande sammansättning:

<u>Ämne</u>	<u>%</u>	<u>Kategori</u>	<u>Svavel, %</u> ^{a)}
Vistalon 2504	4,28	P + E, P	
Vistalon 6630	31,53	P + E, P	
SRF-Kimrök	29,96	K + A, K	
Krita	7,13	K + A, A	
Flexon 845	21,40	P + E, E	
Stearin	0,29	P + E, E	
Zinkoxid	1,14	K + A, A	
Kalciumoxid	1,14	K + A, A	
Genitron CR	1,14	?	
MBT	0,29	P + E, E	0,11
TDECb)	0,29	P + E, E	0,10
ZDMC	0,86	K + A, E	0,36
Svavel	<u>0,57</u>	P + E, P	<u>0,57</u>
	100,02		1,14

a) Beräknat ur formel.

b) Enligt litteraturen uppges TDEC vara
 $((C_2H_5)_2 NCS_2)_4 Te$

I prov märkt "Trelleborg CR-material ~ 40 ° Shore
uppges receptet ha följande sammansättning:

<u>Ämne</u>	<u>%</u>	<u>Kategori</u>
Neopren GW	45,25	P + E, P
Magnesiumoxid	1,81	K + A, A
Stearinsyra	0,23	P + E, E
Okerin 1885	0,90	P + E, E
Polyetylen	0,90	P + E, P
Diisooktyldifenylamin	1,13	P + E, E
Faktic NC-12	9,05	P + E, P
Polyglykolfettsyraester	9,05	P + E, E
Mineralolja Na-Pa	9,05	P + E, E
Kimrök FEF N 550	9,05	K + A, K
Kimrök MT	11,31	K + A, K
Zinkoxid	<u>2,26</u>	K + A, A
	99,99	

I prov märkta "Trelleborg normal EPDM" uppges receptet
ha följande sammansättning:

<u>Ämne</u>	<u>%</u>	<u>Kategori</u>	<u>Svavel, %^{a)}</u>
Keltan 712	30,34	P + E, E	
Zinkoxid	1,52	K + A, A	
Stearinsyra	0,30	P + E, E	
Teknisk vaselin	1,52	P + E, E	
Kalçiumoxidpasta	1,52	K + A, A	
Olja paraffinisk högviskös	22,76	P + E, E	
Kimrök FEF (N 550)	30,34	K + A, K	
Kimrök SRF (N 774)	9,10	K + A, K	
Ditiodinorfolin	0,61	P + E, E	0,17
Zinkdibutyliditiokar- bamat	0,91	K + A, E	0,25
Svavel	0,32	P + E, E	0,32
TMTD MB 80 % i EVA	<u>0,76</u>	P + E, E	<u>0,32</u>
	100,00		1,06

a) Beräknat ur formel.

I prov märkt "Trelleborg bra EPDM" uppges receptet ha följande sammansättning:

<u>Ämne</u>	<u>%</u>	<u>Kategori</u>	<u>Svavel, %^{a)}</u>
Keltan 712	42,36	P + E, P	
Zinkoxid	2,12	K + A, A	
Stearinsyra	0,42	P + E, E	
Dihydrotrimetyl- quinodin	0,64	P + E, E	
Teknisk vaselin	2,12	P + E, E	
Kalciumoxidpasta	2,12	K + A, A	
Olja paraffinisk	12,71	P + E, E	
Kimrök FEF (W 550)	21,18	K + A, K	
Kimrök Mt	12,71	K + A, K	
Ditiodimorfolin	0,85	P + E, E	0,23
Zinkdibutyliditiokar- bamat	1,27	P + E, P	0,34
Svavel	0,44	P + E, P	0,44
TMTD MB 80 % i EVA	<u>1,06</u>	P + E, E	<u>0,45</u>
	100,00		1,46

a) Beräknat ur formel.

I prov märkt "Trelleborg dålig EPDM-material" uppges receptet ha följande sammansättning:

<u>Ämne</u>	<u>%</u>	<u>Kategori</u>	<u>Svavel, %^{a)}</u>
Keltan 712 (EPDM)	19,13	P + E, P	
Krita FF	28,69	K + A, A	
Kaolin KKA	19,13	K + A, A	
Zinkoxid	0,96	K + A, A	
Stearinsyra	0,19	P + E, E	
Teknisk vaselin	0,96	P + E, E	
Kalciumoxidpasta	2,87	K + A, A	
Olja paraffinisk, högviskös	19,13	P + E, E	
Kimrök FEF (N 550)	7,65	K + A, K	
Tellurdietylditio- karbamat	0,15	P + E, E	0,05
Svavel, löslig	0,40	P + E, P	0,40
PTT MB 75 % i EPDM ^{b)}	0,20	P + E, E	0,08
MBT MB 80 % i EVA	0,36	P + E, E	0,11
TMTD MB 80 % i EVA	<u>0,19</u>	P + E, E	<u>0,08</u>
	100,01		0,72

a) Beräknat ur formel.

b) Förkortning för dipentametylentiuamtetrasulfid

$$\left((\text{CH}_2)_5 \text{N C S}_3 \right)_2$$

Resultat

I tabell i finns sammanställning av resultatet av undersökningen av prov I inlämningstillstånd och de motsvarande teoretiska värden, som är framräknade ur recepten.

Tabell 1

Prov nr	K + A %	P + E %	K %	A %	P %	E %	Svavel %
I	43,3	56,7	38,8	4,6	29,5	27,2	1,36
Teor. I	43,5	56,5	39,4	4,1	30,3	26,7	1,06
II	57,4	42,6	8,6	48,8	20,8	21,8	0,76
Teor. II	59,5	40,5	7,7	51,8	19,5	21,0	0,72
III	38,7	61,3	32,6	6,1	42,5	18,8	1,54
Teor. III	39,4	60,6	33,9	5,5	42,4	18,9	1,46
IV	39,2	60,8	25,6	12,6	33,6	27,2	1,45
V	39,1	60,9	26,2	12,9	33,9	27,1	1,42
VI	39,1	60,9	26,3	12,8	33,4	27,5	1,41
VII	38,9	61,1	26,5	12,4	34,5	26,6	1,41
Teor. IV-VII	39,4	60,6	23,4	16,0	43,0	17,5	1,42
VIII	42,5	57,5	32,2	10,4	28,5	29,0	1,62
IX	42,4	57,6	32,4	10,0	28,1	29,5	1,63
X	42,5	57,5	32,6	9,9	28,4	29,1	1,53
XI	42,7	57,3	32,7	10,0	28,7	28,6	1,52
Teor. VIII-XI	40,2	59,8	30,0	10,3	36,6	23,2	1,14
XII	43,0	57,0	38,4	4,6	35,4	21,6	- a)
Teor. XII	24,4	75,6	20,4	4,1	55,2	20,4	-

a) Går ej att bestämma med LECO-metoden.

Kommentar till tabell I

Svavel: De funna svavelhalterna i prov II-VII överensstämmer väl med de teoretiskt framräknade värdena. Svavelhalten i prov VIII och IX kan vara samma som i prov X och XI. De funna värdena för dessa prov ligger inom analysmetodens felmarginal. Motsvarande teoretiska värden ligger klart lägre. Samma förhållande råder för prov I och dess teoretiska värde.

Pyrolysförsöket:

Pyrolysförsöket där summan kimrök och aska respektive polymer och extraherbart material bestämdes stämmer bra för alla utom prov XII. I prov XII, som utgörs av kloropren-gummilisten, kan inte förhållandena mellan $(K + A)/(P + E)$ bestämmas på detta sätt (se ASTM D 297, avsnitt 38).

Extraherbart:

Halten extraherbart material överensstämde med motsvarande teoretiskt värde i prov I-III och XII medan dålig överensstämmelse erhöles för de övriga proven. Förklaringen är att polymeren innehåller extraherbar substans. Extraktion av Vistalon 6630 och av Vistalon 2504 med etanol/toluen (68/32) visar att dessa innehåller 24,0 % resp. 1,2 % extraherbart material. Enligt receptet för LV 45 x 10 RY ingår 43,4 % av Vistalon 6630 och enligt receptet för BT 80 x 8 RY ingår 4,3 % Vistalon 2504 och 31,5 % av Vistalon 6630. Detta motsvarar 10,4 % resp. 7,6 % extraherbart material i LV 45-resp. BT 80-listerna. De "nya" teoretiska värdena på polymer resp. på extraherbar substans blir 32,6 resp. 27,9 för LV 45 och 29,0 resp. 30,8 för BT 80. Dessa värden överensstämmer väl med funna experimentella värden.

I tabell 2 finns sammanställning över den gaskromatografiska analysen av acceleratorrester i prov I-XI.

Tabell 2

Accelerator Analyserad som	I	II	III	IV	V	VI %	VII	VIII	IX	X	XI	
MBT	2-Metylmerkaptobenzotiazol	0,01	-b)	-b)	0,28	0,12	0,22	0,35	0,02	0,01	0,01	0,02
TMTD	Metyl-dimetylditiokarbamat	<0,01	0,02	0,04	0,12	0,06	0,15	0,17	-b)	-b)	<0,01	<0,01
ZDBC	Metyl-dibutyl-ditiokarbamat	0,01	0,07	0,27	0,37	0,27	0,60	0,68	-b)	-b)	-b)	-b)
ZDEC	Metyl-dietylditiokarbamat		-b)	-b)	0,13	0,09	0,17	0,19	-b)	-b)	<0,01	<0,01
ZDMC (se TMTD)	Metyl-dimetylditiokarbamat		-c)	-c)					-c)	-c)	-c)	-c)
Stearinsyra	Metylstearat ^{a)}	-c)	-c)	-c)	0,39	0,32	0,48	0,07	-c)	-c)	-c)	-c)

a) Osäkert om metoden ger kvantitativt utbyte vid metyleringen.

b) Ej detekterbar

c) Värden osäkra p g a överlagrade toppar.

I prov XII bestämdes halten antioxidant (diisooktyldifenylamin) till 1,2 %. Halten polyglykolfettsyraester bestämdes till 7,8 %.

Specialanalyser

Genitron (enligt SGF gummiteknisk handbok azodikarbonamid)

Det upptagna IR-spektrumet på Genitron överensstämmer inte med motsvarande azobis (formamid) i Aldrich IR-bibliotek, varför fortsatt undersökning behövdes.

Elementaranalysen gav kväve 42 %, kol 24 %, väte 3,2 % och som differens syre 31 %.

Pyrolysuundersökningen på MS visade att provet vid upphettning avger kvävgas, vilket bekräftas av elementaranalysen.

Innehållet i cellerna i gummibitarna

Innehållet i blåsorna kunde inte analyseras med den använda tekniken.

Analysresultaten från GPC-undersökningen är ännu ej klara.

STATENS PROVNINGSANSTALT
Laboratoriet för kemisk analys

Lars-Henrik Österholm
Lars-Henrik Österholm

Lars Cedheim
Lars Cedheim

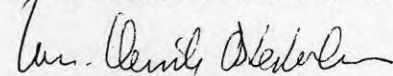
Lab för kemisk analys
Lars Cedheim, ab


B2 (Arne Holmström)

Bestämning av rester efter acceleratorssystemet

- Föremål** 8 st gummibitar, märkta BT 17 3, BT 17 6, BT 12 3, BT 12 6, Normal 3, Normal 6, Bra 3 och Bra 6
- Uppdrag** I provföremålen bestämma resterna efter acceleratorsystemet
- Provningens utförande** Provet finfördelas och extraheras med kloroform. Kloroformextraktet indunstas till nästan torrhet. Till återstoden sätts 1 ml kloroform och ca 100 mg dimetylsulfat. Kloroformlösningen upphettas under tryck till 100 °C under 2 timmar. Efter avkylning skakas kloroformen med 2 drp konc ammoniak och röret får därefter stå i 30 minuter innan tvättning med 2 ml vatten sker. Kloroformfasen tas av och analyseras på GC (OV 17 kolonn 60/4-8-260/10).
- Referenslösningarna bereds genom att lösa zinksalterna av de förväntade nedbrytningsprodukterna i kloroform. Referenslösningarna behandlades med dimetylsulfat i enlighet med ovan.
- Resultat** I tabell 1 (bilaga) finns en sammanställning över acceleratorrester och hur dessa är analyserade.
- Kommentar** Det är genomgående så att prov med 6:a på slutet innehåller mindre av acceleratorrester än prov med 3:a på slutet.

Laboratoriet för kemisk analys


Lars-Henrik Österholm


Lars Cedheim

Bilaga

Tabell

	POSTADRESS	BESÖKSADRESS	TELEFON	TELEX	BANKGIRO
<input type="checkbox"/> HUVUDFÖRVALTNING	Box 857, 501 15 Borås	Brinellgatan 4	033-10 20 00	362 52 testing S	715-1053
<input type="checkbox"/> STOCKHOLM	Box 5608, 114 86 Stockholm	Drottning Kristinas väg 31	08-24 80 60	100 58 testing S	POSTGIRO
<input type="checkbox"/> GÖTEBORG	Box 240 36, 400 22 Göteborg	Gibraltargatan 35	031-20 08 70	271 61 testing S	1 56 82-8
<input type="checkbox"/> LUND	Box 712, 220 07 Lund	Tornavägen 11	046-12 43 30		

Tabell 1 Acceleratorrester i gummi i procent

Accelerator	Analyserat som	Prov (%)						Normal	Normal	Bra	Bra
		BT 17 3	BT 17 6	BT 12 3	BT 12 6	3	6				
MBT	2-metylmerkaptobenzotiazol	-a	-a	-a	-a						
TMTD	Metyl-dimetylditiokarbamat					0,03	-a	0,03	spår		
TDEC	Metyl-dietylditiokarbamat	< 0,01	< 0,01	< 0,01	spår						
ZDMC	Metyl-dimetylditiokarbamat	0,08	0,07	0,06	spår						
ZBC	Metyl-dibutyl-ditiokarbamat					0,05	0,01	0,05	-a		

a) ej detekterbar

BILAGA 11

SPRINGBREDDSFÖRÄNDRINGAR I PROVHUSET

Tidpunkt a	Strax efter montering, juni 1981 (inga taktyngder var då på plats)
Tidpunkt b	Januari 1982 (kallt och torrt)
Tidpunkt c	Strax före demontering, maj 1982
Tidpunkt d	November 1982
Tidpunkt e	September 1983 (efter en varm och torr sommar)

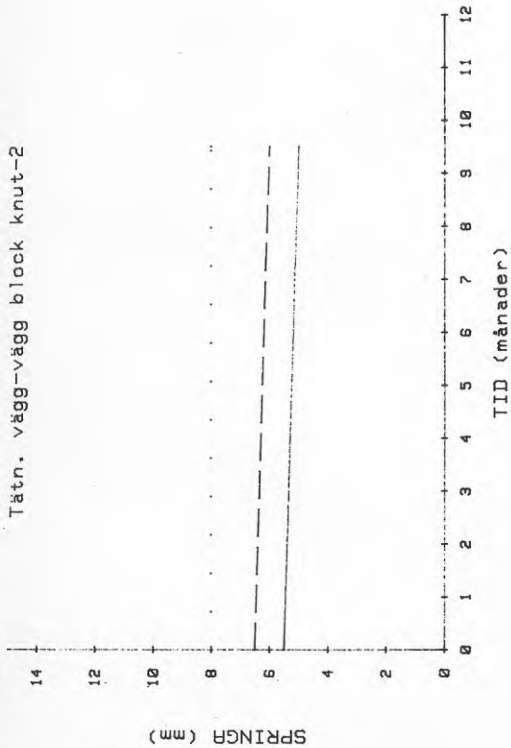
- A Mätningar från tidpunkt d och e (vägg-vägg)
B " - a - c (karm-vägg)
C " - d och e (karm-vägg)

A

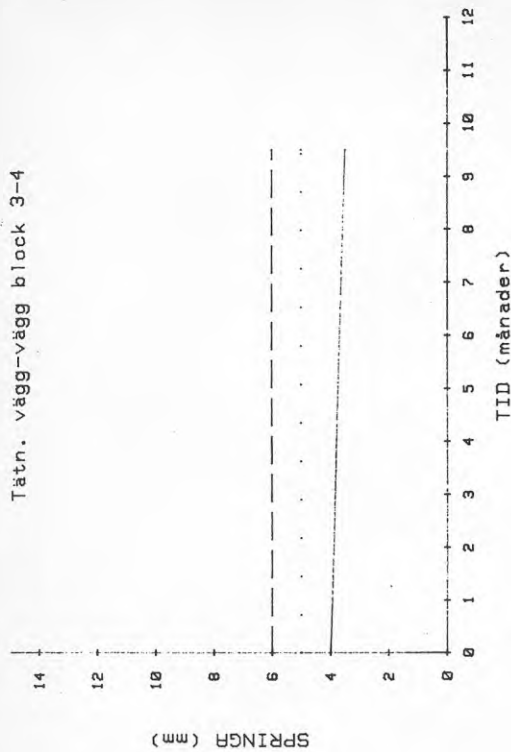
Teckenförklaring:

- = övre mätpunkt
- - - - - = mittmätpunkt
..... = nedre mätpunkt

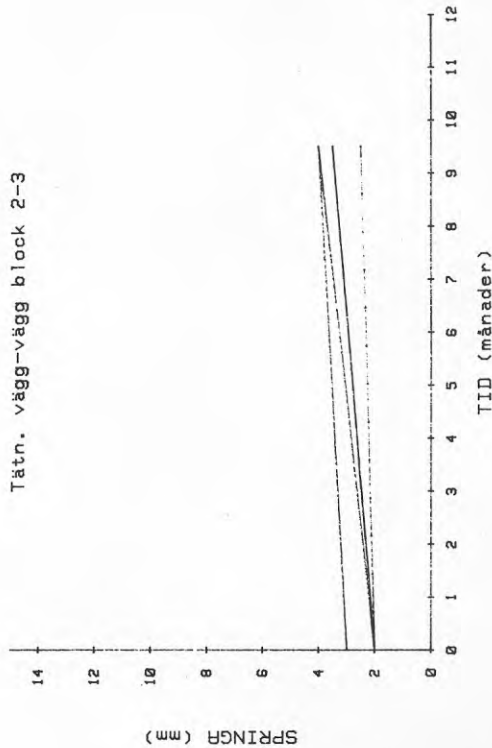
Tätn. vägg-vägg block knut-2



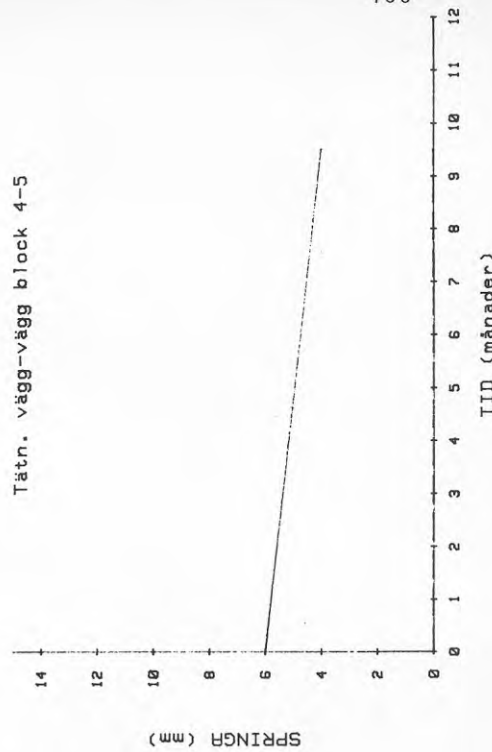
Tätn. vägg-vägg block 3-4



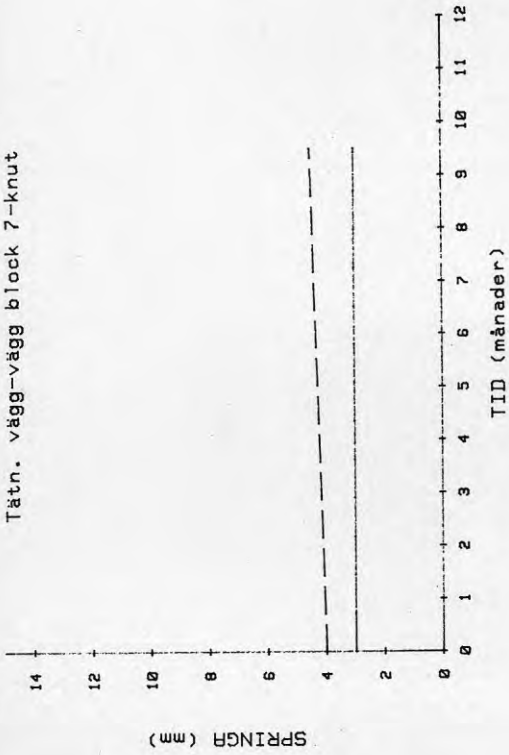
Tätn. vägg-vägg block 2-3



Tätn. vägg-vägg block 4-5



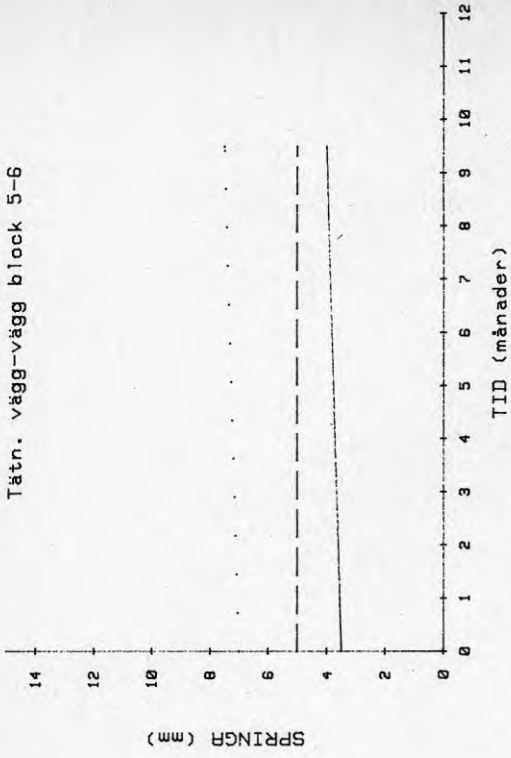
Tätn. vägg-vägg block 7-knut



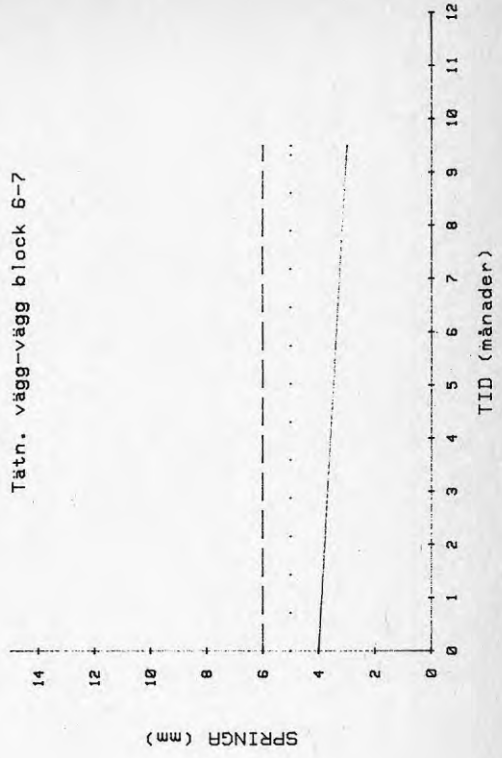
Tätn. vägg-vägg block knut-8



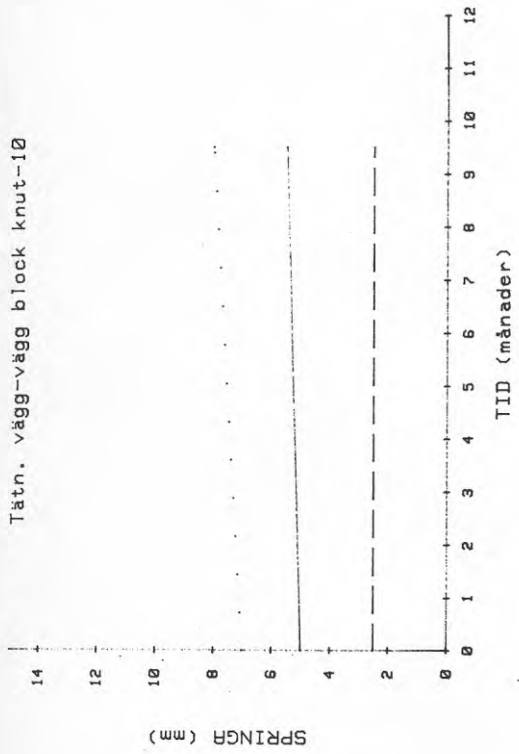
Tätn. vägg-vägg block 5-6



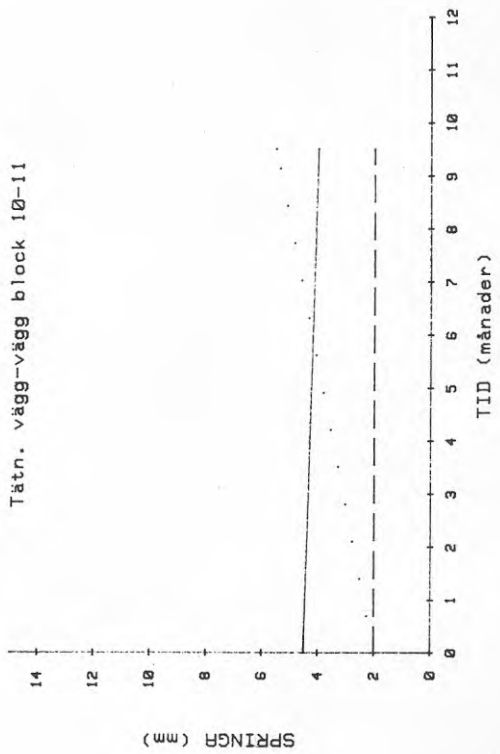
Tätn. vägg-vägg block 6-7



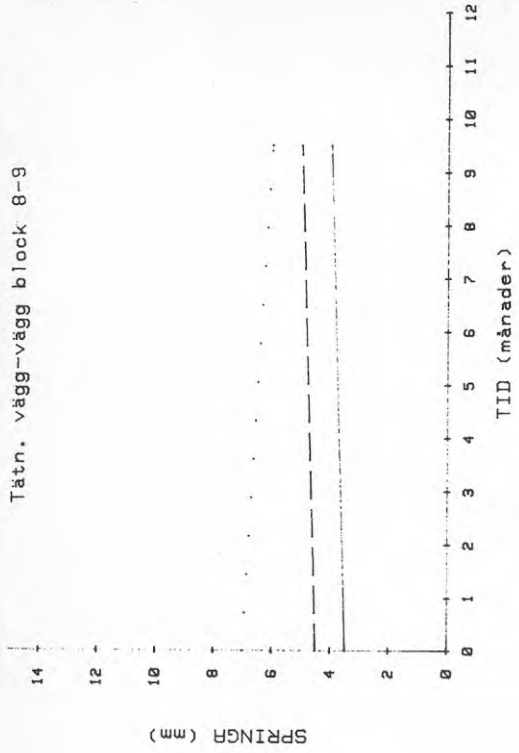
Tät. vägg-vägg block knut-10



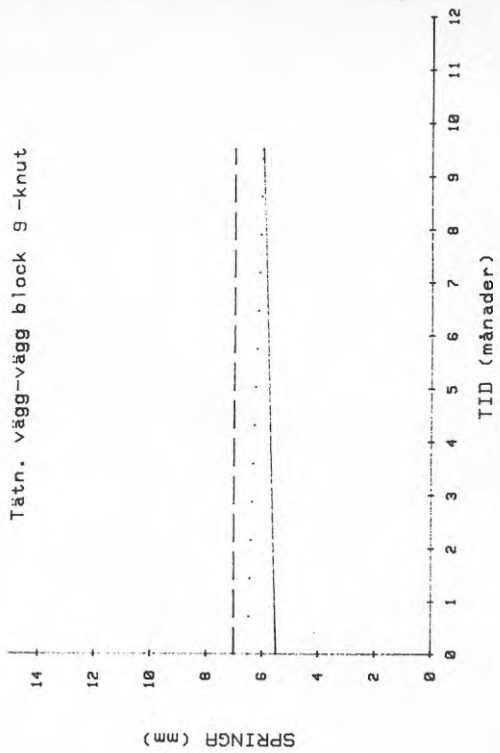
Tät. vägg-vägg block 10-11



Tät. vägg-vägg block 8-9



Tät. vägg-vägg block 9-knut



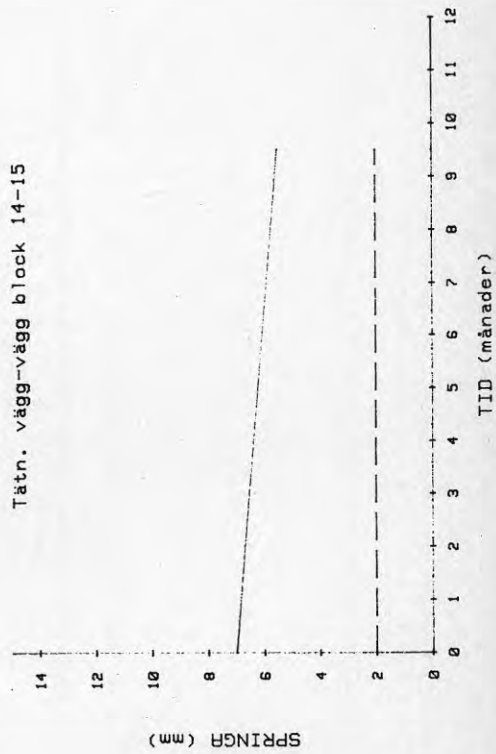
Tätn. vägg-vägg block 13-14



Tätn. vägg-vägg block 11-12



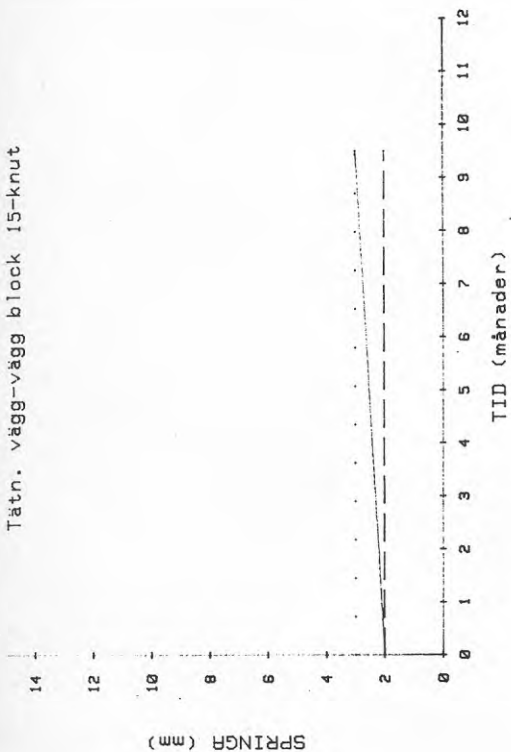
Tätn. vägg-vägg block 14-15



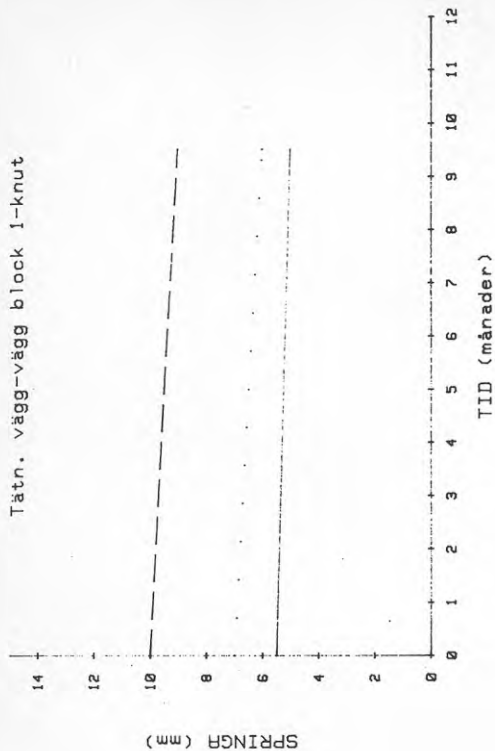
Tätn. vägg-vägg block 12-13



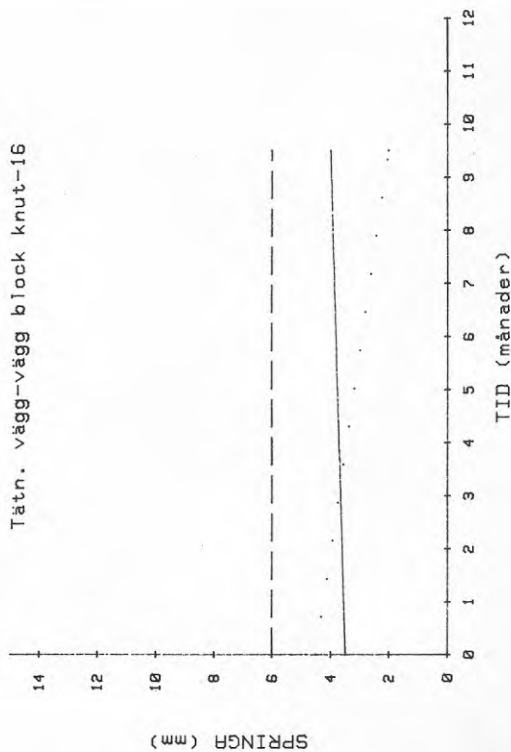
Tätn. vägg-vägg block 15-knut



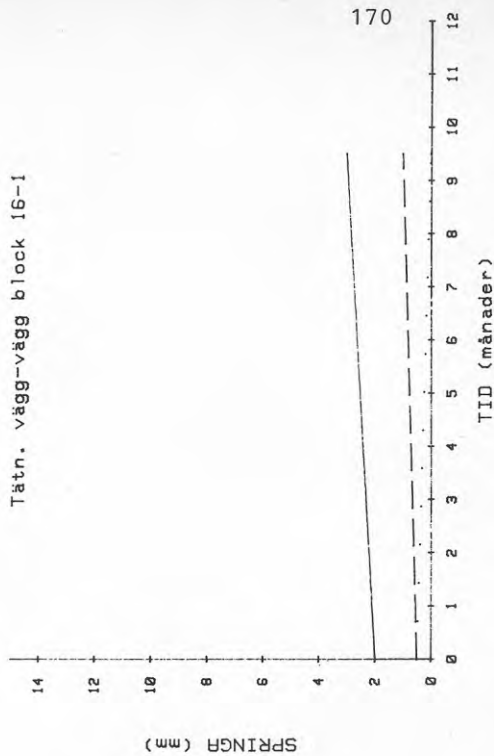
Tätn. vägg-vägg block 1-knut



Tätn. vägg-vägg block knut-16



Tätn. vägg-vägg block 16-1

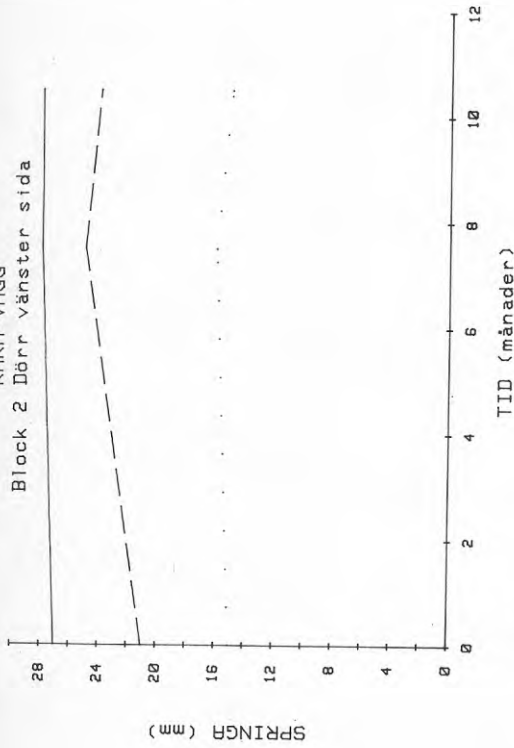


B

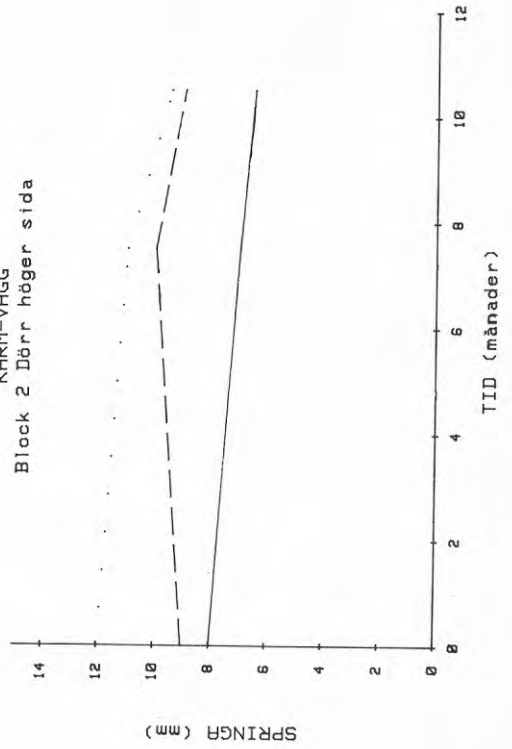
Teckenförklaring:

———— = övre mätpunkt
- - - - - = mittmätpunkt
..... = nedre mätpunkt

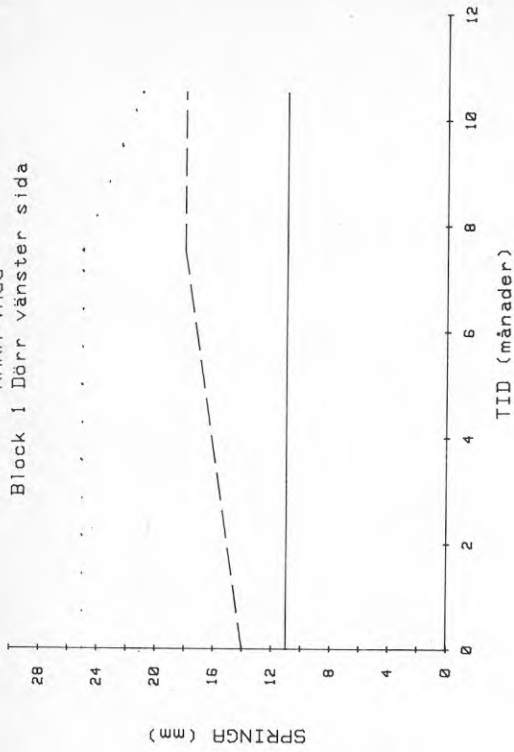
KARM-VÄGG
Block 2 Dörr vänster sida



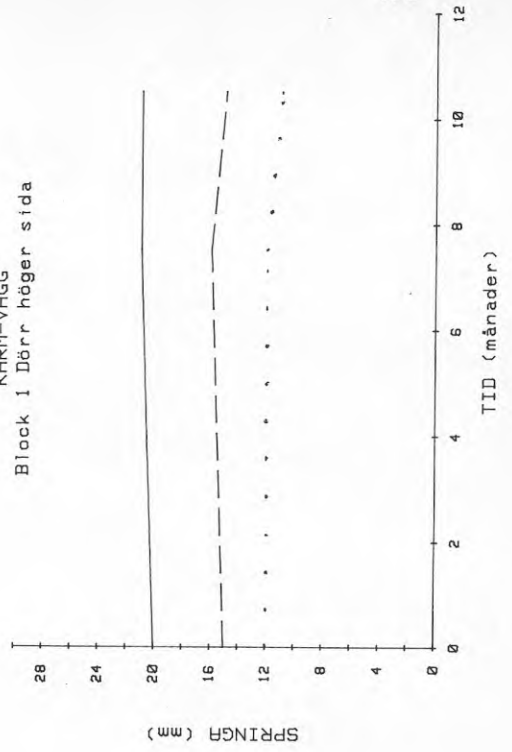
KARM-VÄGG
Block 2 Dörr höger sida



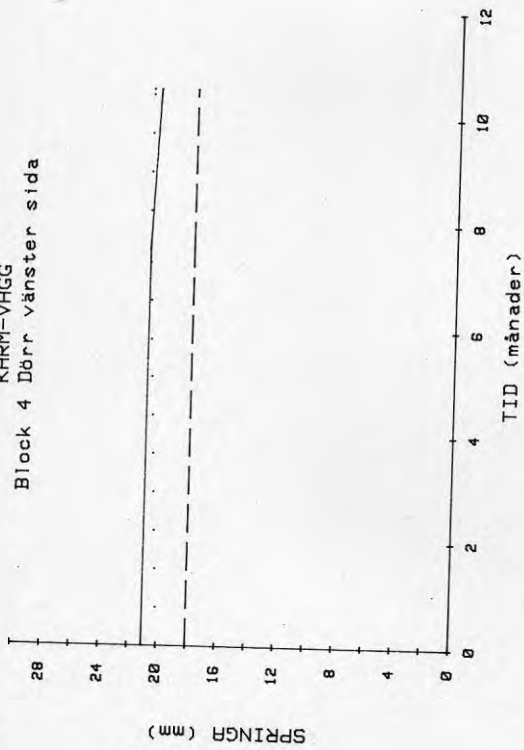
KARM-VÄGG
Block 1 Dörr vänster sida



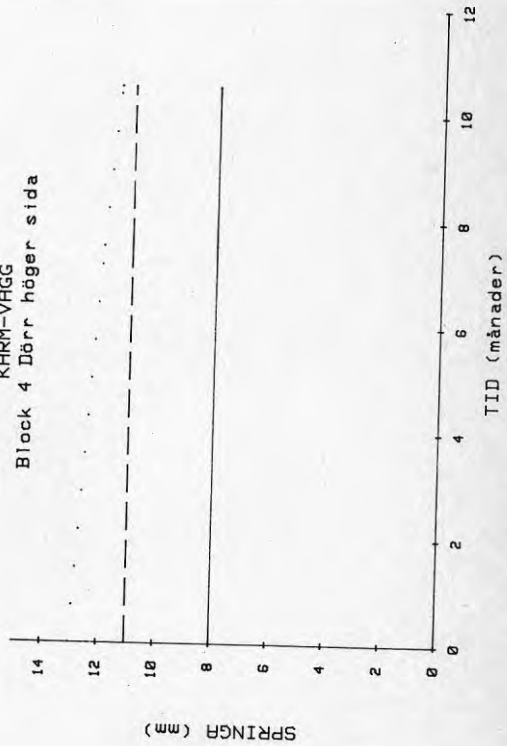
KARM-VÄGG
Block 1 Dörr höger sida



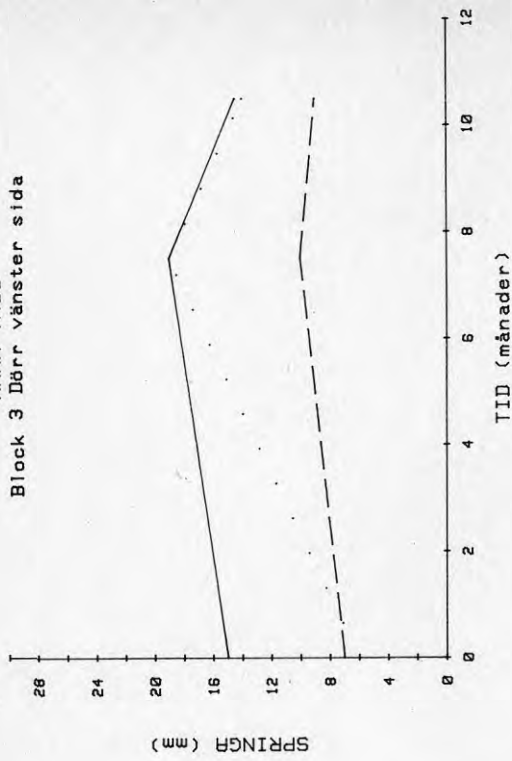
KARM-VÄGG
Block 4 Dörr vänster sida



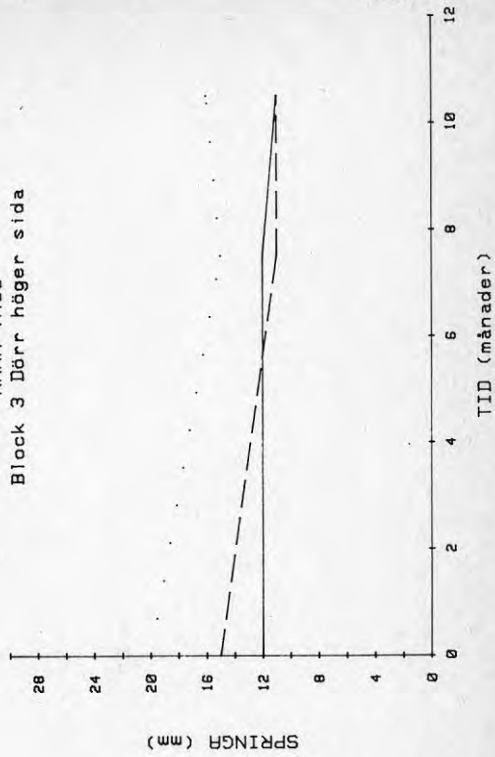
KARM-VÄGG
Block 4 Dörr höger sida



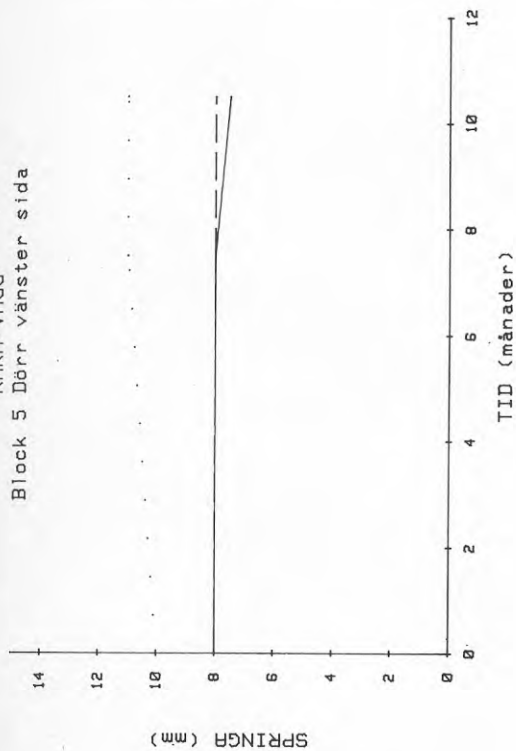
KARM-VÄGG
Block 3 Dörr vänster sida



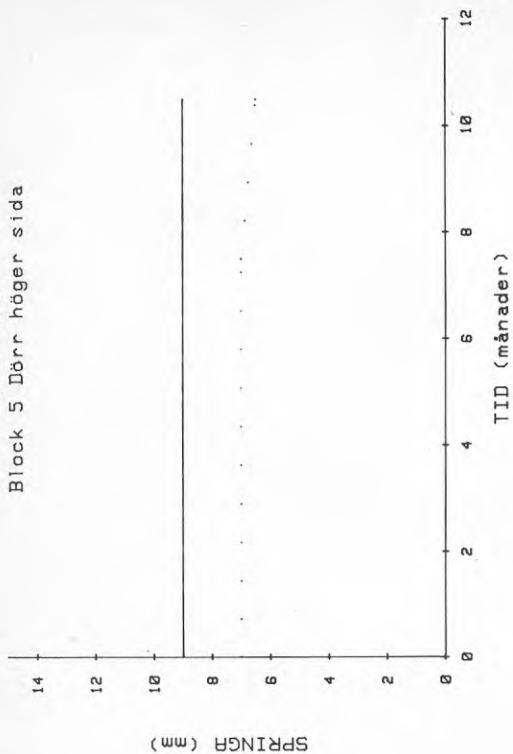
KARM-VÄGG
Block 3 Dörr höger sida



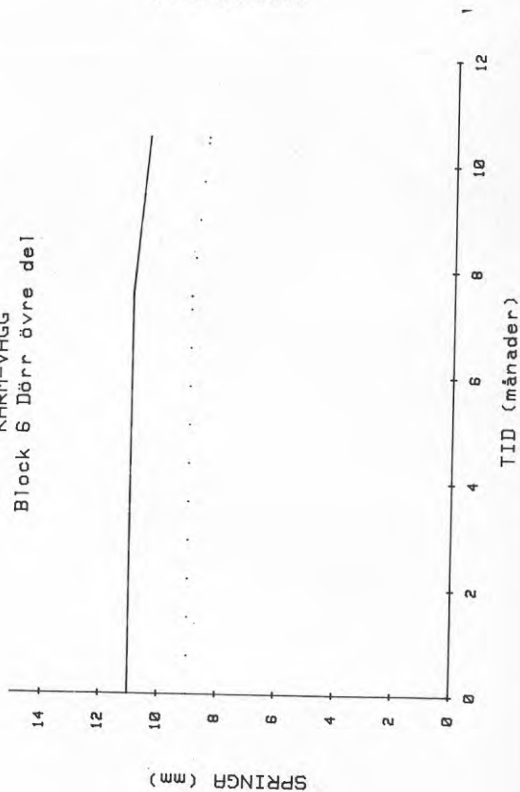
KARM-VÄGG
Block 5 Dörr vänster sida



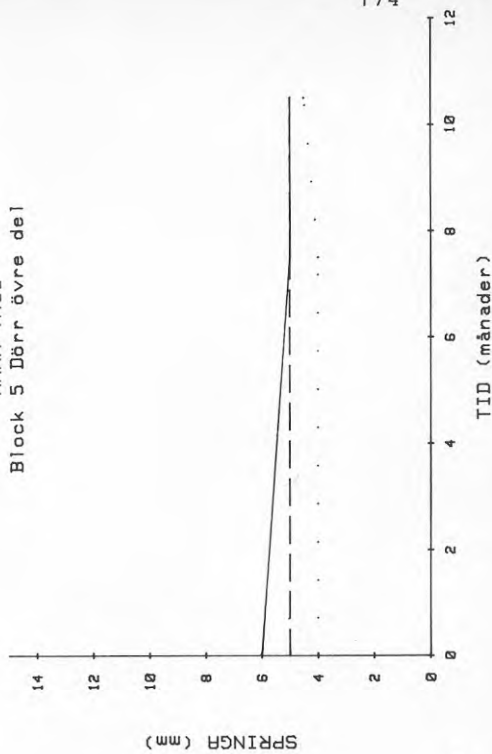
KARM-VÄGG
Block 5 Dörr höger sida



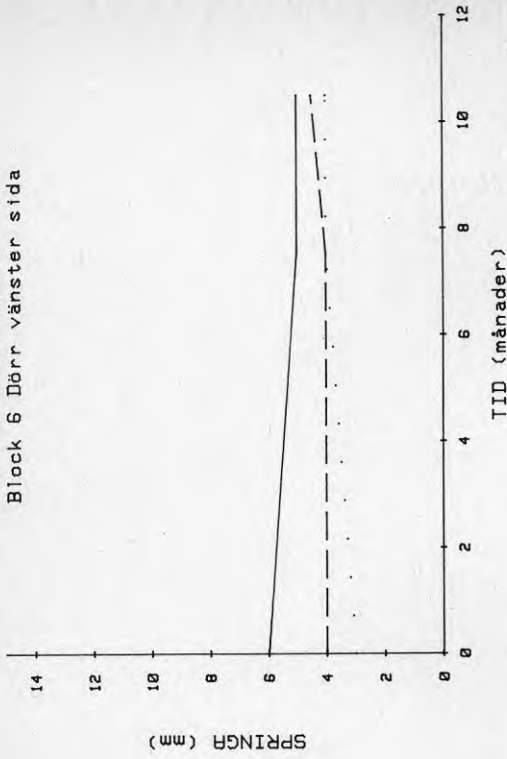
KARM-VÄGG
Block 6 Dörr övre del



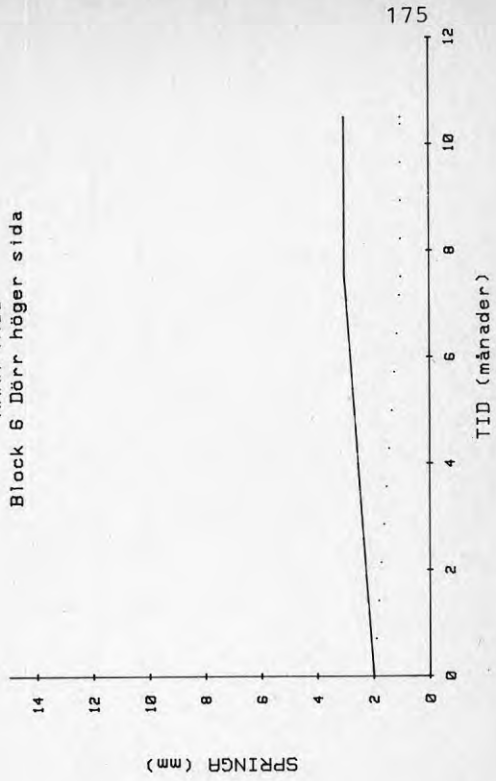
KARM-VÄGG
Block 5 Dörr övre del



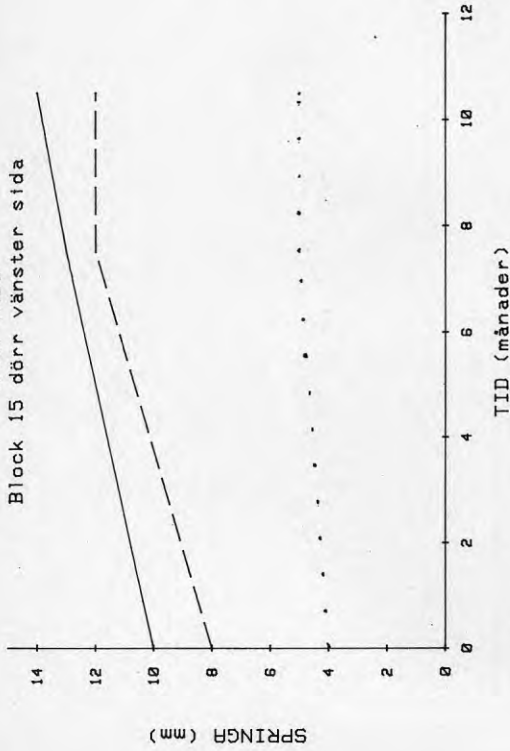
KARM-VÄGG
Block 6 Dörr vänster sida



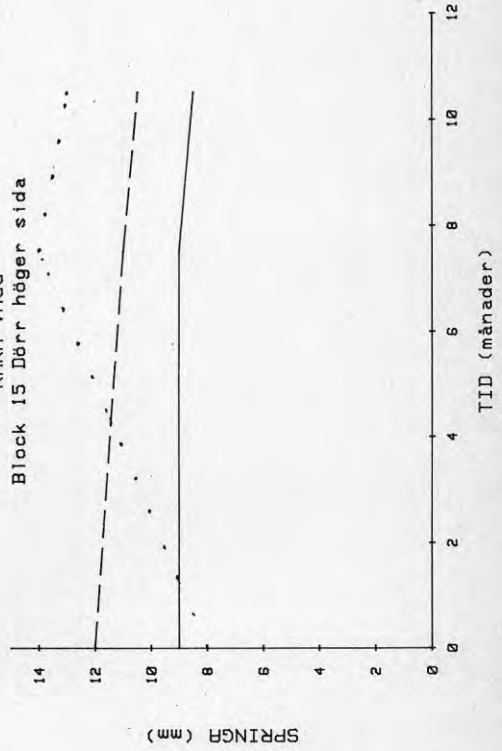
KARM-VÄGG
Block 6 Dörr höger sida



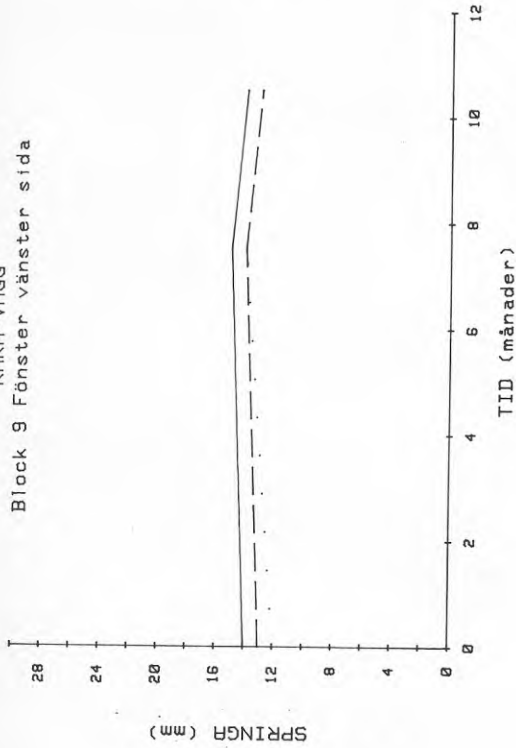
KARM-VÄGG
Block 15 dörr vänster sida



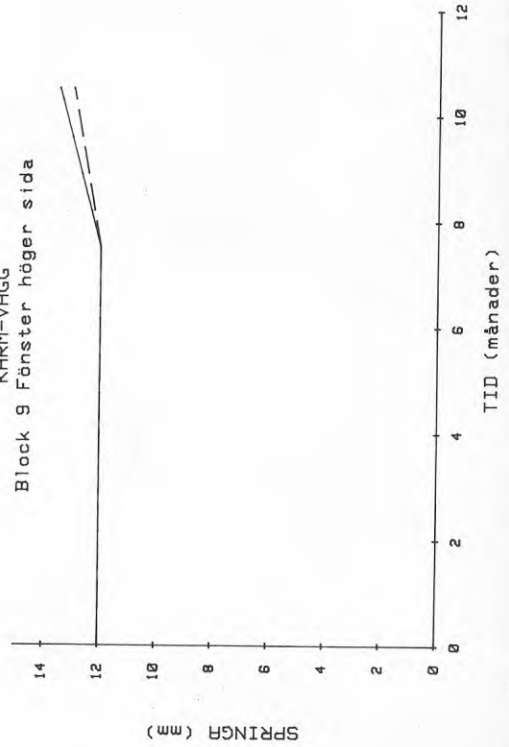
KARM-VÄGG
Block 15 Dörr höger sida



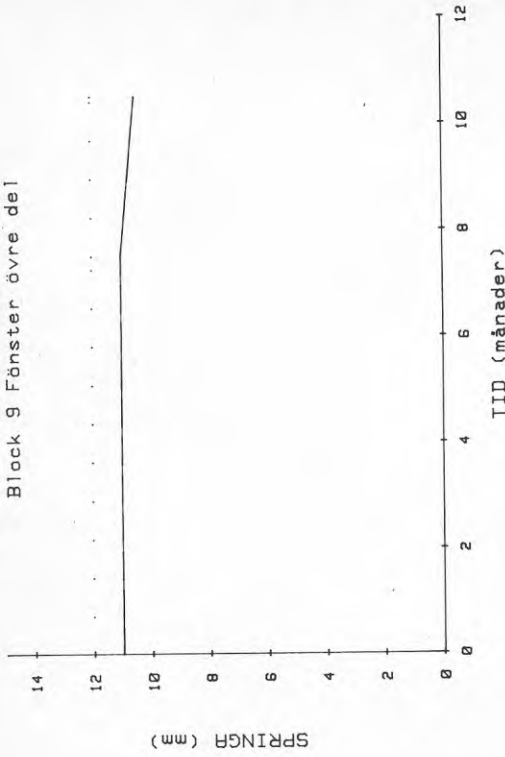
KARM-VÄGG
Block 9 Fönster vänster sida



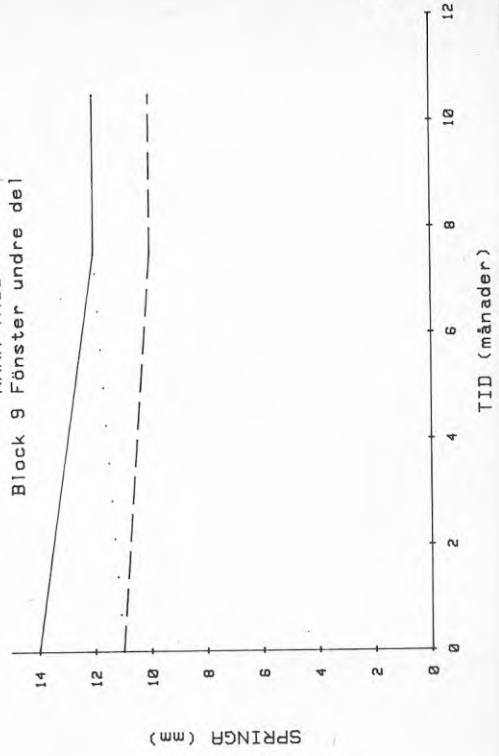
KARM-VÄGG
Block 9 Fönster höger sida



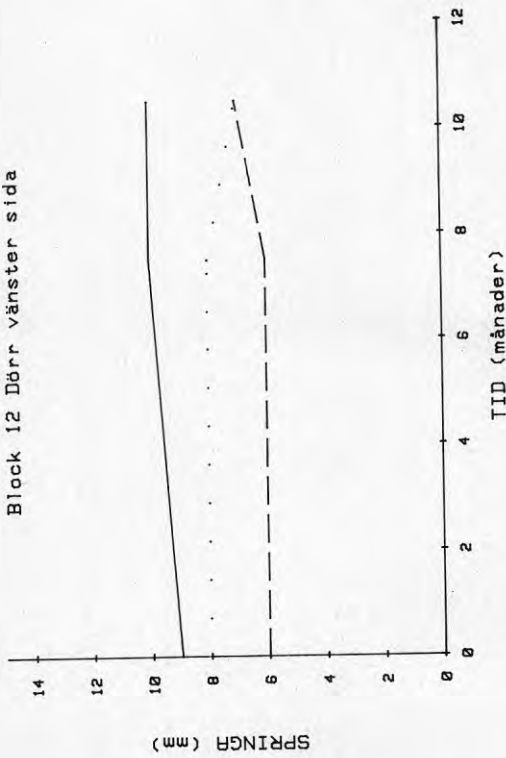
KARM-VÄGG
Block 9 Fönster övre del



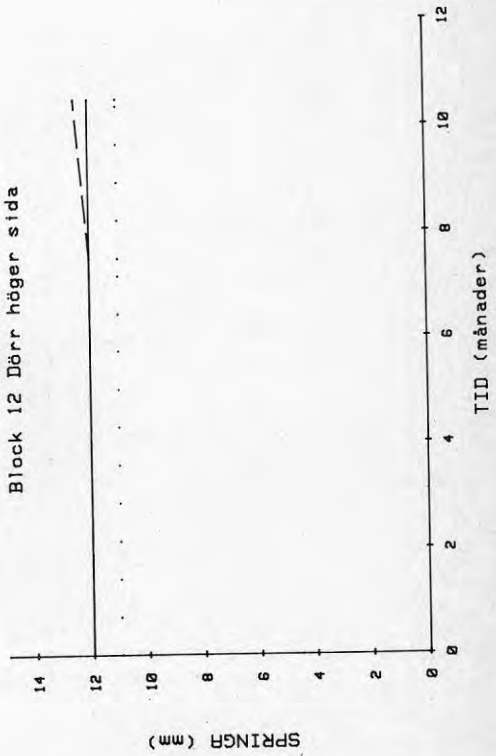
KARM-VÄGG
Block 9 Fönster undre del



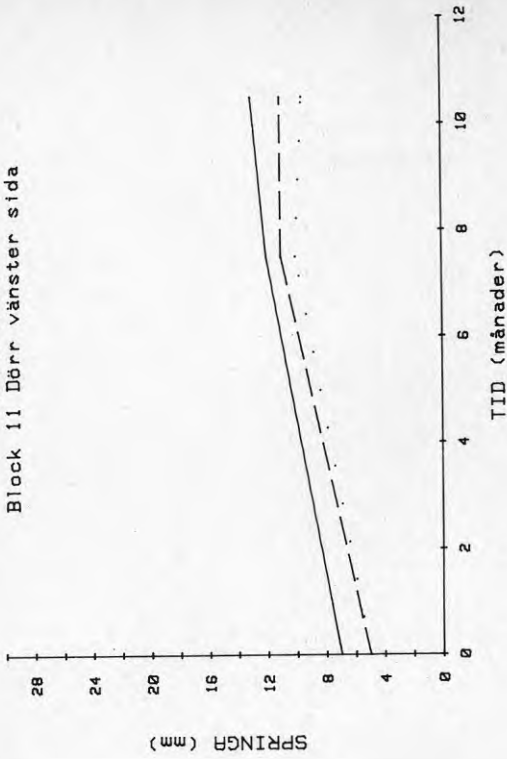
KARM-VÄGG
Block 12 Dörr vänster sida



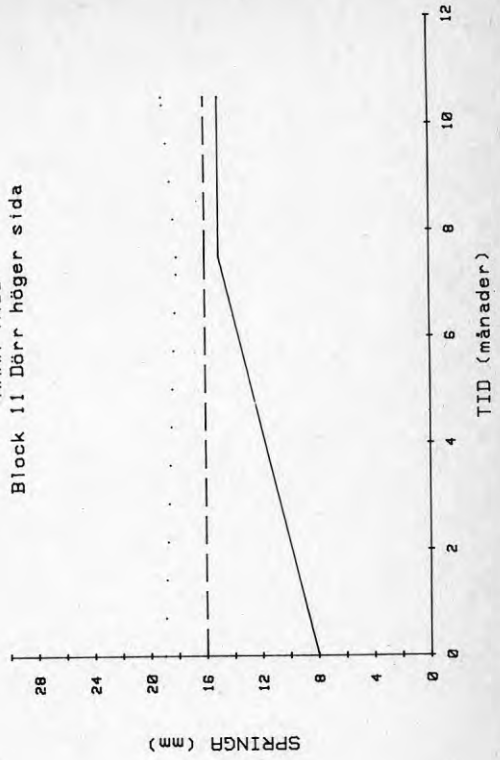
KARM-VÄGG
Block 12 Dörr höger sida

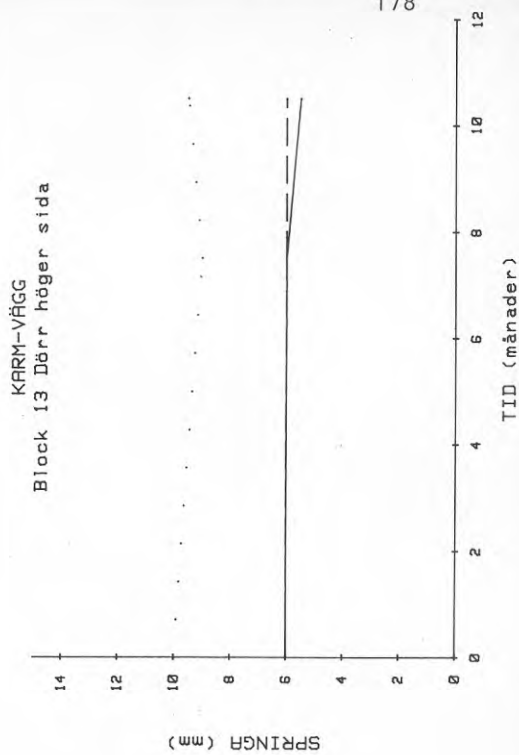
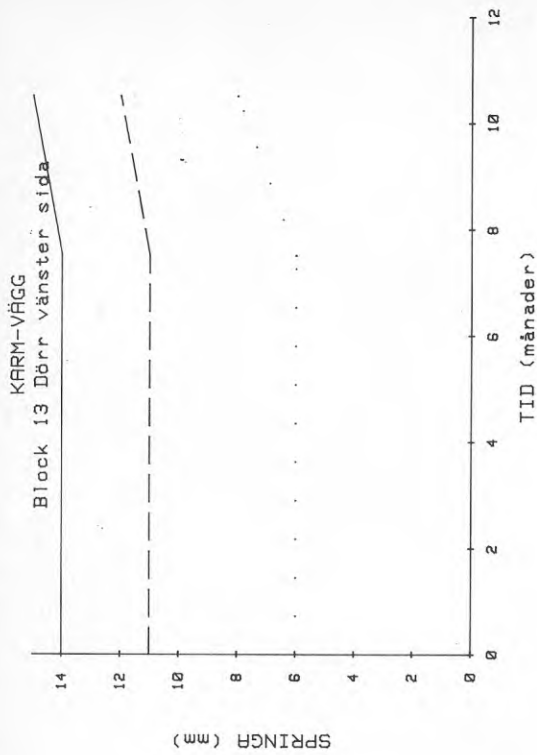
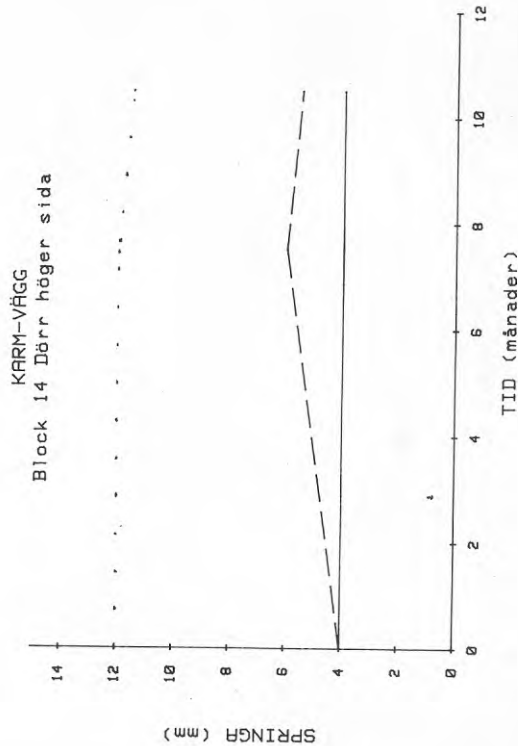
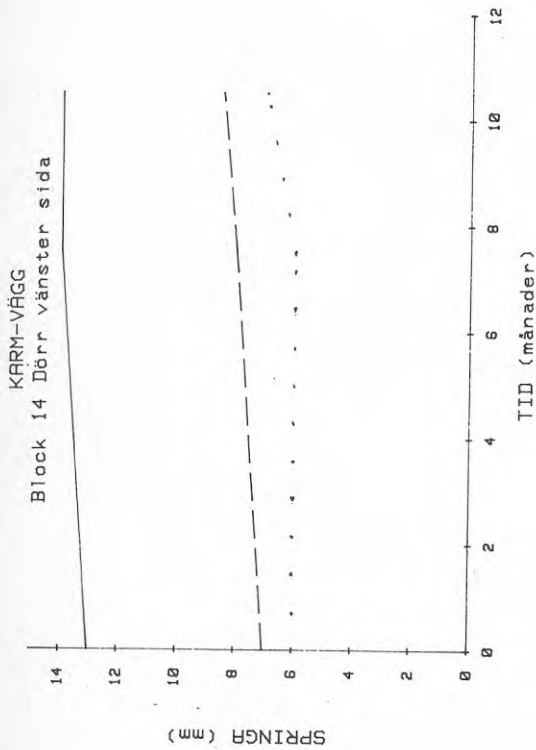


KARM-VÄGG
Block 11 Dörr vänster sida

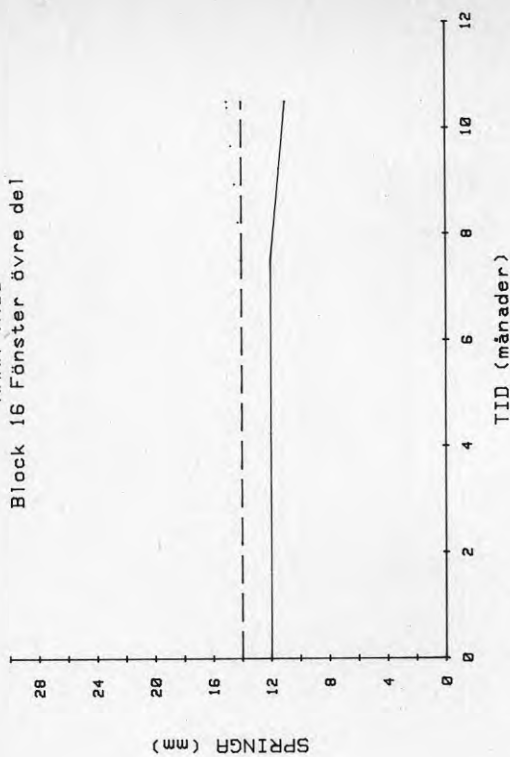


KARM-VÄGG
Block 11 Dörr höger sida

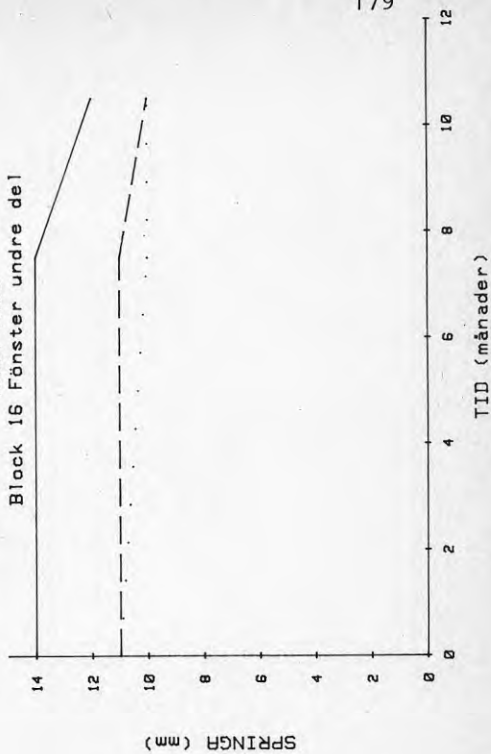




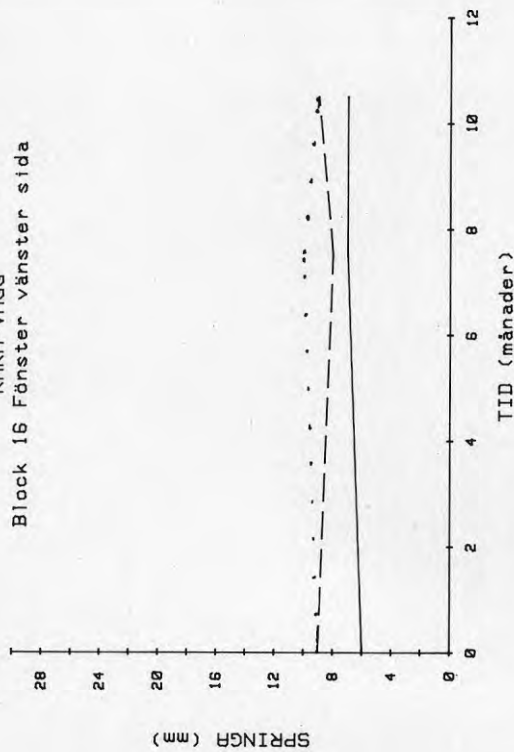
KARM-VÄGG
Block 16 Fönster övre del



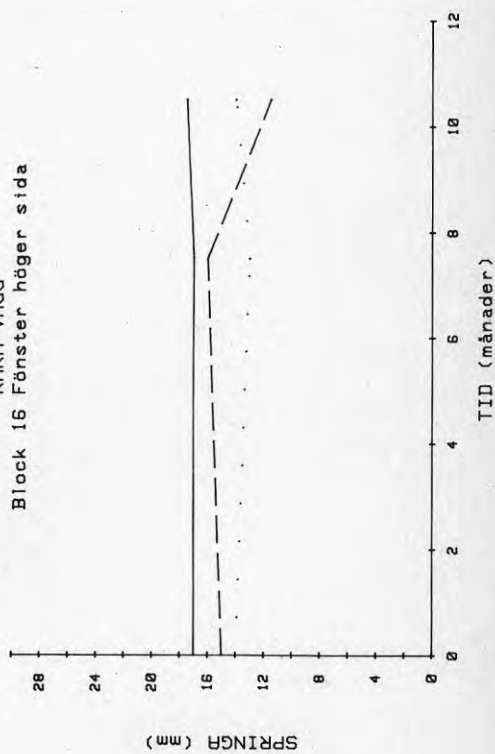
KARM-VÄGG
Block 16 Fönster undre del



KARM-VÄGG
Block 16 Fönster vänster sida



KARM-VÄGG
Block 16 Fönster höger sida

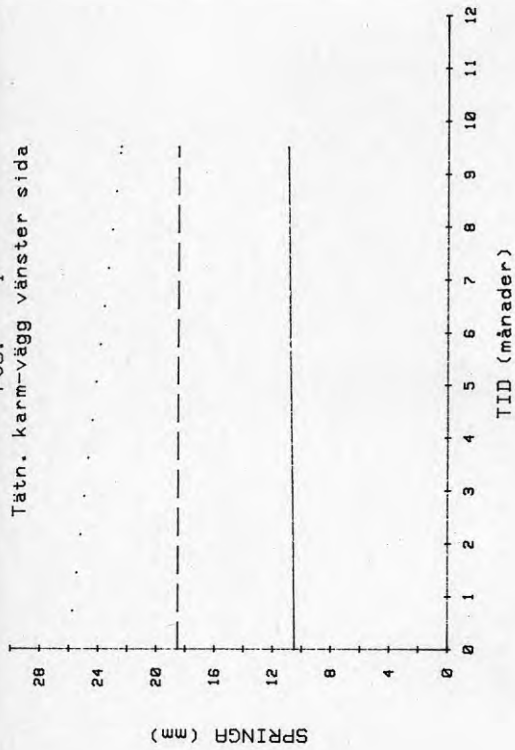


C

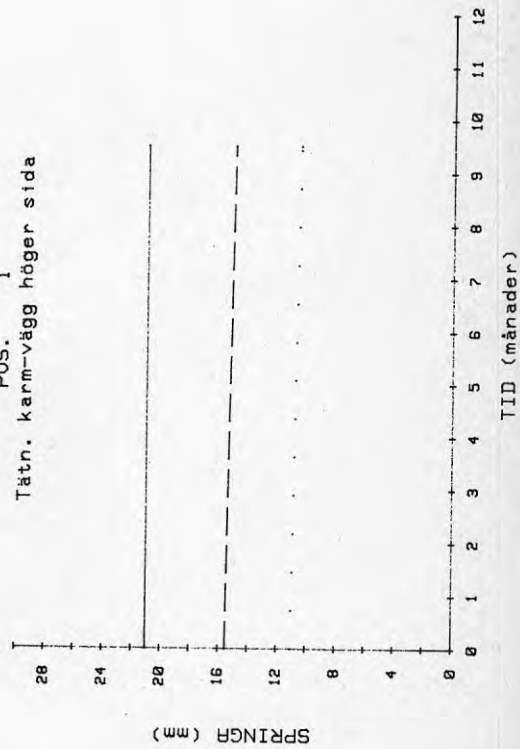
Teckenförklaring:

- = övre mätpunkt
- - - - = mittmätpunkt
..... = nedre mätpunkt

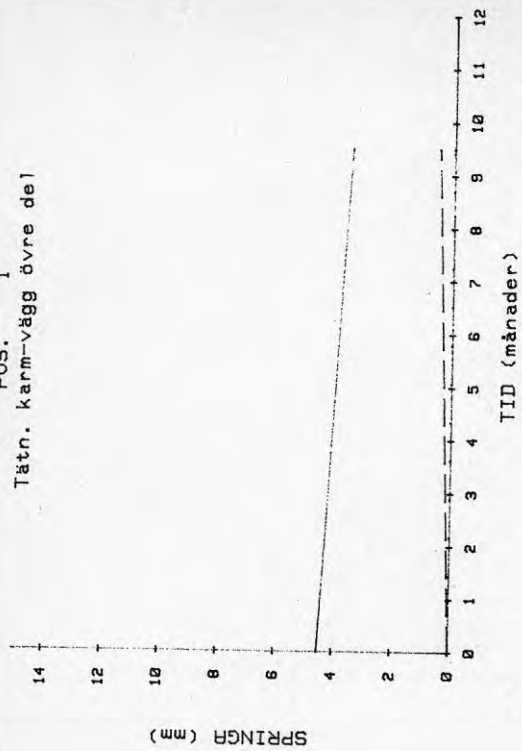
POS. 1
Tätn. karm-vägg vänster sida



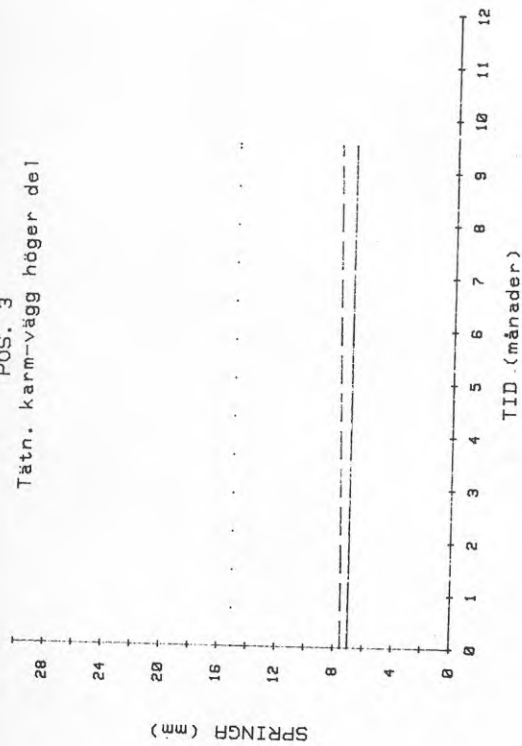
POS. 1
Tätn. karm-vägg höger sida



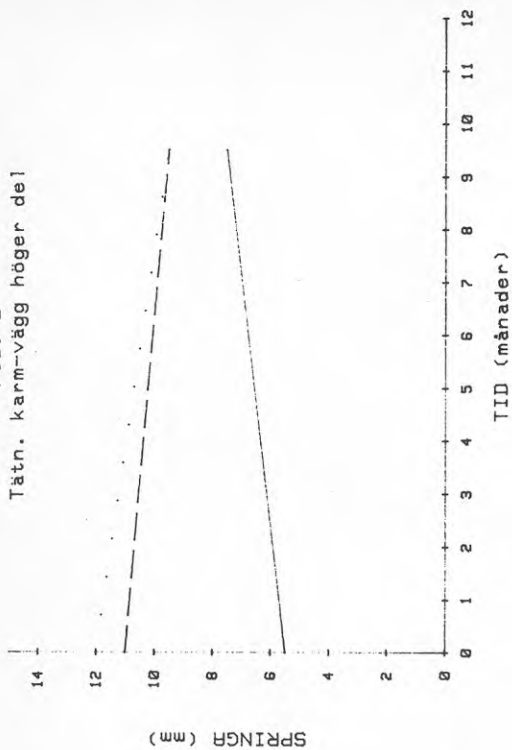
POS. 1
Tätn. karm-vägg övre del



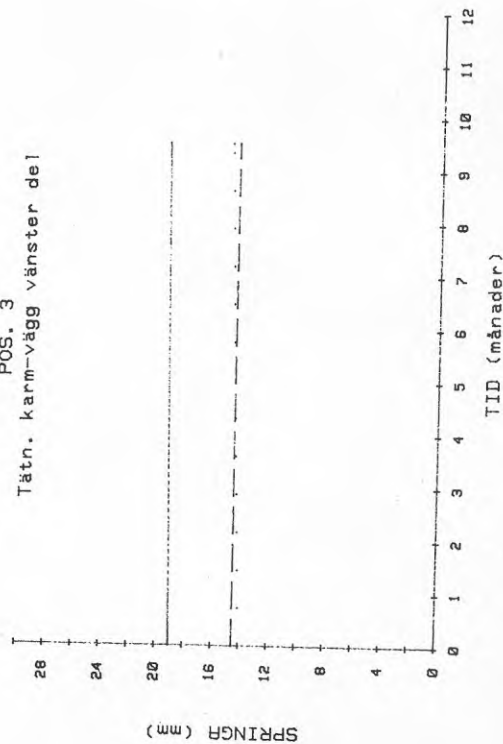
POS. 3
Tätn. karm-vägg höger del



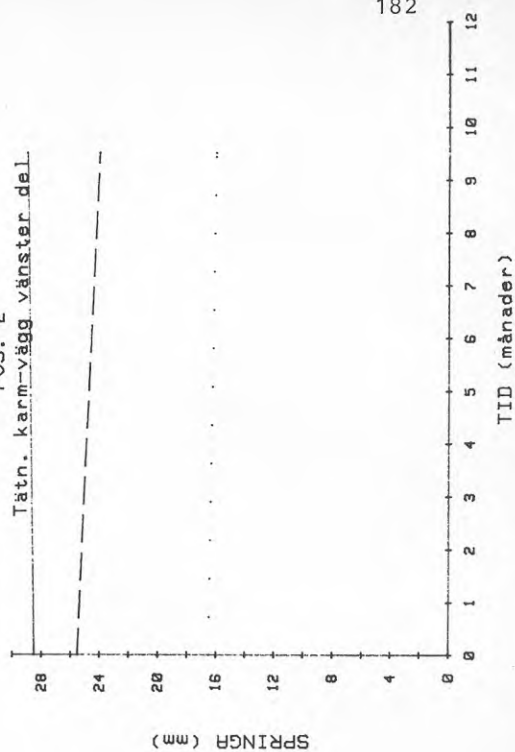
POS. 2
Tätn. karm-vägg höger del



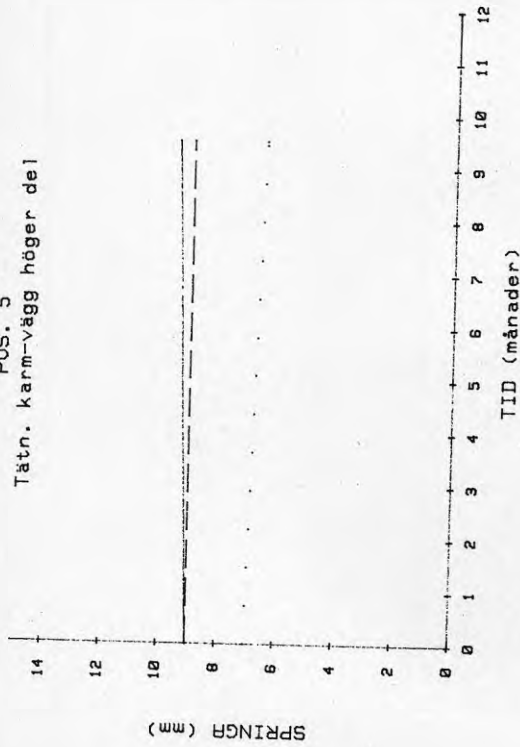
POS. 3
Tätn. karm-vägg vänster del



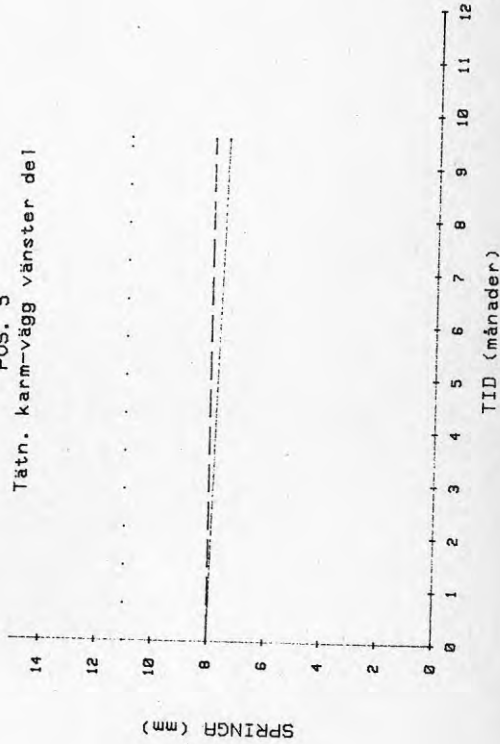
POS. 2
Tätn. karm-vägg vänster del



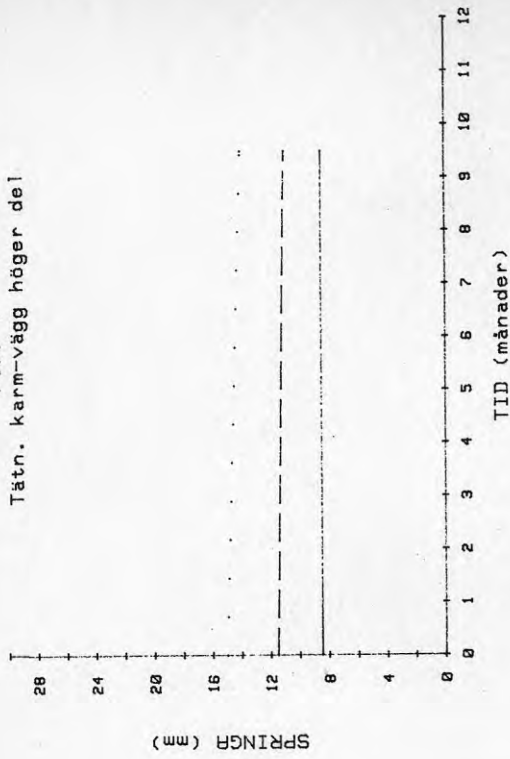
POS. 5
Tätn. karm-vägg höger del



POS. 5
Tätn. karm-vägg vänster del



POS. 4
Tätn. karm-vägg höger del

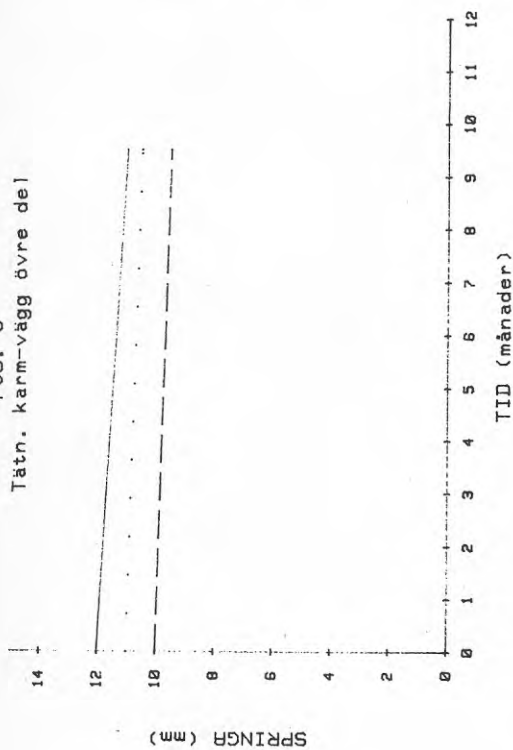


POS. 4
Tätn. karm-vägg vänster del



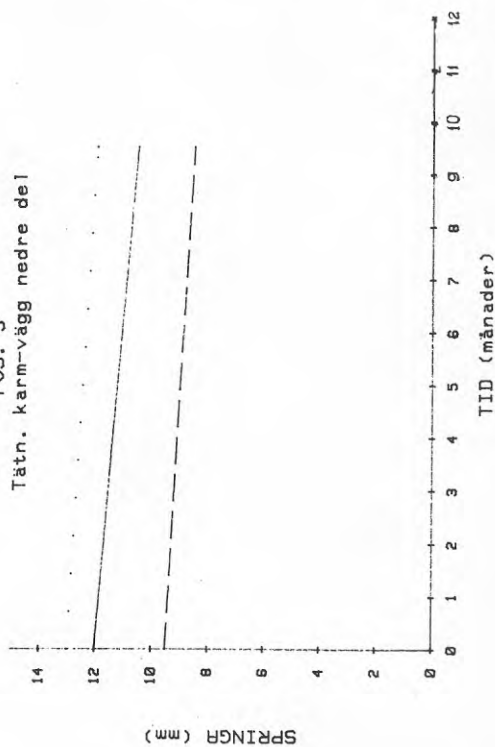
POS. 9

Tät. karm-vägg övre del



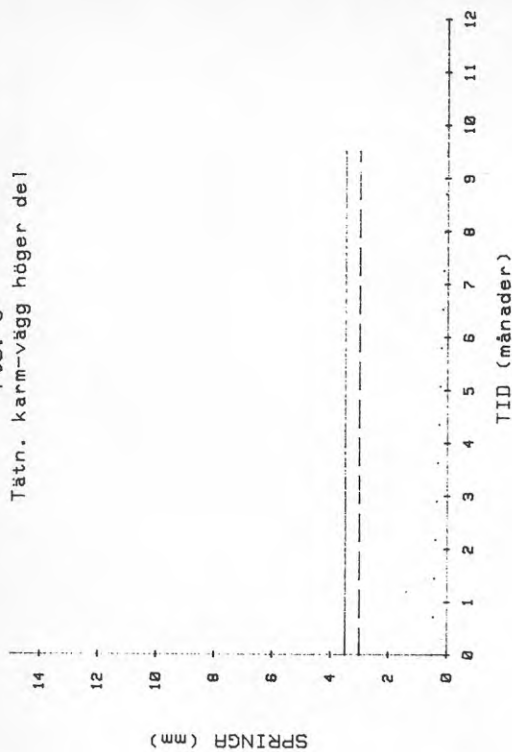
POS. 9

Tät. karm-vägg nedre del



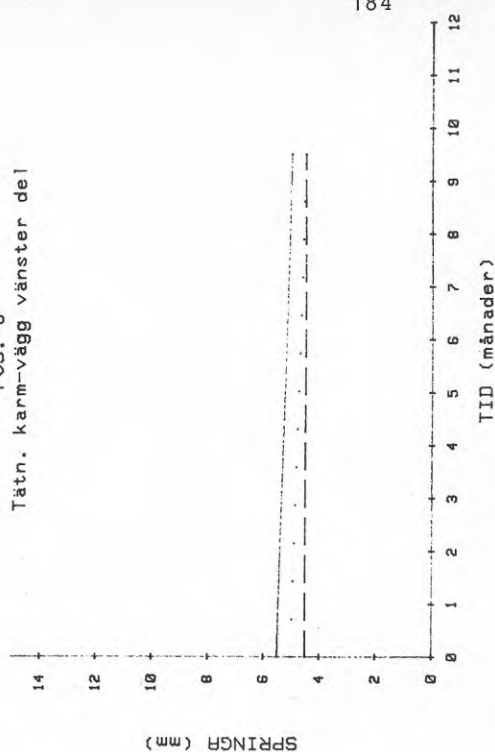
POS. 6

Tät. karm-vägg höger del

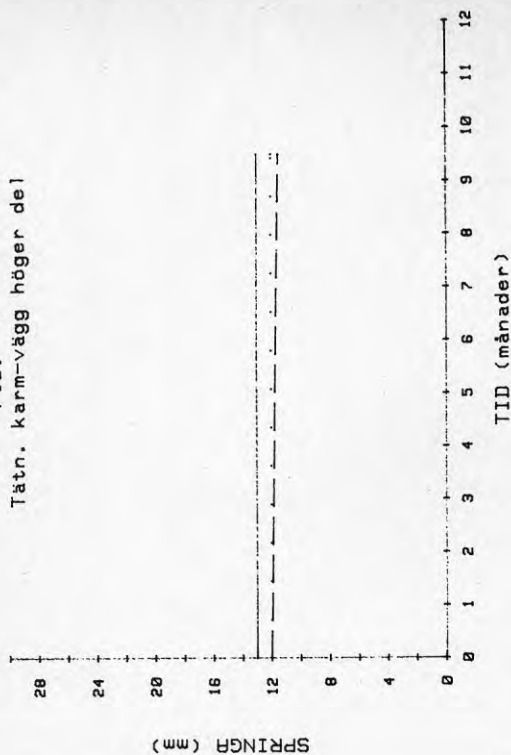


POS. 6

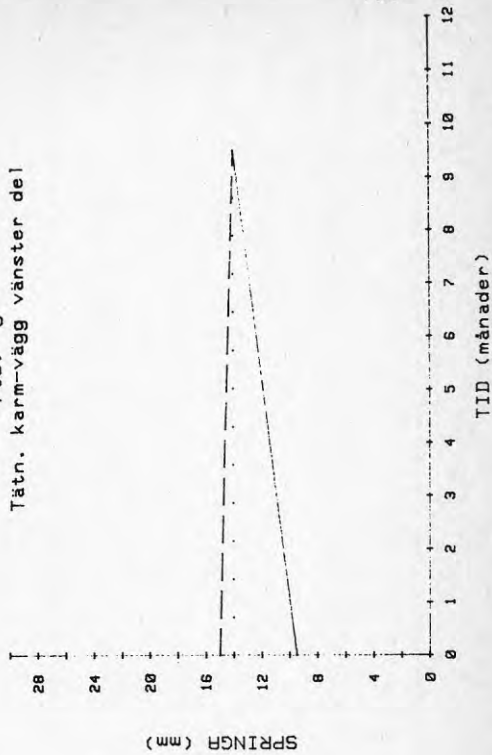
Tät. karm-vägg vänster del



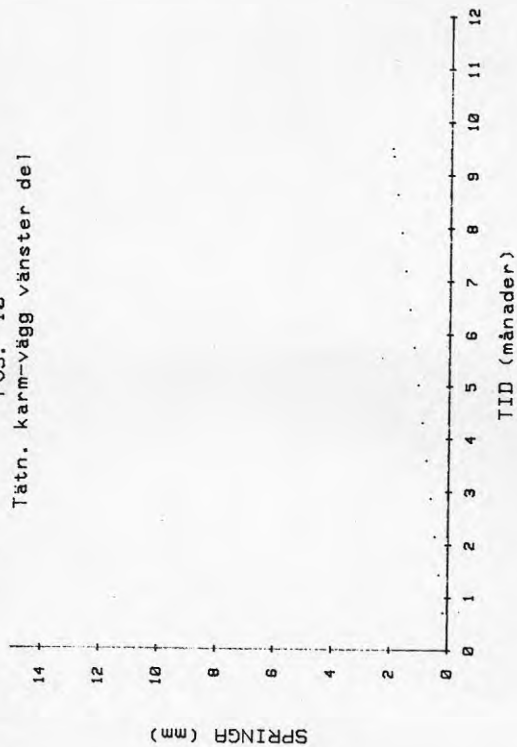
POS. 9
Tätn. karm-vägg höger del



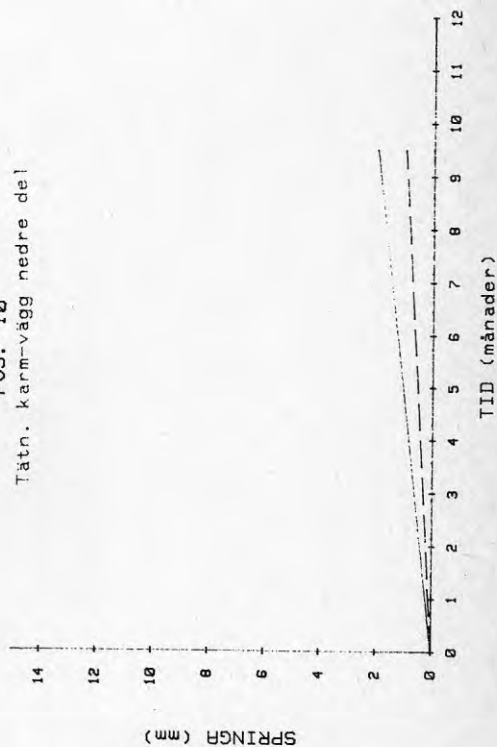
POS. 9
Tätn. karm-vägg vänster del



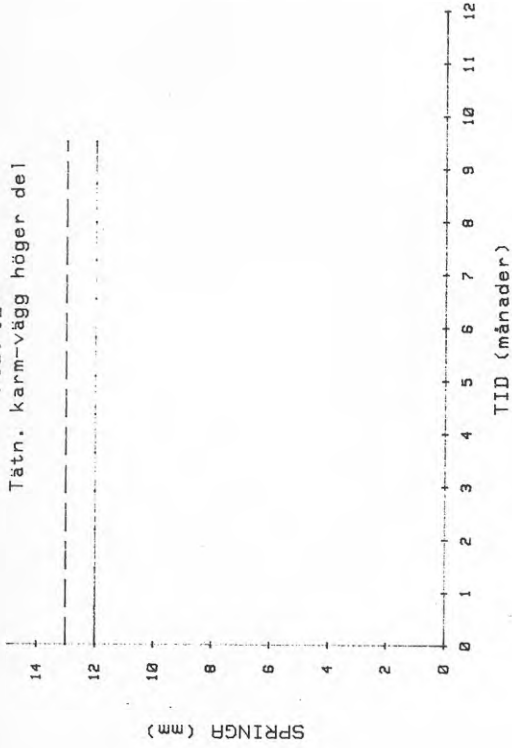
POS. 10
Tätn. karm-vägg vänster del



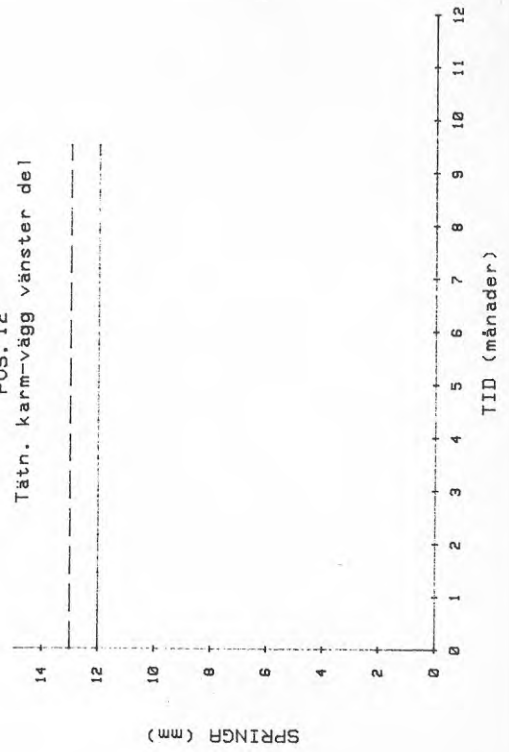
POS. 10
Tätn. karm-vägg nedre del



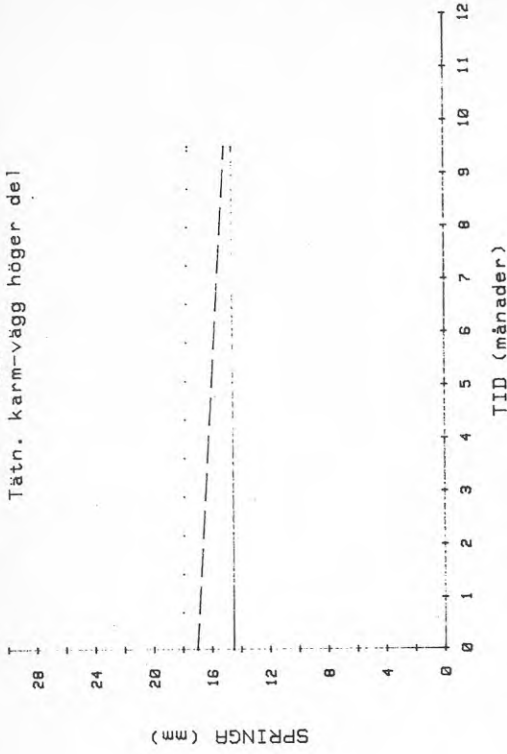
POS. 12 -
Tät. karm-vägg höger del



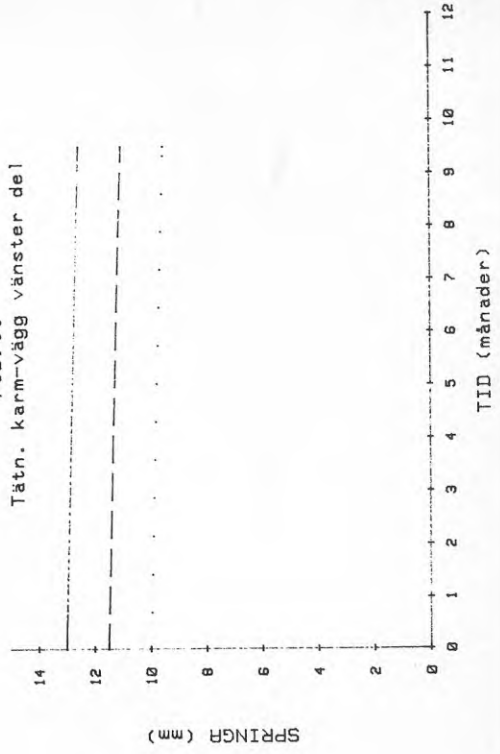
POS. 12
Tät. karm-vägg vänster del



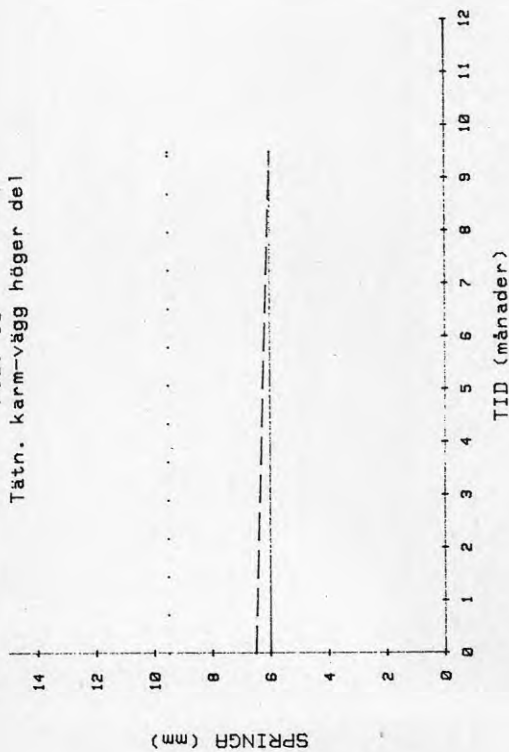
POS. 11
Tät. karm-vägg höger del



POS. 11
Tät. karm-vägg vänster del



POS. 13
Tätn. karm-vägg höger del



POS. 12
Tätn. karm-vägg övre del



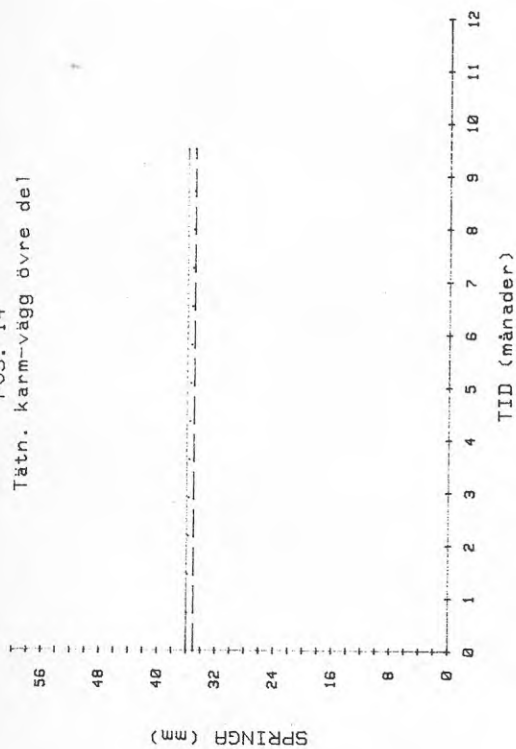
POS. 13
Tätn. karm-vägg vänster del



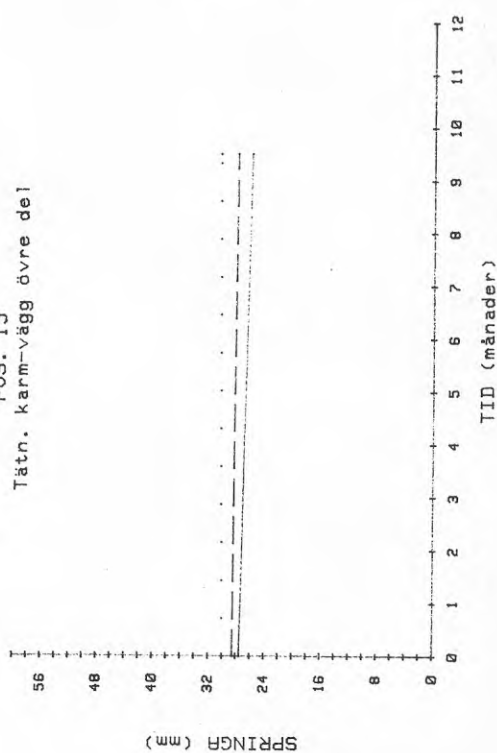
POS. 13
Tätn. karm-vägg övre del



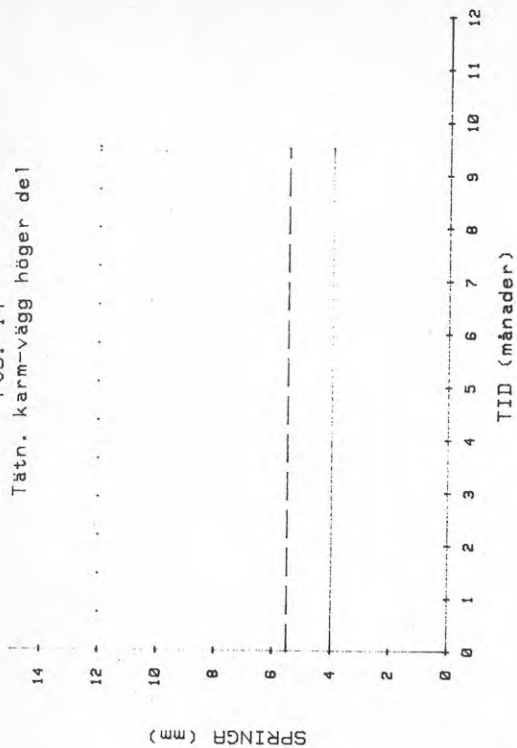
POS. 14
Tät. karm-vägg övre del



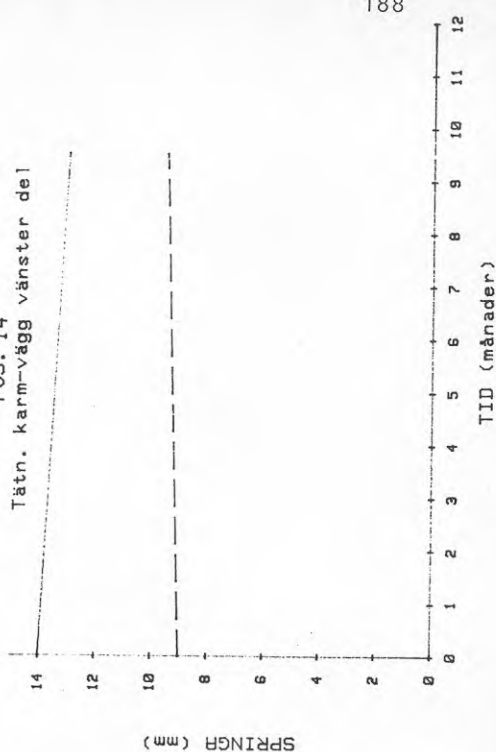
POS. 15
Tät. karm-vägg övre del



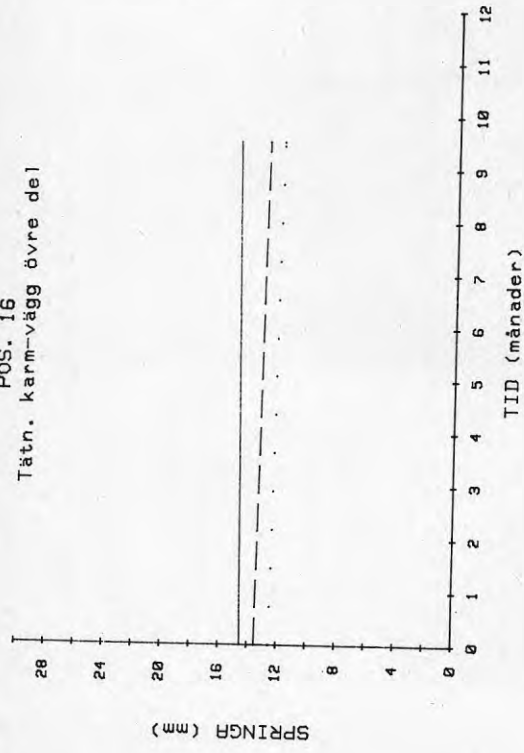
POS. 14
Tät. karm-vägg höger del



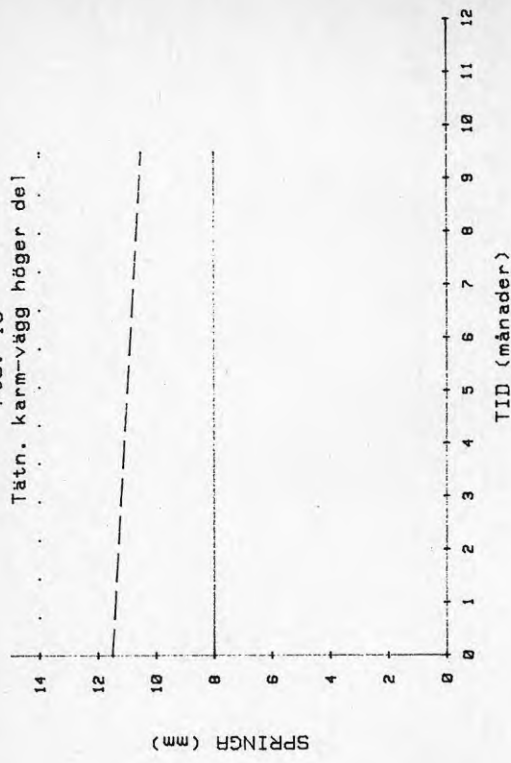
POS. 14
Tät. karm-vägg vänster del



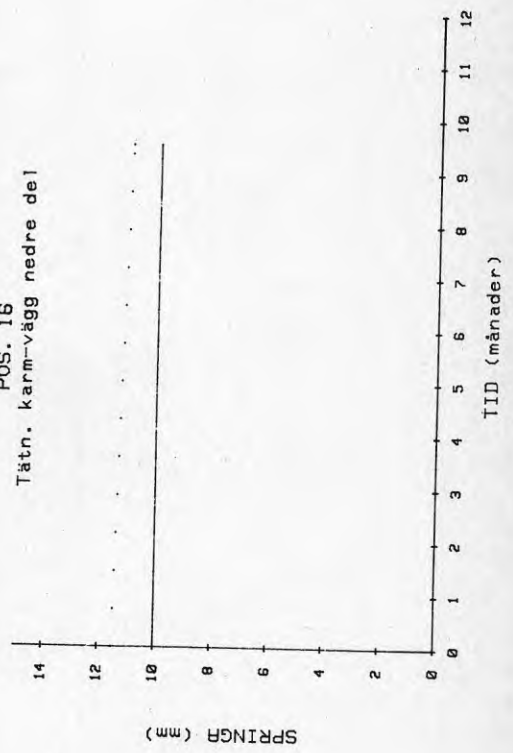
POS. 16
Tättn. karm-vägg övre del



POS. 15
Tättn. karm-vägg höger del

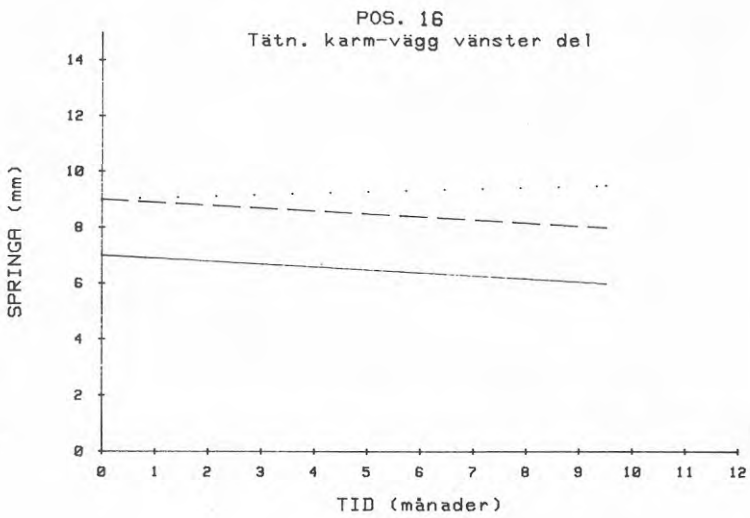
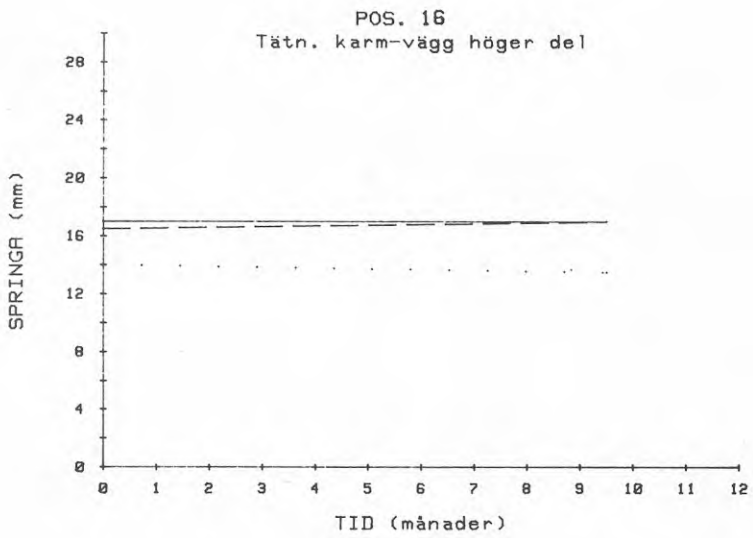


POS. 16
Tättn. karm-vägg nedre del



POS. 15
Tättn. karm-vägg vänster del

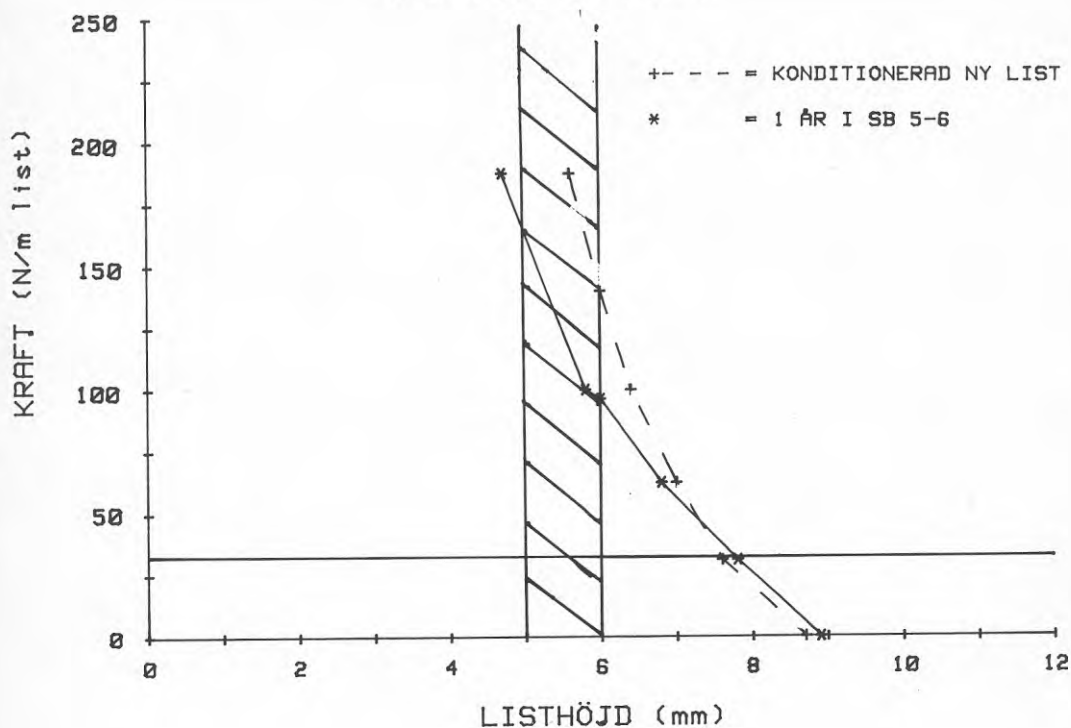




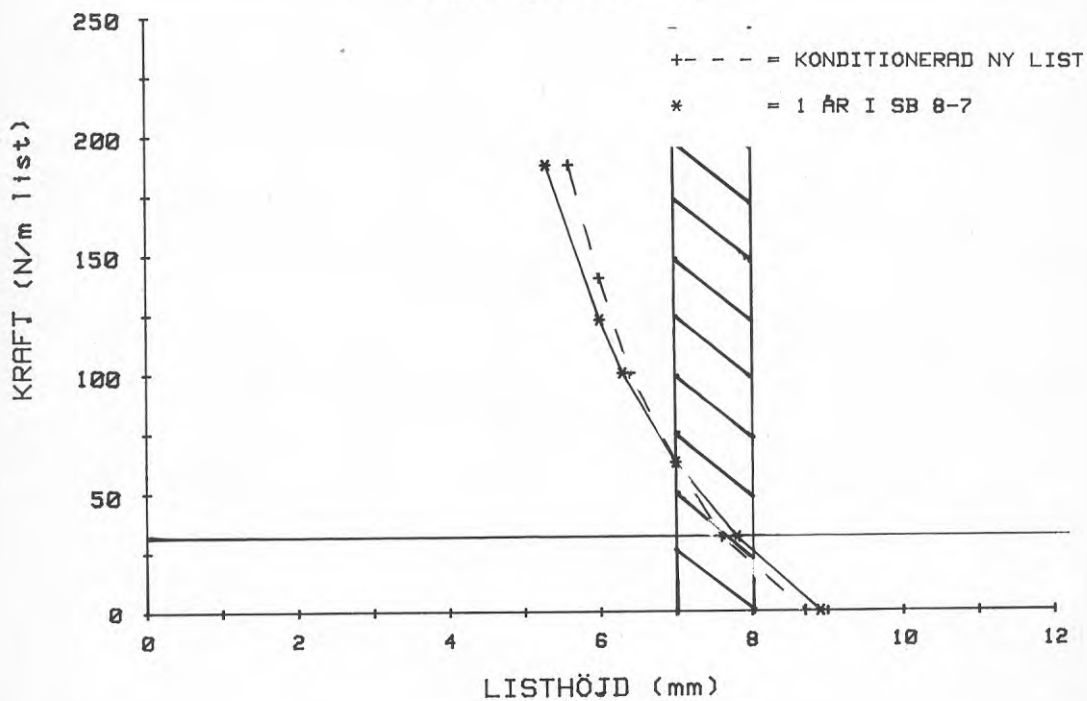
BILAGA 12

STYVHETSKURVOR FÖR 1 ÅR GAMLA KSB-LISTER

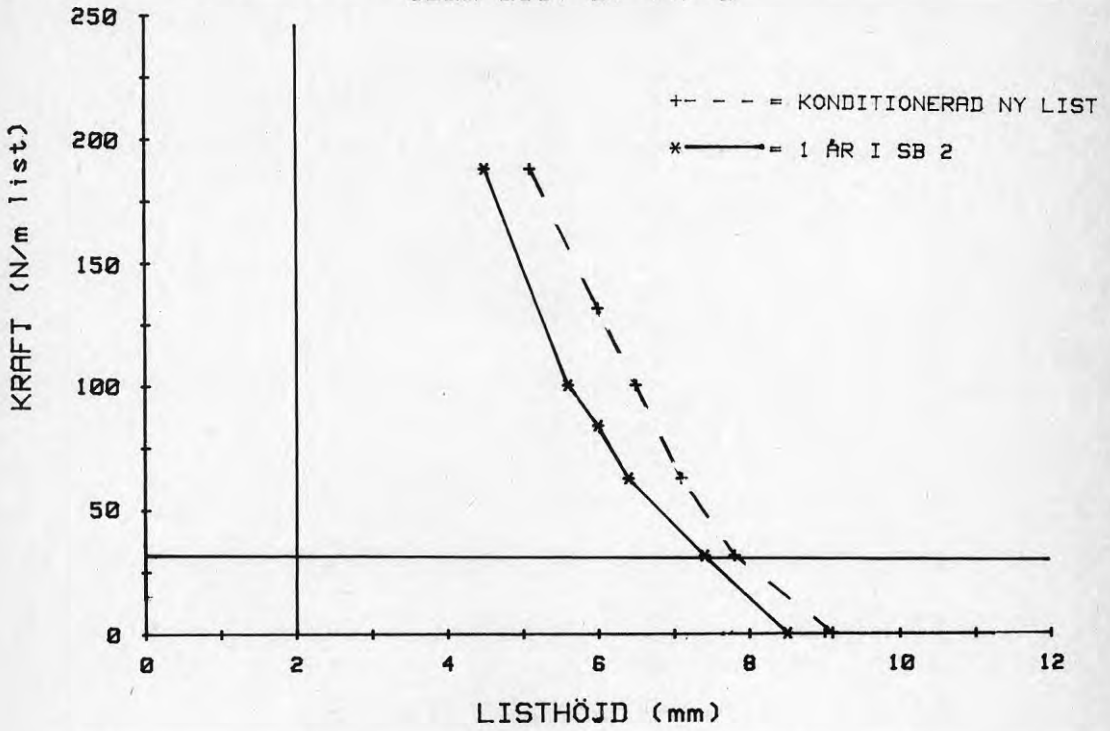
CELL-LIST BT TYP 1



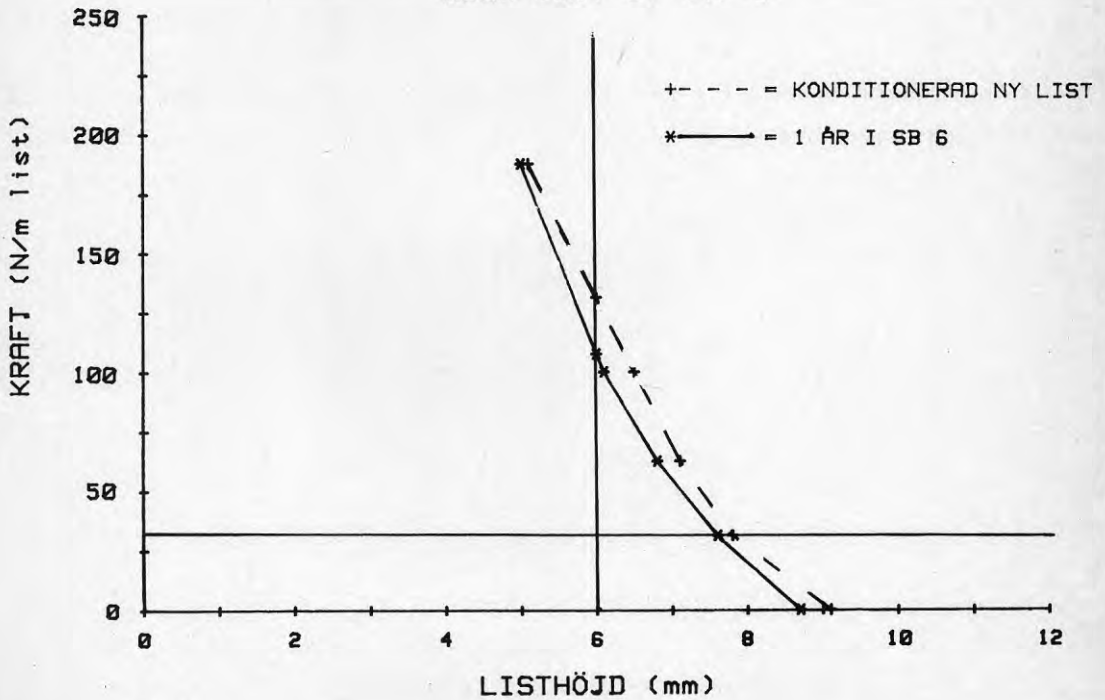
CELL-LIST BT TYP 1

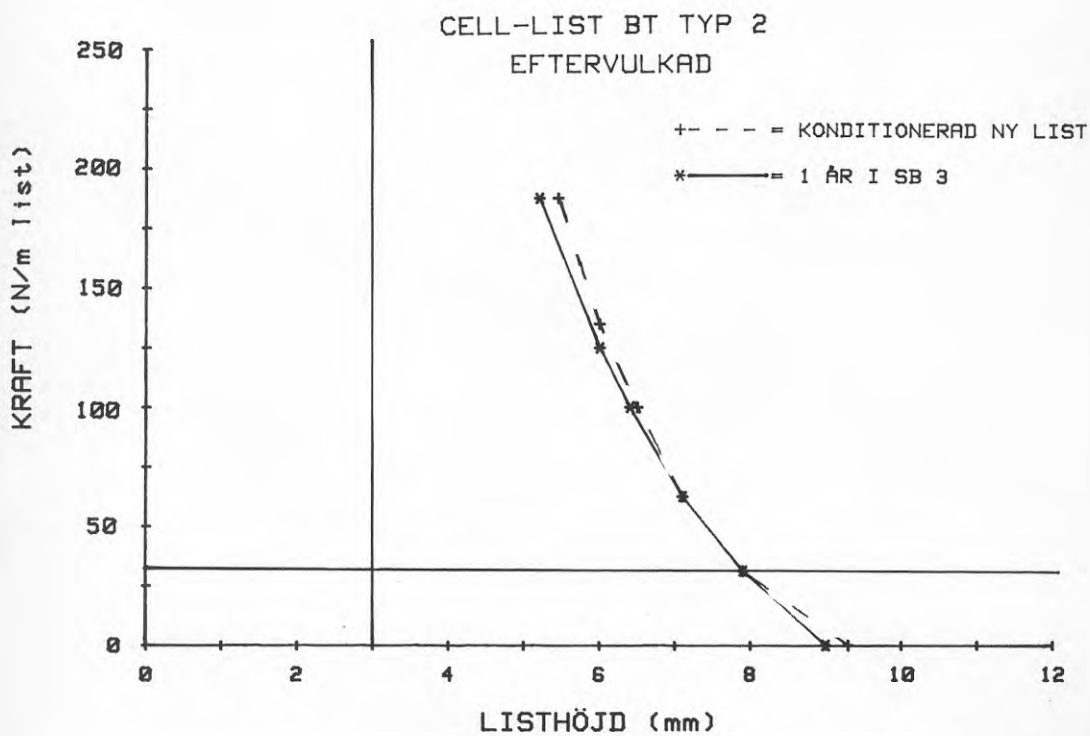
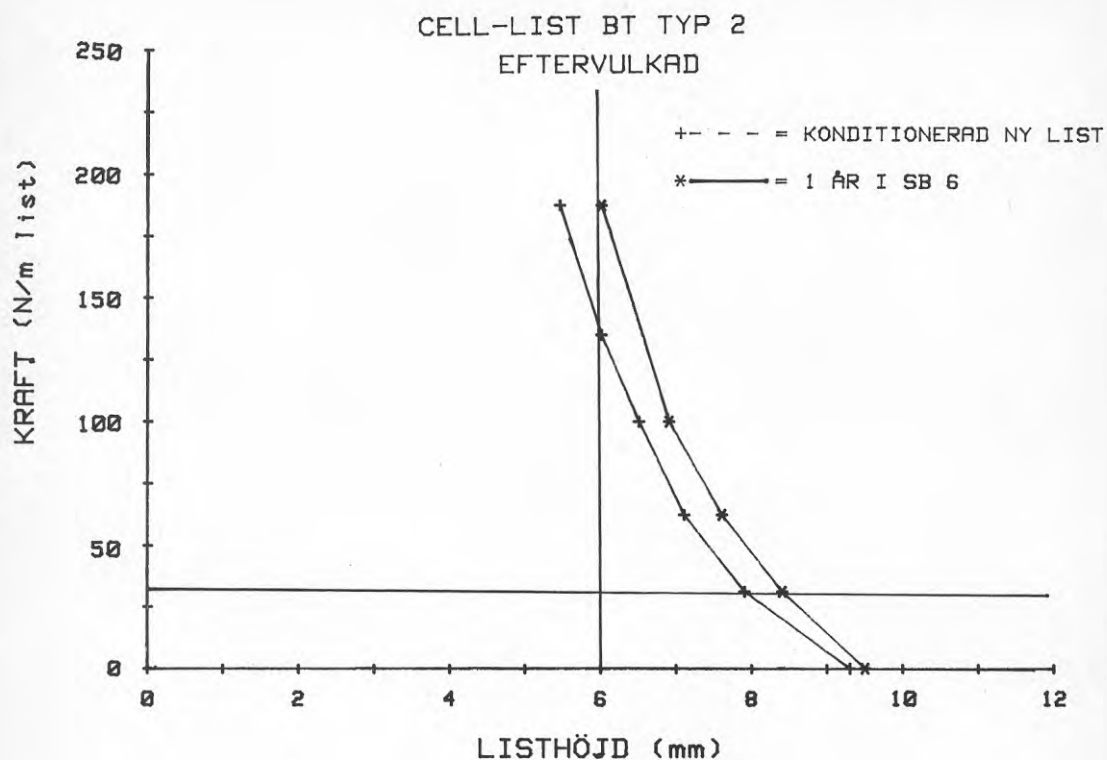


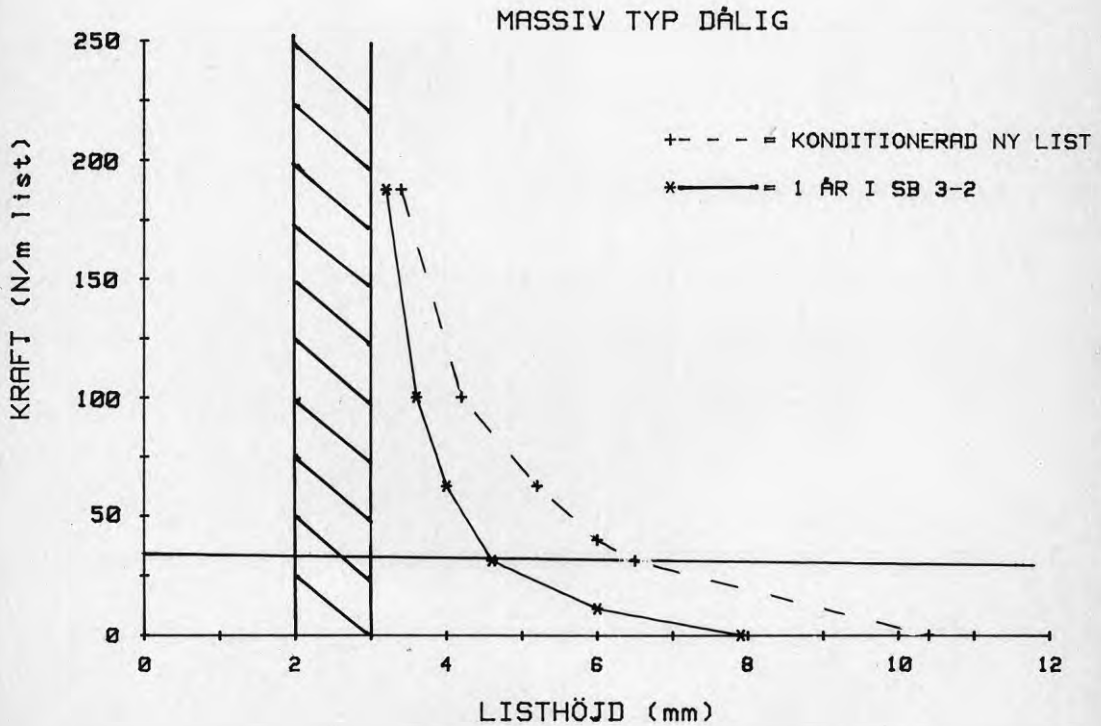
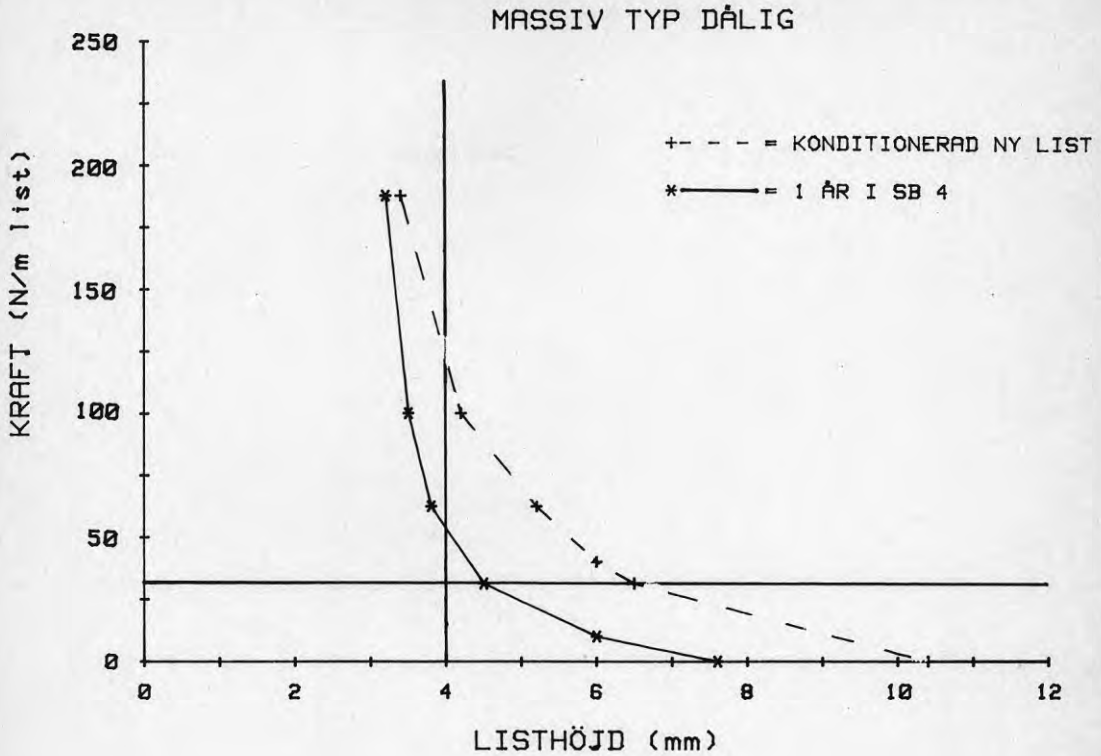
CELL-LIST BT TYP 2

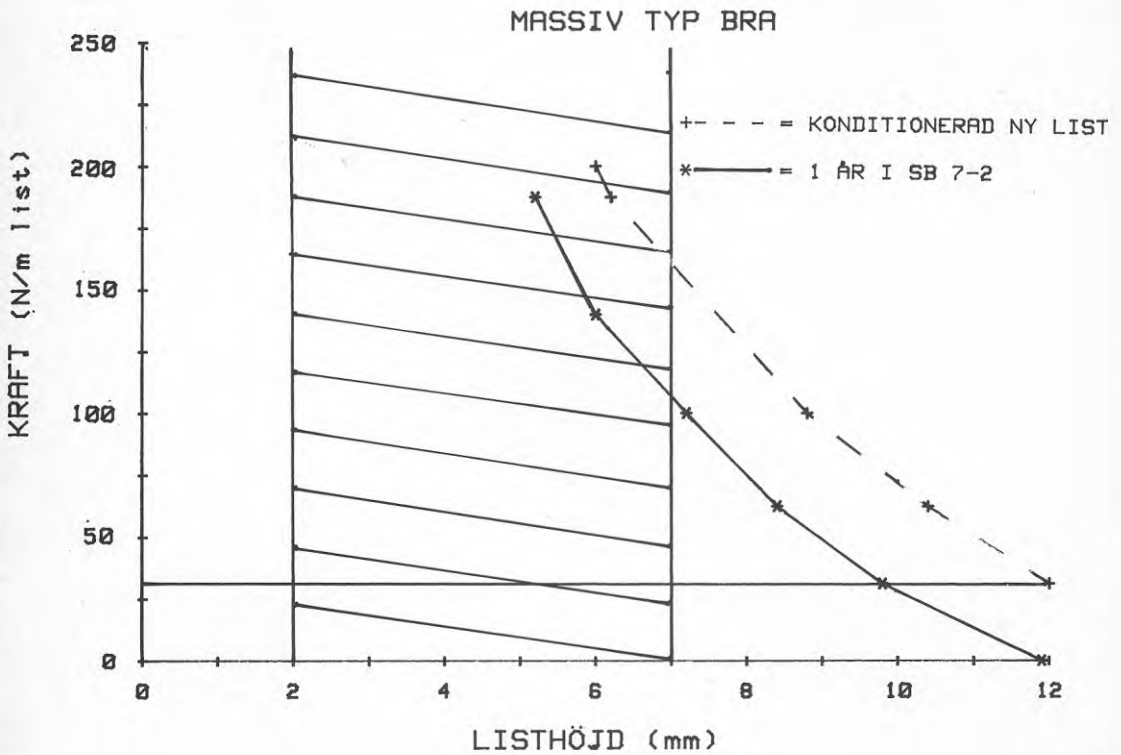
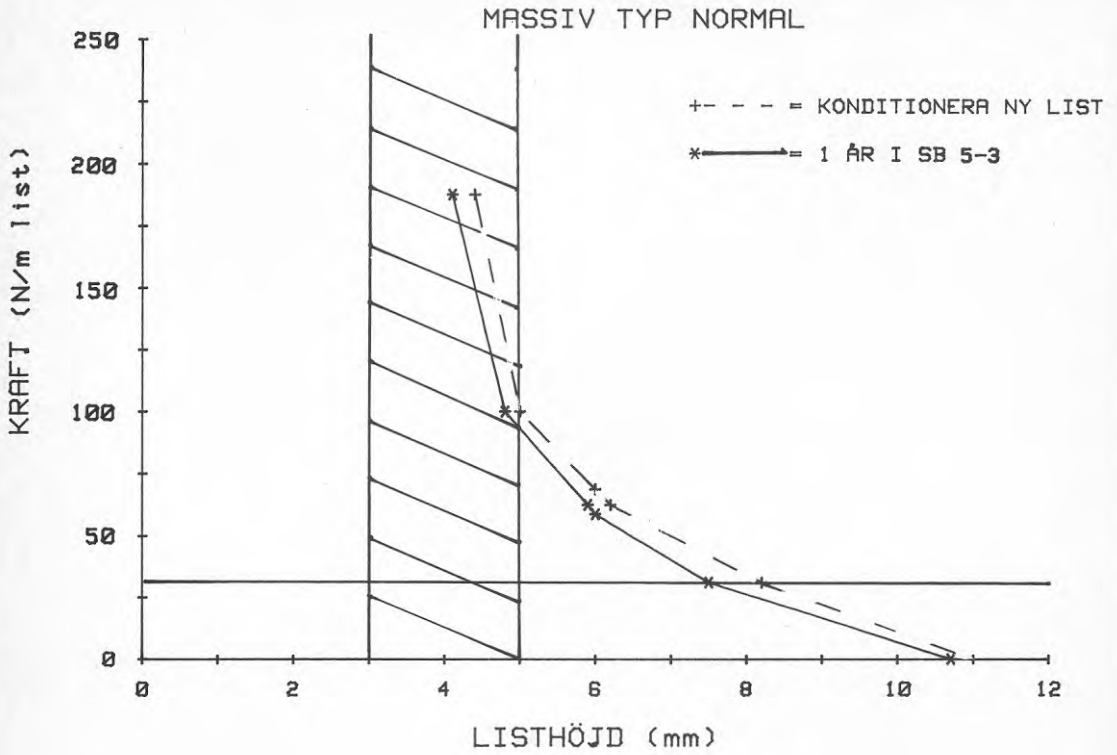


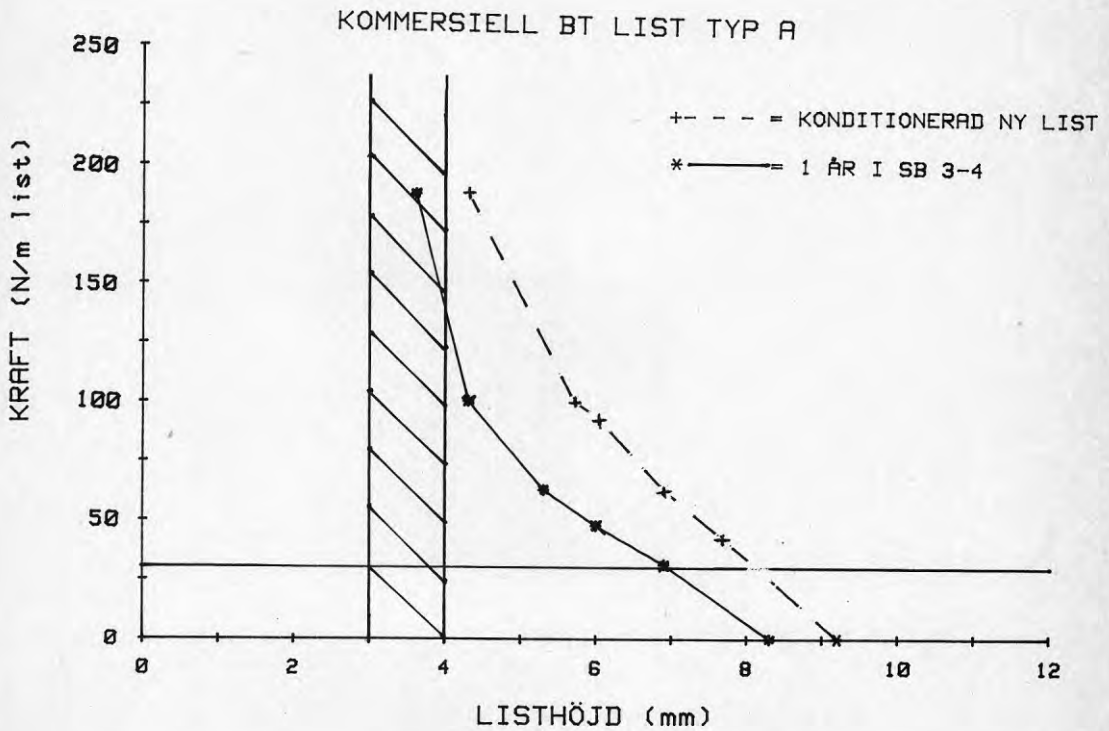
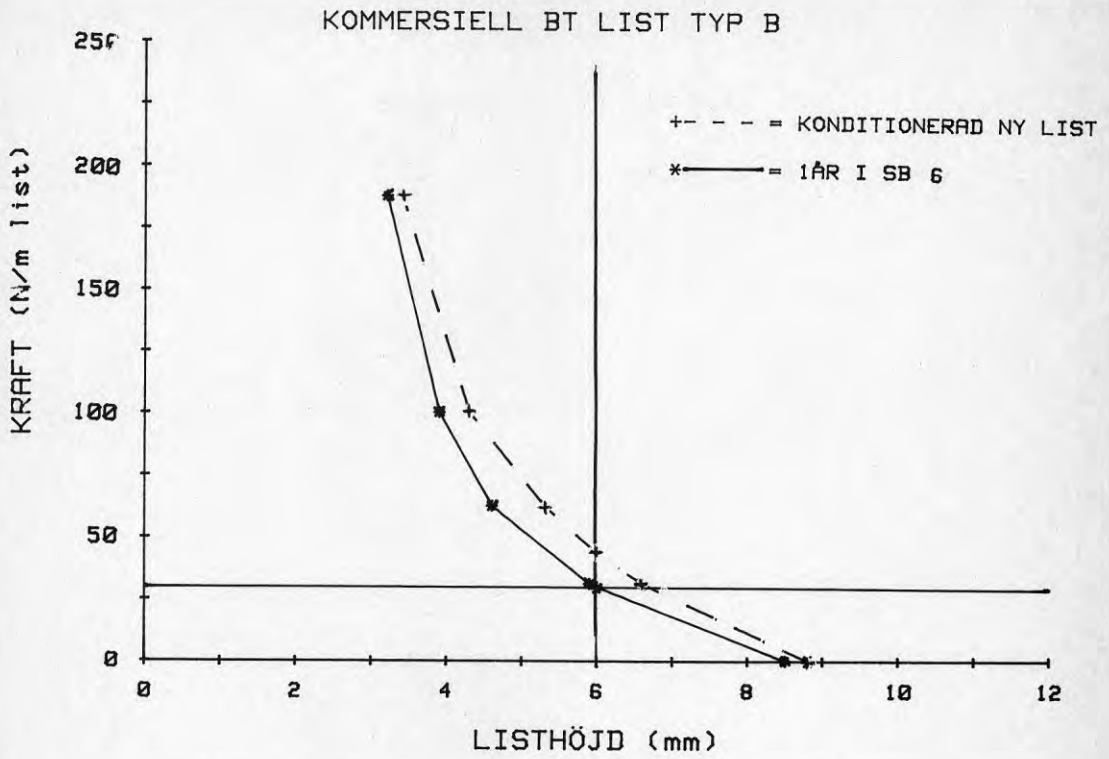
CELL-LIST BT TYP 2





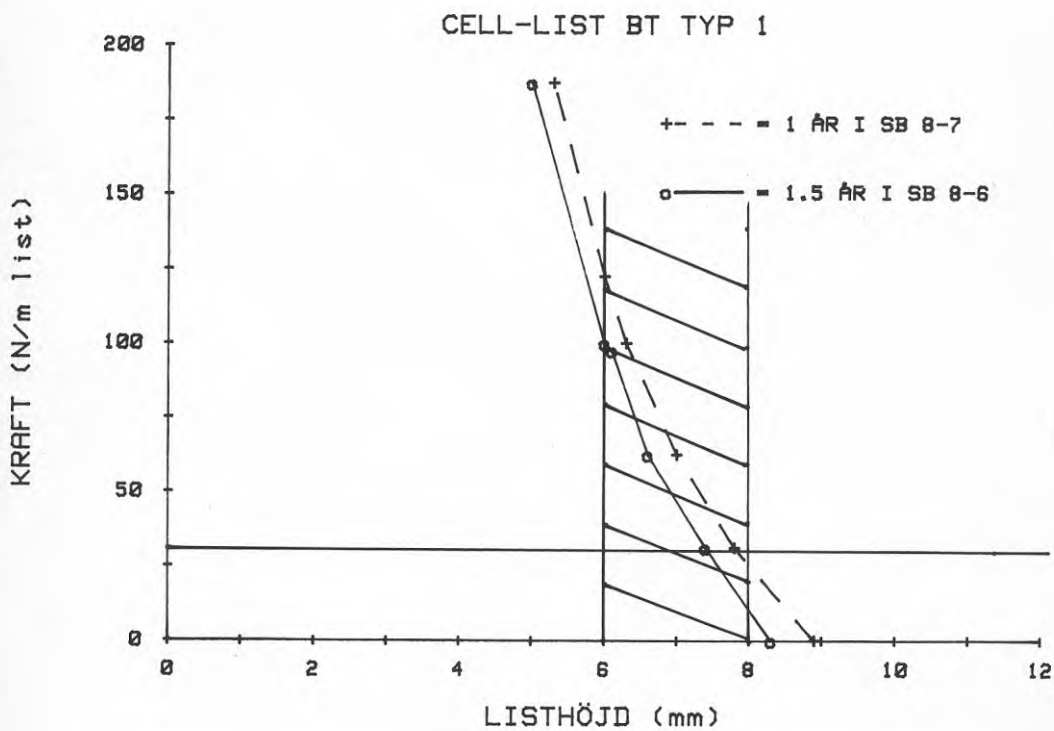
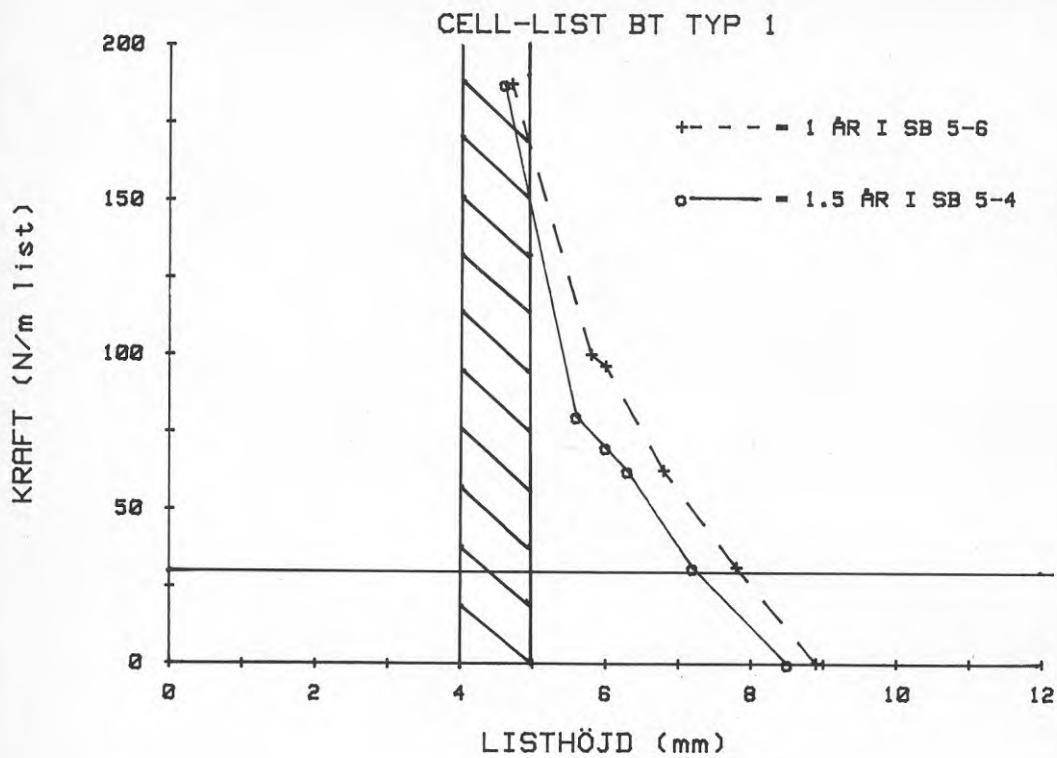


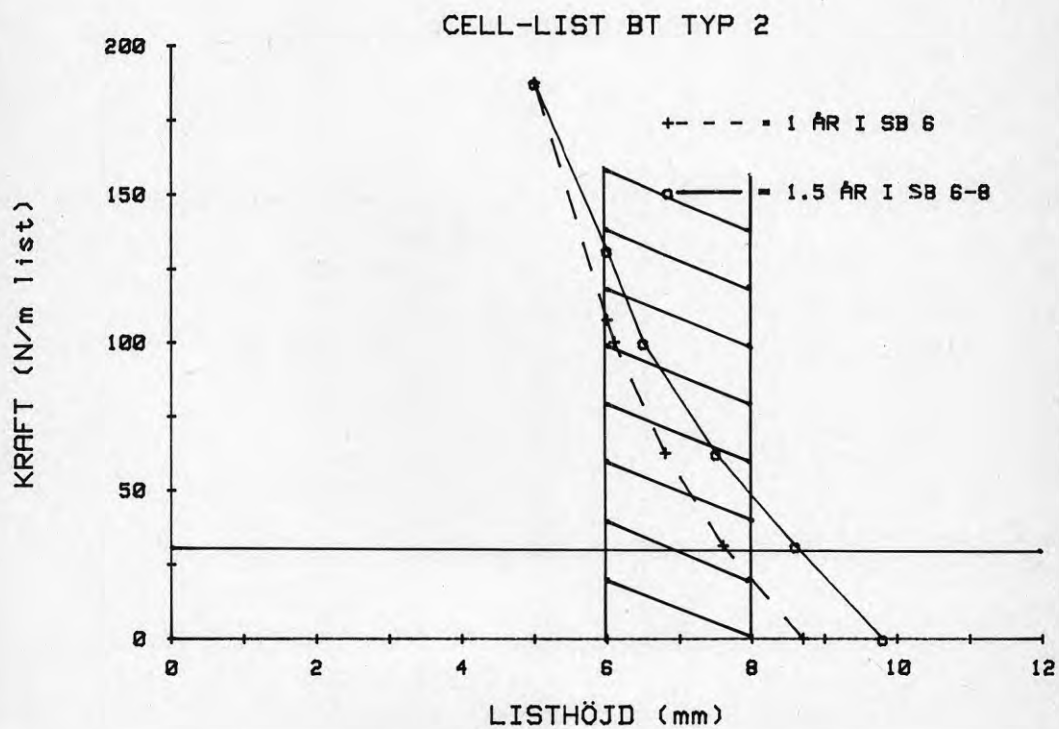
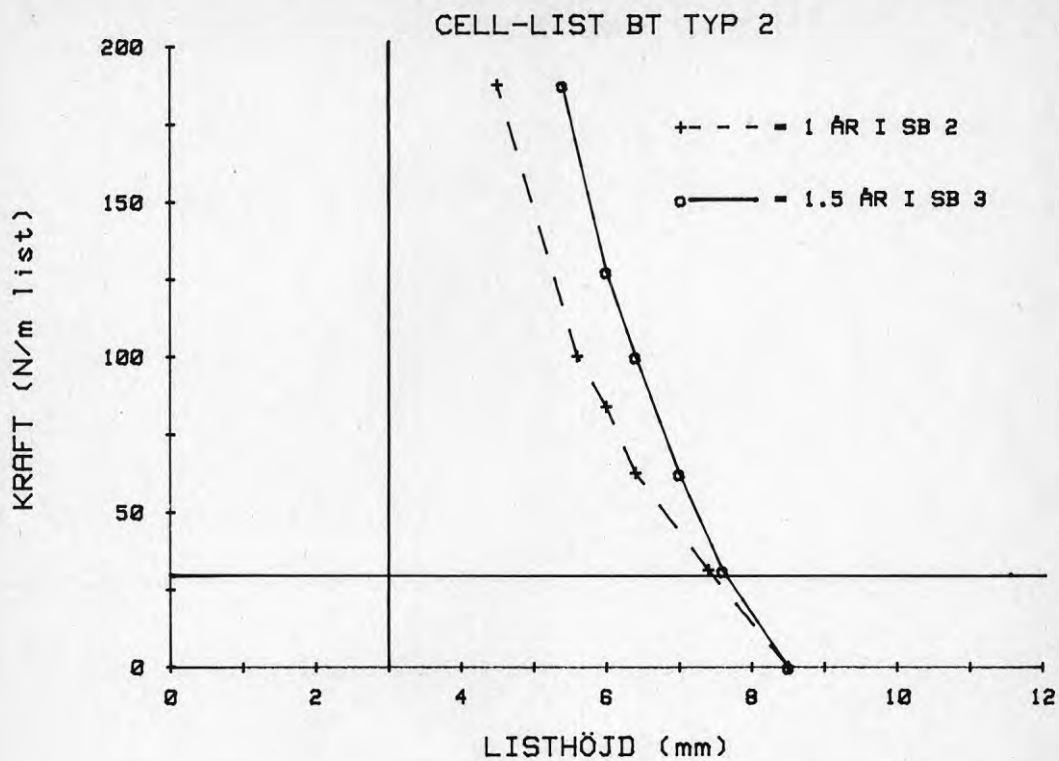


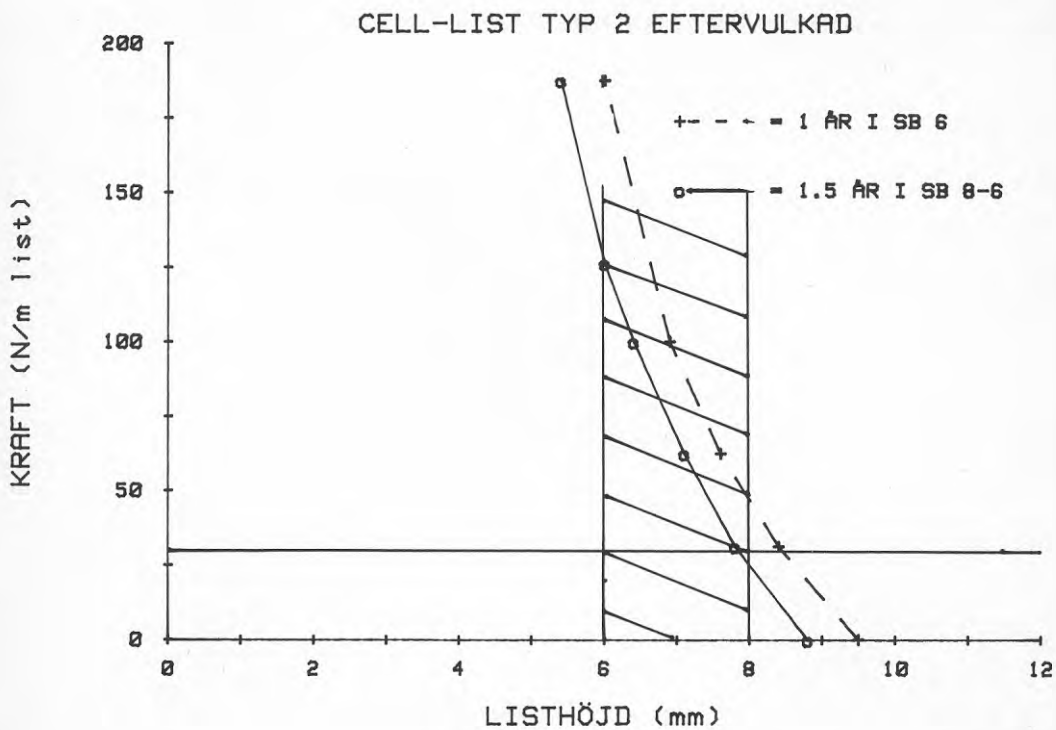
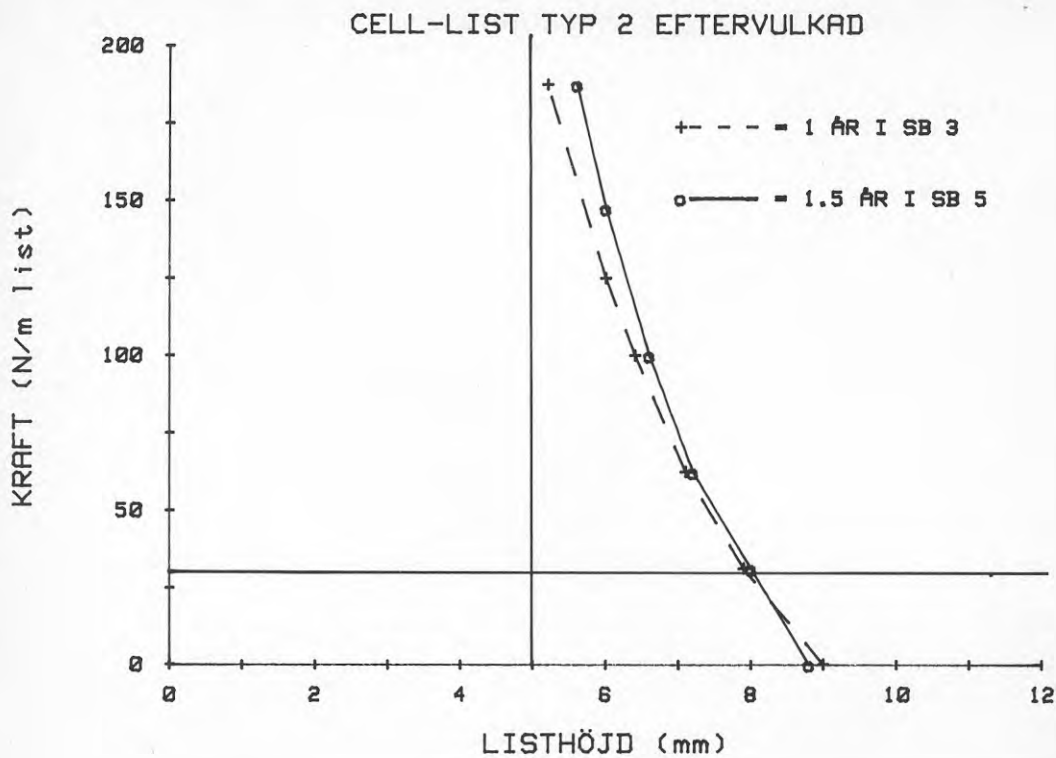


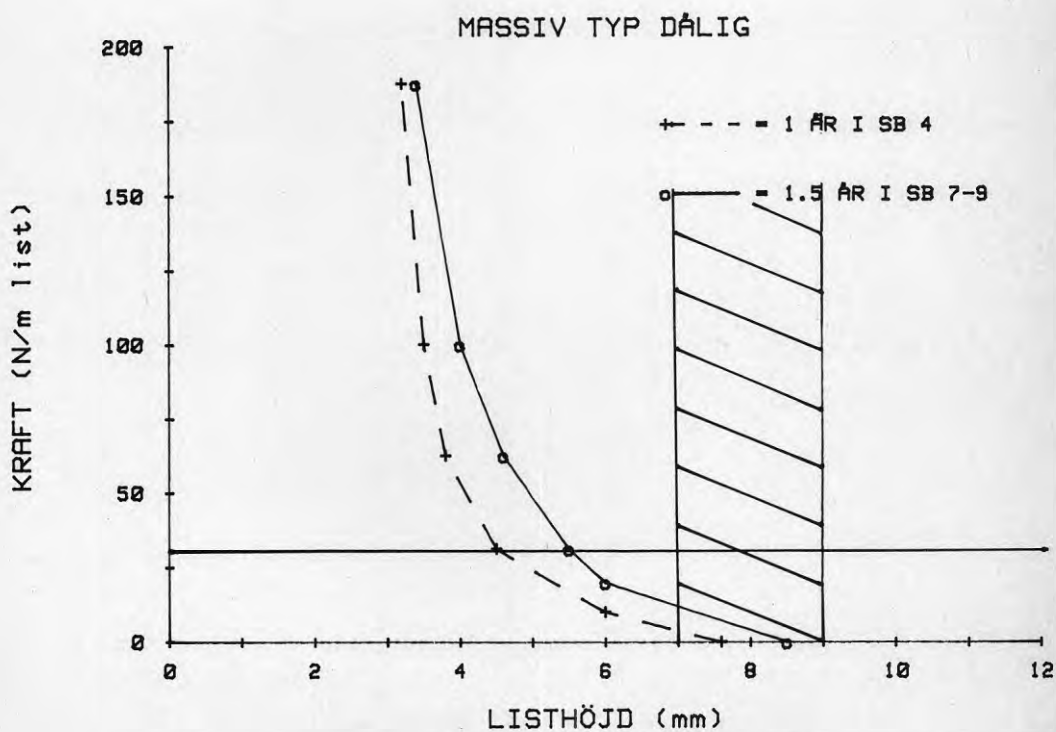
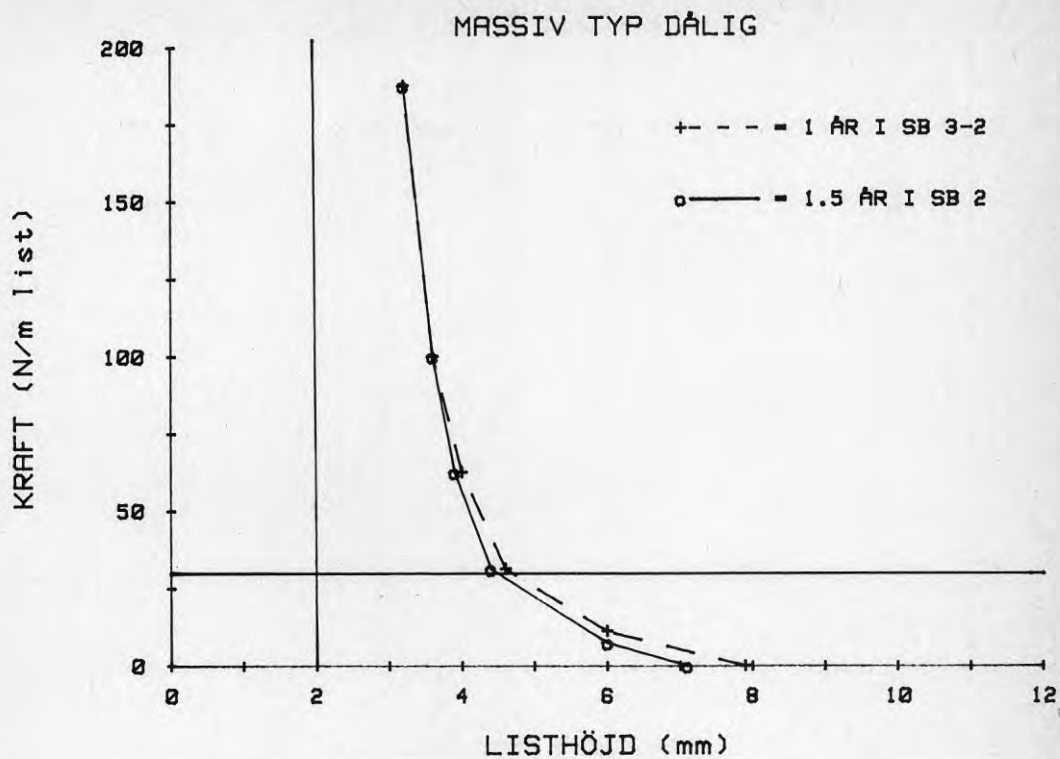
BILAGA 13

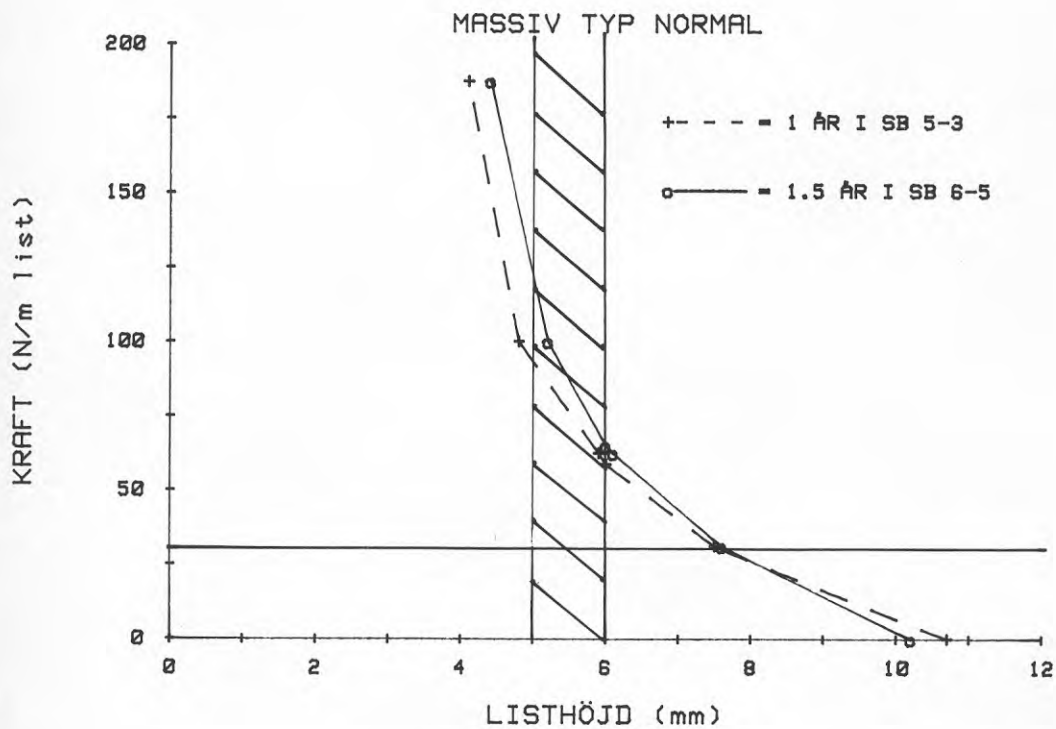
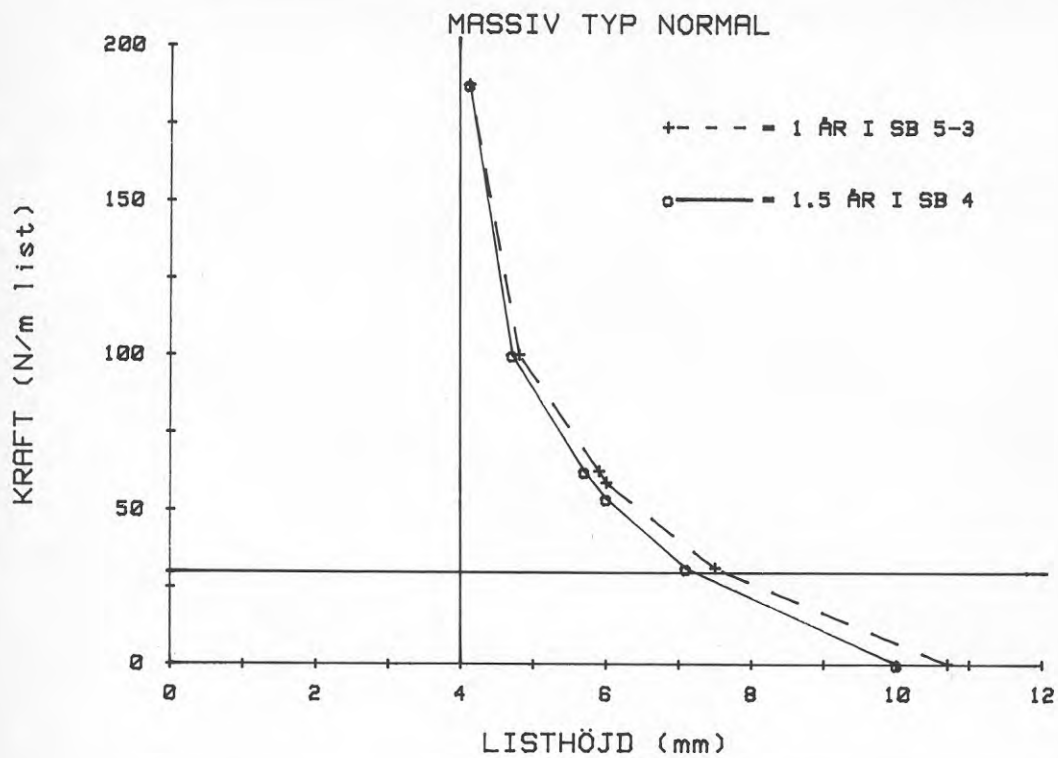
STYVHETSKURVOR FÖR 2,5 ÅR GAMLA KSB-LISTER



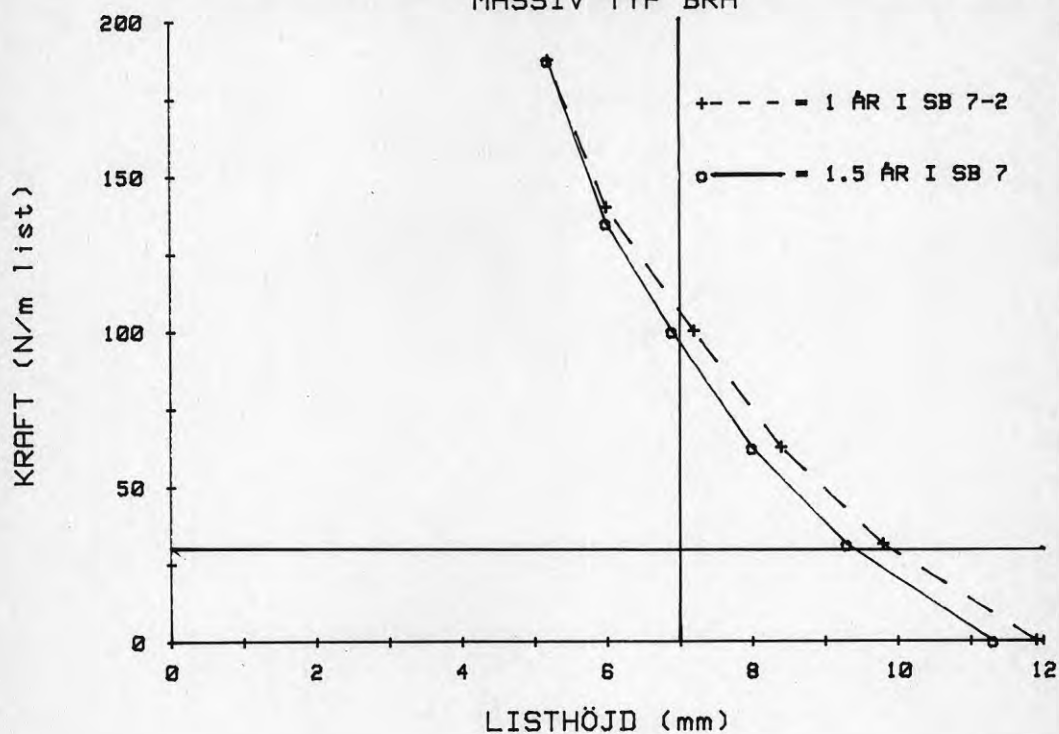




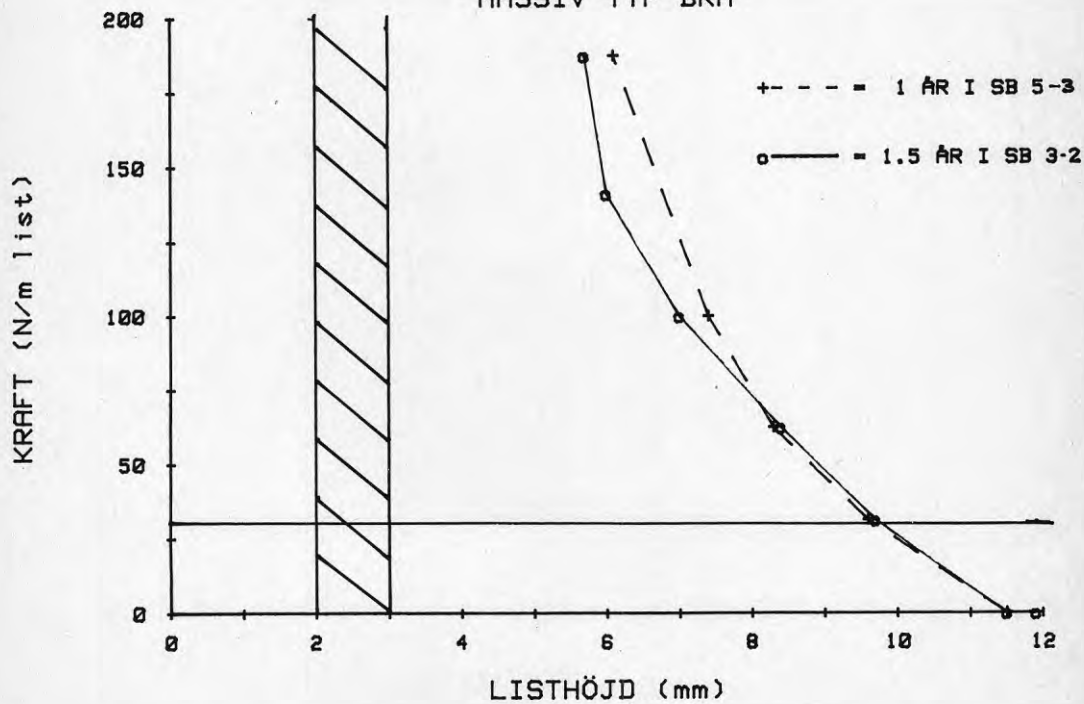


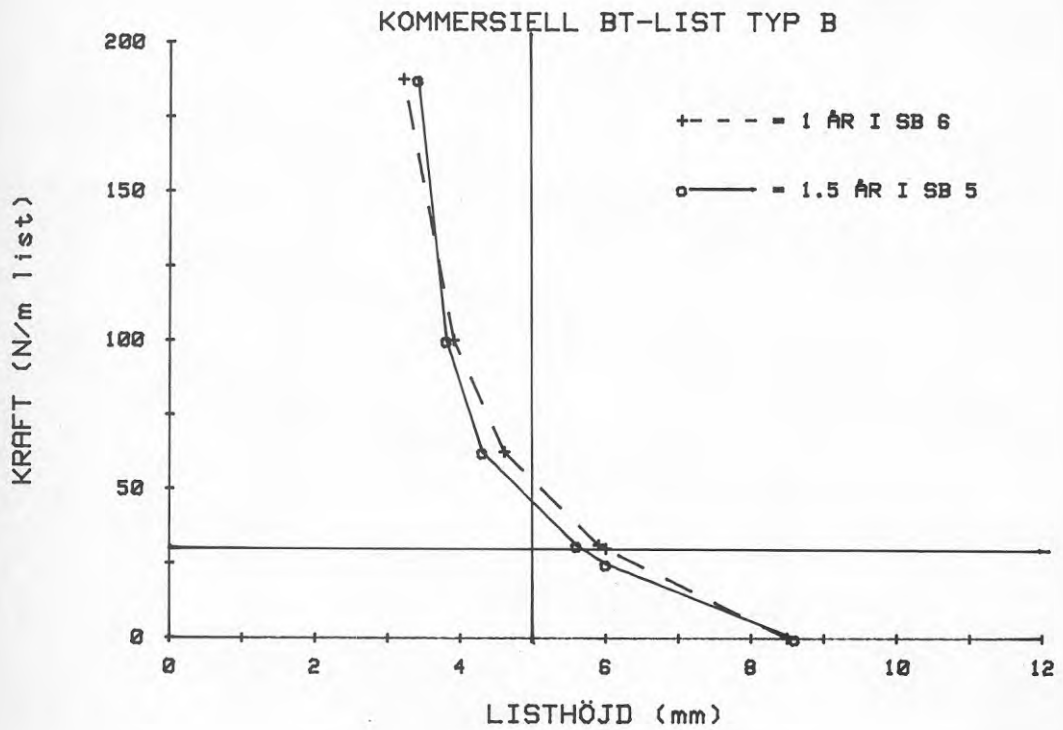
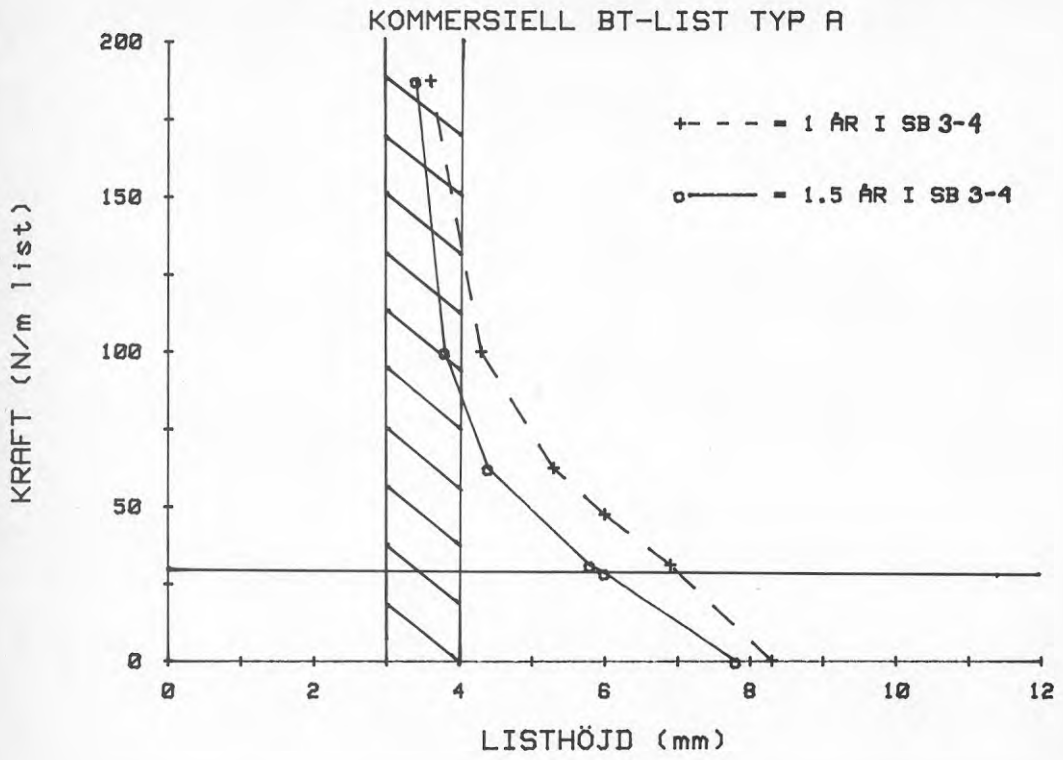


MASSIV TYP BRA



MASSIV TYP BRA





BILAGA 14

LISTBREDD FÖR 1 OCH 2,5 ÅR GAMLA T-LISTER

TABELL "Listbredd" i mm för T-lister som varit monterade i provhuset

Listtyper	Listbredd oåldrad	1 år		2,5 år	
		Suttit vid Sb	Uppmätt listbredd	Suttit vid Sb	Uppmätt listbredd
Massiv typ Bra T-35	33	10	29	12	27
Massiv typ Normal T-35	33	18	29	12	23
Massiv typ Dålig T-35	25	9	15	7	17

BILAGA 15

PROVNINGSRESULTAT FÖR 1 ÅR GAMLA HS-LISTER

TABELL 1 Hållfasthetstester HS-lister, 1 år i provhus

Listtyper	Oåldrad list		1 år i provhus		Tjocklek
	Hårdhet °IRH	σ_B MPa	Hårdhet °IRH	σ_B MPa	
Massiv typ Bra	58	11,9	60	11,5	x
Massiv typ Normal	58	8,9	58	10,0	x
Massiv typ Dålig	45	4,2	58	3,7	2,7
Cellist LV typ 1	-	1,8	-	2,2	x
Cellist LV typ 2	-	2,2	-	1,9	x
CR-list	43		52		5,3

x = delvis bibehållen listprofil

TABELL 2 Laboratorieåldrade HS-lister

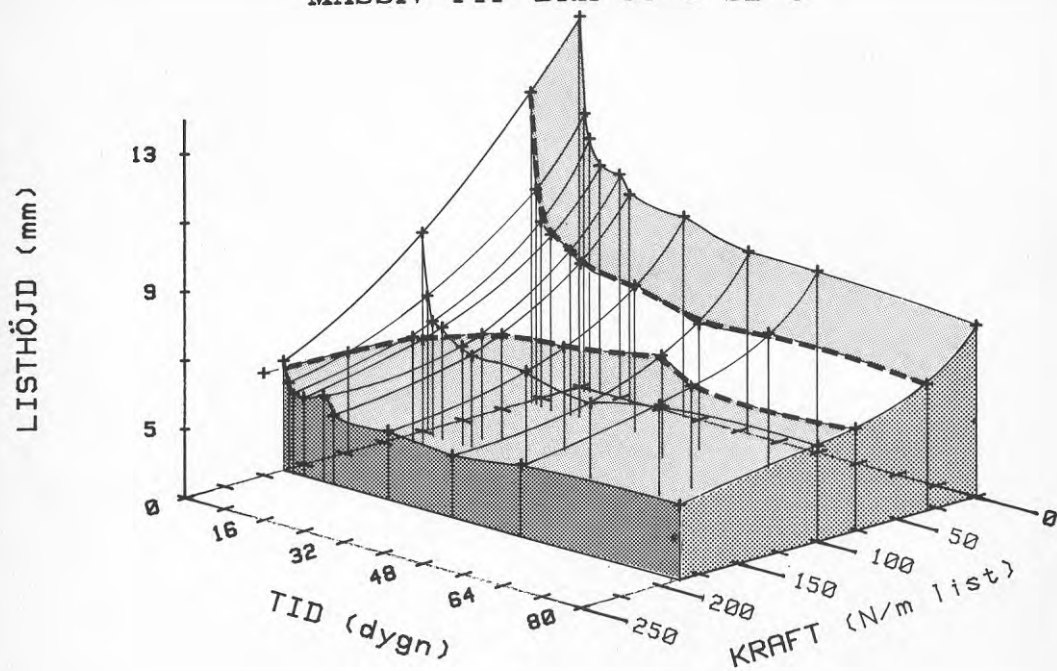
Listtyper	Oåldrad list			18 v vid 70 °C			18 v vid 90 °C			40 v vid 90 °C		
	Hårdhet °IRH	σ_B MPa	ϵ_B %	Hårdhet °IRH	σ_B MPa	ϵ_B %	Hårdhet °IRH	σ_B MPa	ϵ_B %	Hårdhet °IRH	σ_B MPa	ϵ_B %
Massiv typ Bra	58	11,9	700	67	11,0	270	72	11,8	280	73	4,8	220
Massiv typ Normal	58	8,9	600	70	12,6	230	75	11,2	220	75	8,0	160
Massiv typ Dålig	45	4,2	510	60	5,1	340	70	5,4	220	69	4,9	170
Cellist LV typ 1	-	1,8	460	-	-	-	-	3,2	220	-	2,6	180
Cellist LV typ 2	-	2,2	460	-	-	-	-	3,1	210	-	2,5	170
Cellist LV typ 2 värmebehandlad	-	1,8	400	-	2,2	250	-	2,7	230	-	2,5	180
CR-list	43	-	-	47	-	-	56	-	-	60	-	-

	Tjocklek		Tjocklek		Tjocklek	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
σ_B = dragbrottråns	4,0	3,6	4,0	3,6	4,0	3,7
ϵ_B = dragbrotttöjning	3,1	3,2	3,1	3,2	3,1	3,2
Bra	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Normal	-	2,4	-	2,4	-	2,5
Dålig	2,6	2,4	2,6	2,4	2,6	2,5
LV typ 1	2,8	2,6	2,8	2,6	2,8	2,8
LV typ 2	5,3	4,4	5,3	4,4	5,3	4,4
LV typ 2 värmebeh						
CR-list						

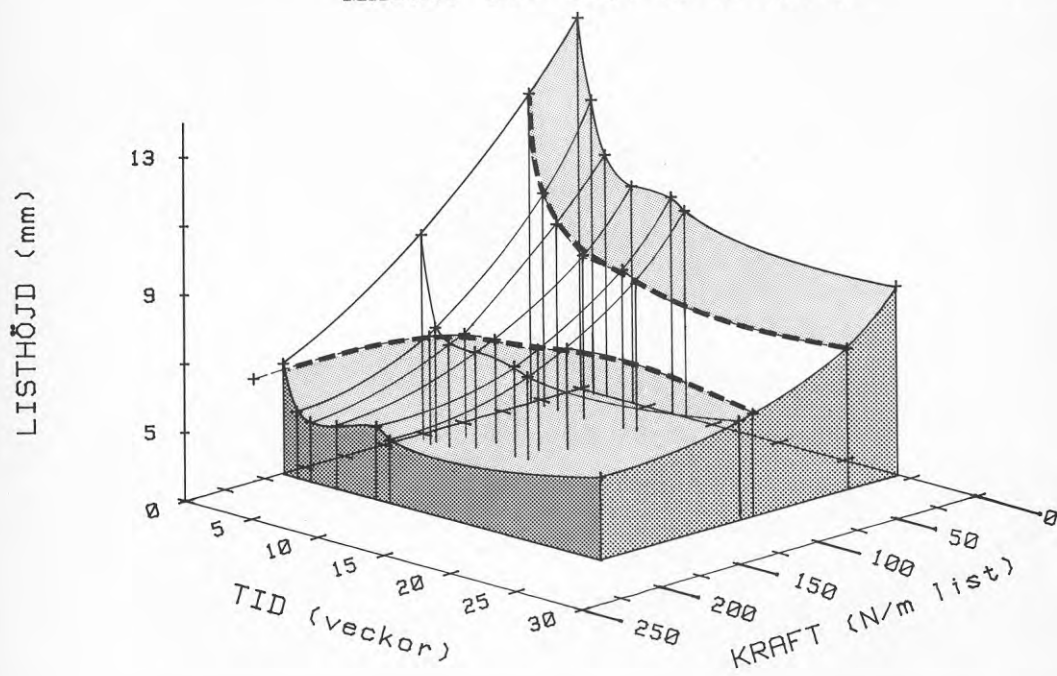
BILAGA 16

STYVHETSKURVOR FÖR LABORATORIEÅLDRADE KSB-LISTER

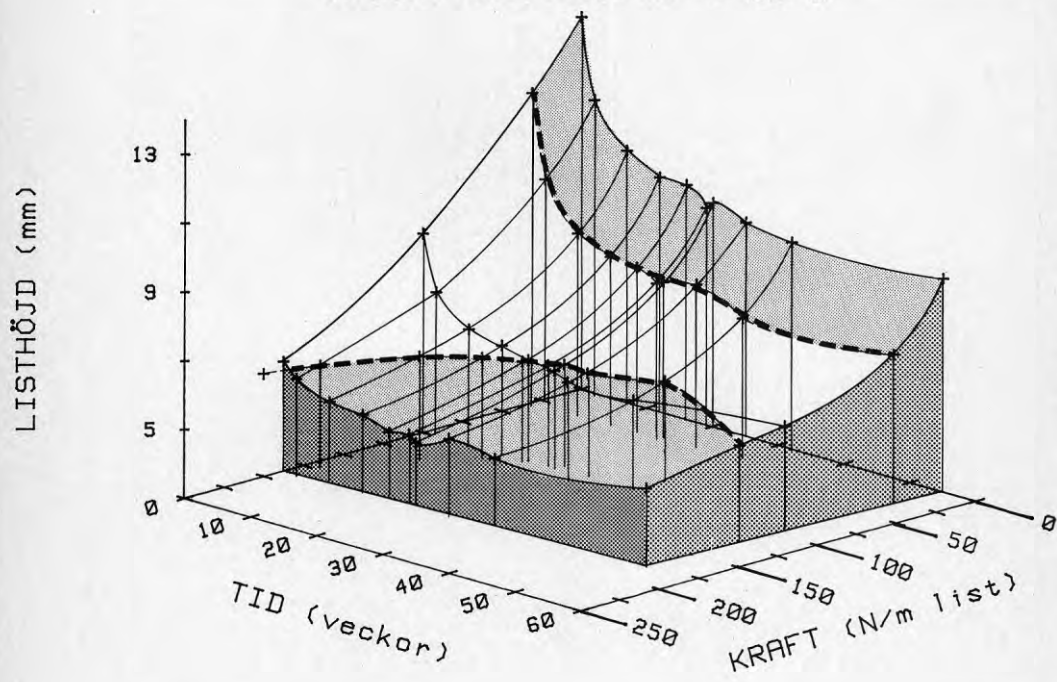
MASSIV TYP BRA 90 C SB 6



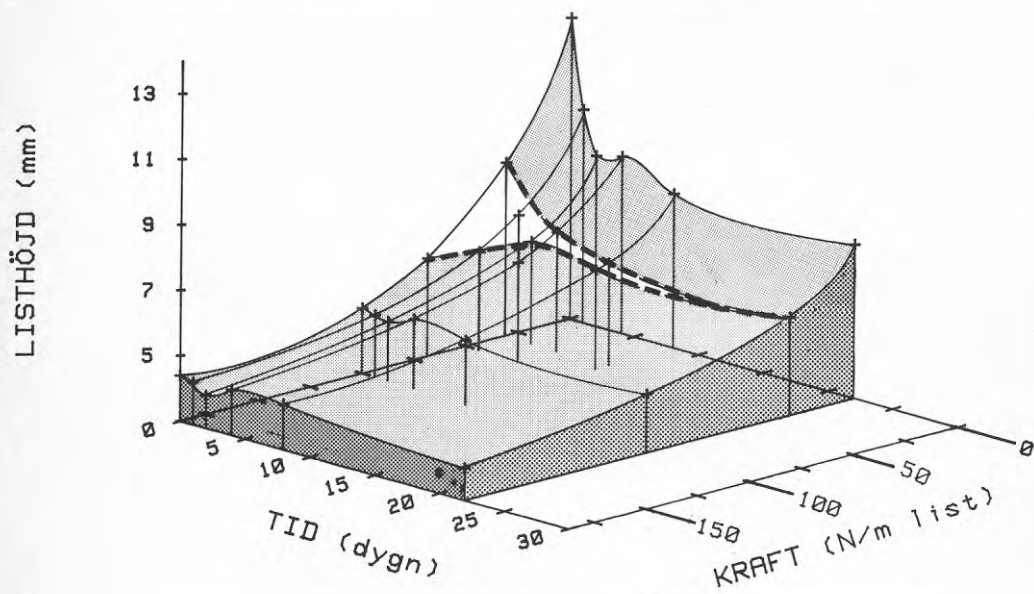
MASSIV TYP BRA 70 C SB 6



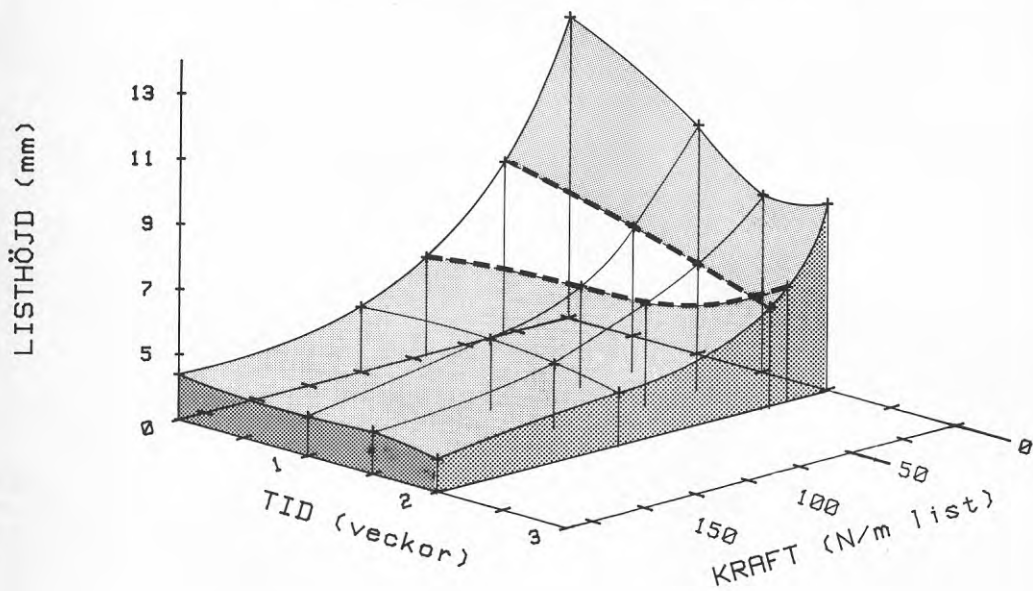
MASSIV TYP BRA 55 C SB 6



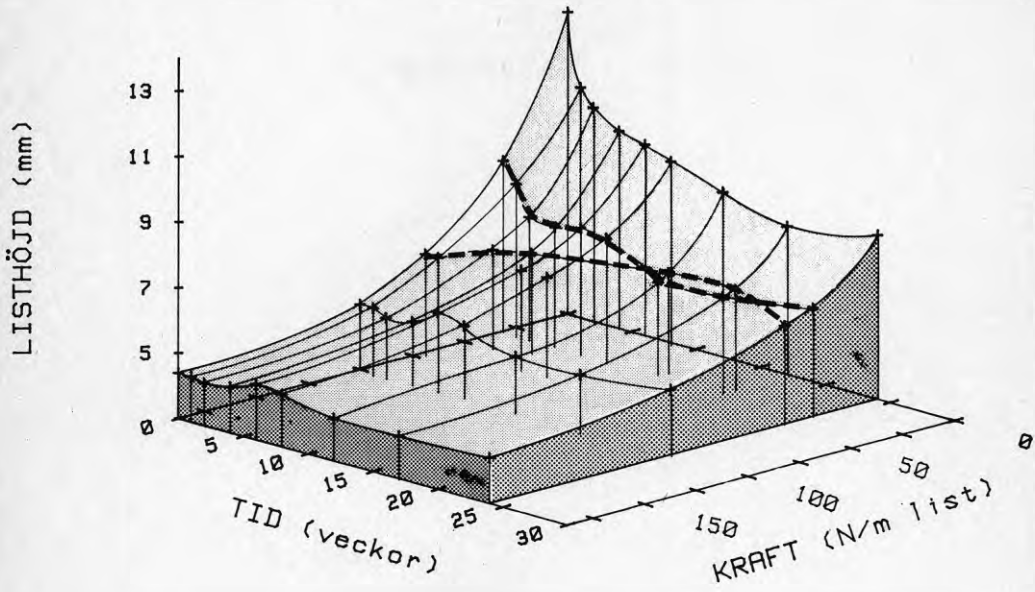
MASSIV TYP NORMAL 90 C SB 6



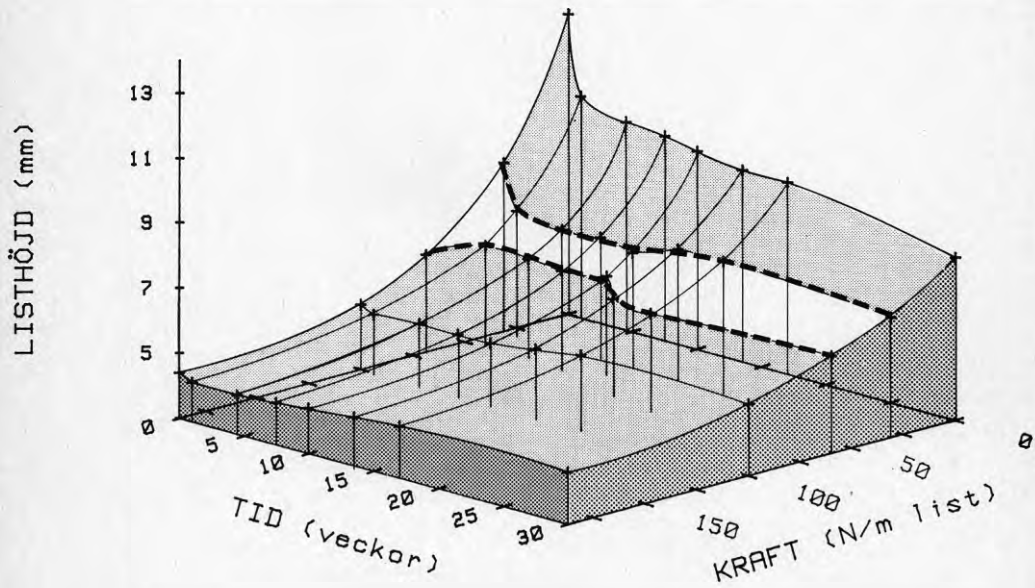
MASSIV TYP NORMAL 70 C SB 6



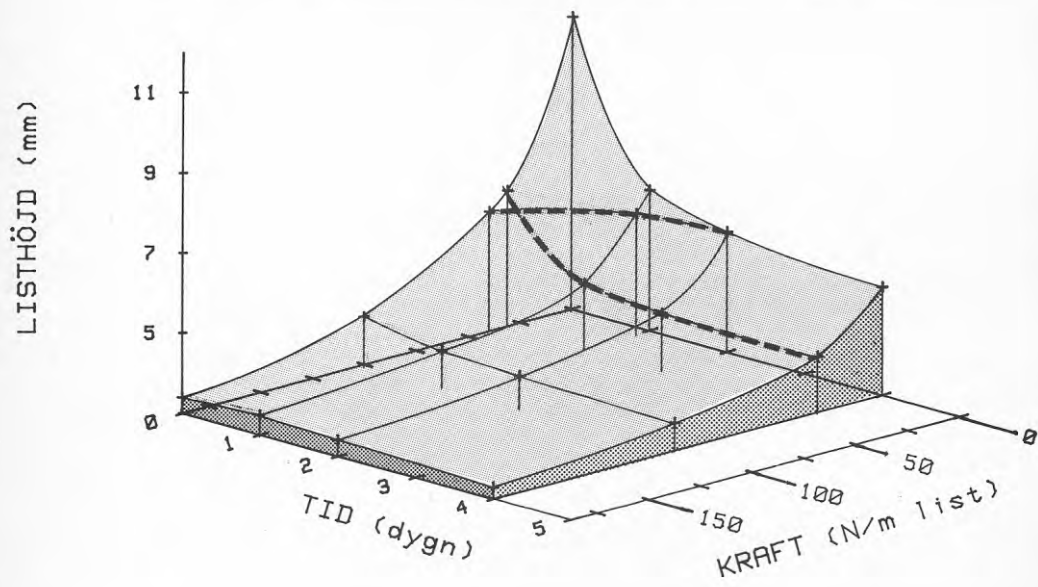
MASSIV TYP NORMAL 55 C SB 6



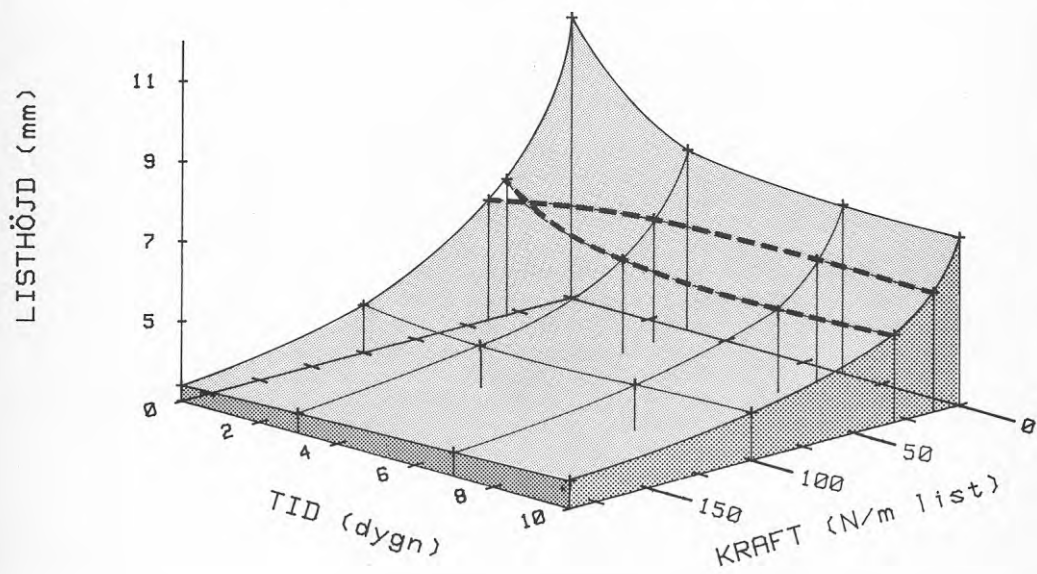
MASSIV TYP NORMAL 45 C SB 6



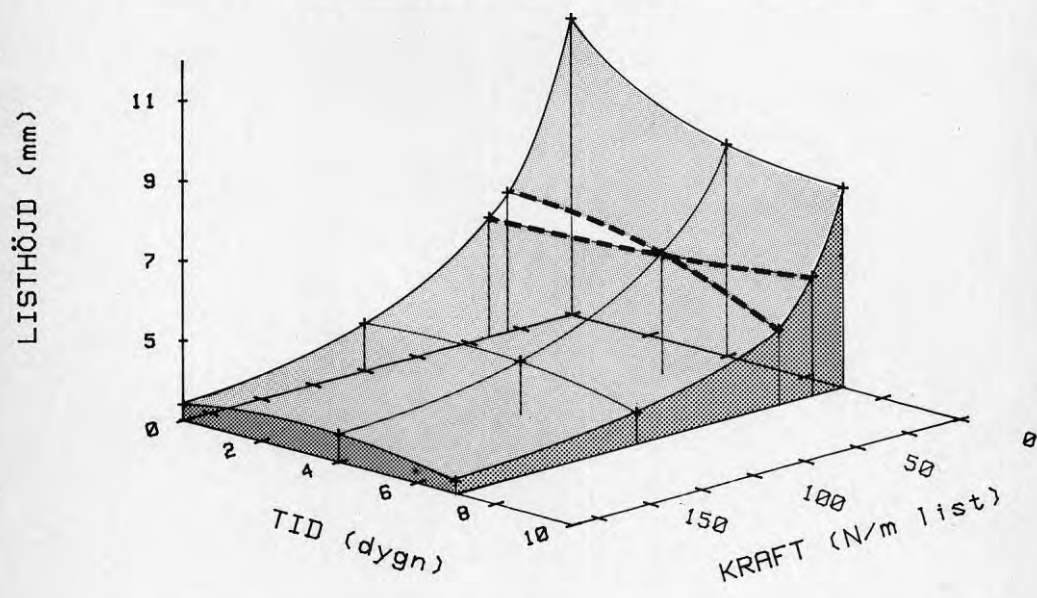
MASSIV TYP DÅLIG 90 C SB 6



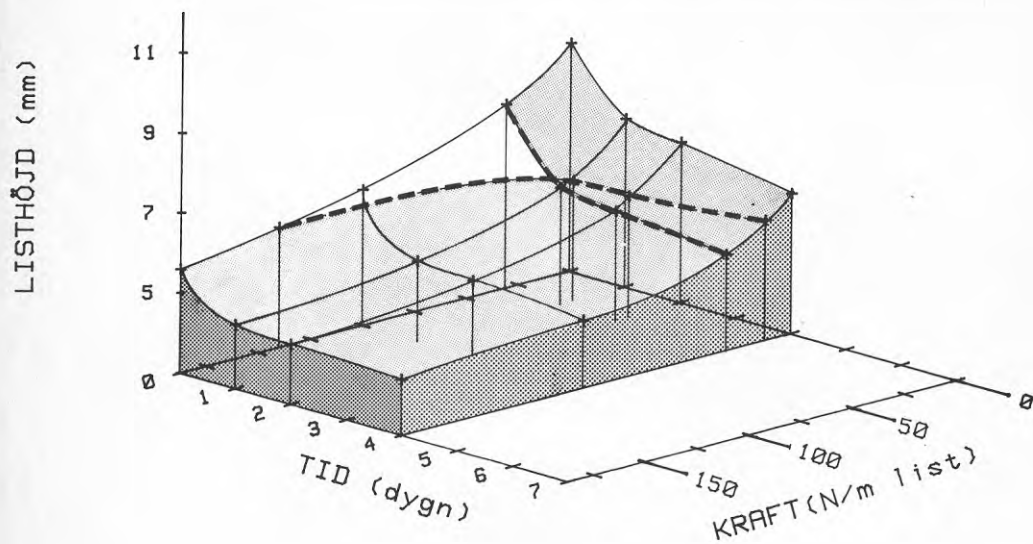
MASSIV TYP DÅLIG 70 C SB 6



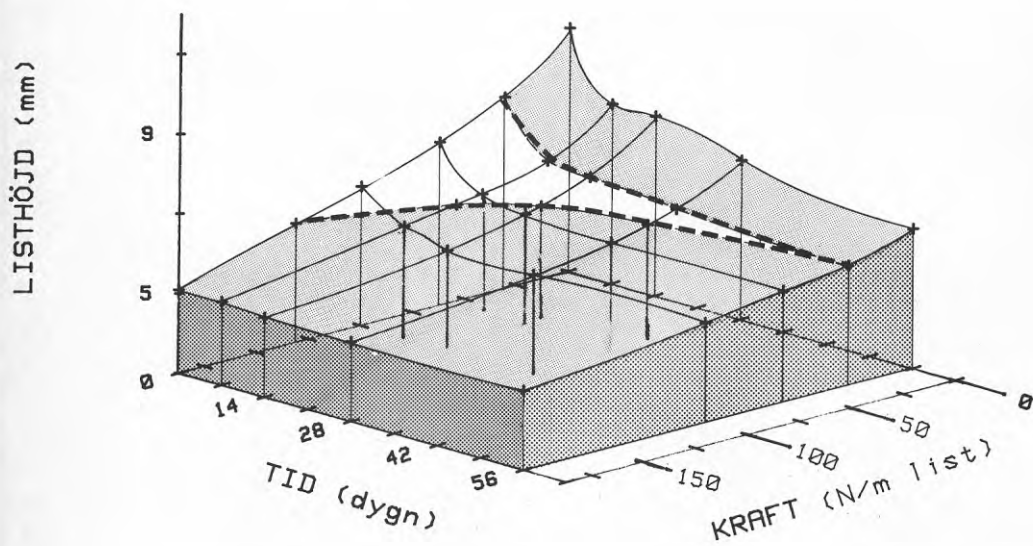
MASSIV TYP DÅLIG 55 C SB 6



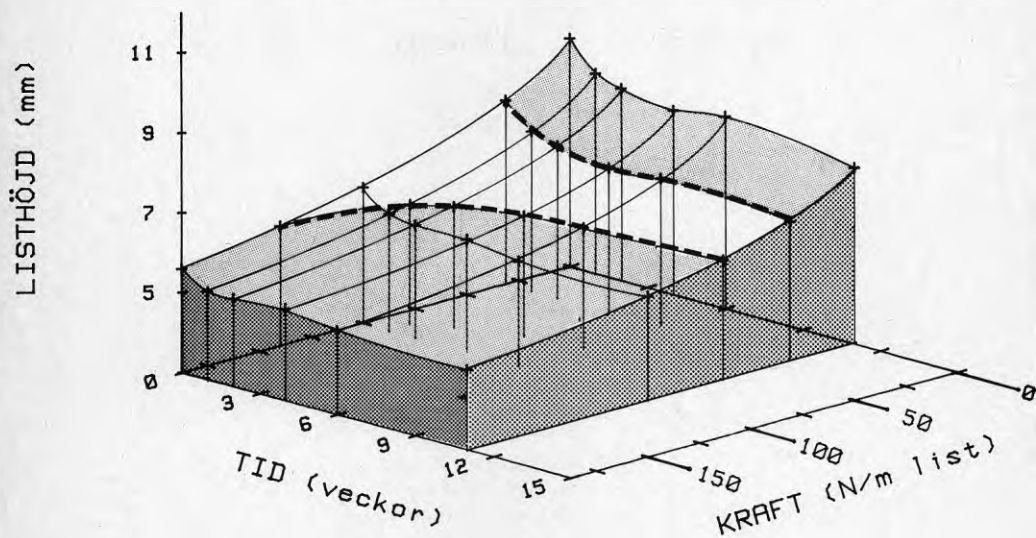
CELL-LIST BT TYP 1 90 C SB 6



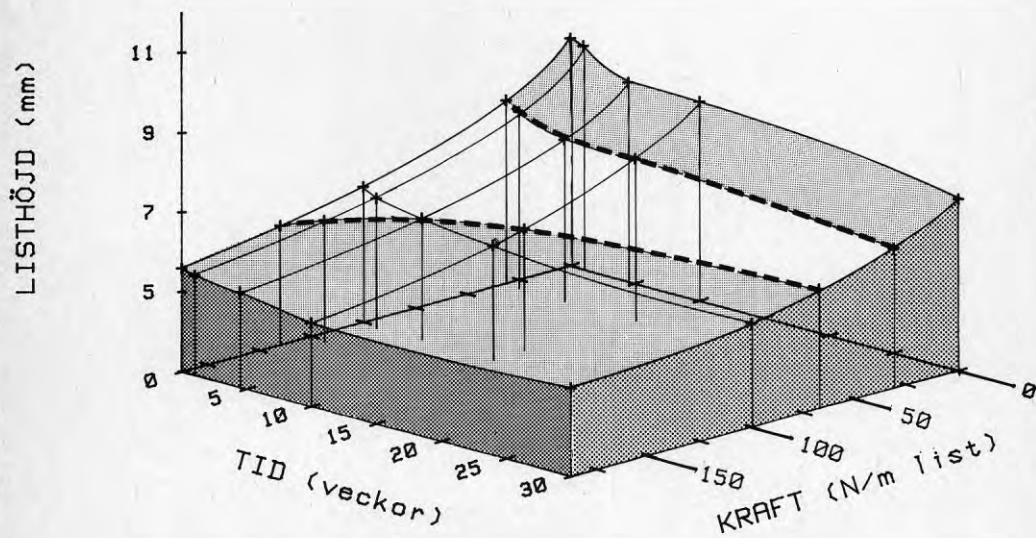
CELL-LIST BT TYP 2 70 C SB 6



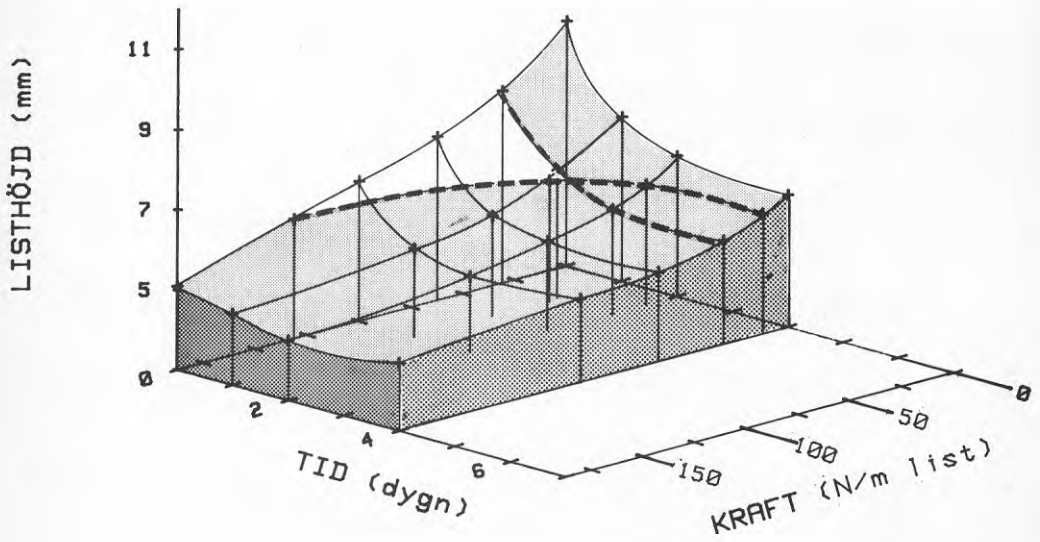
CELL-LIST BT TYP 1 55 C SB 6



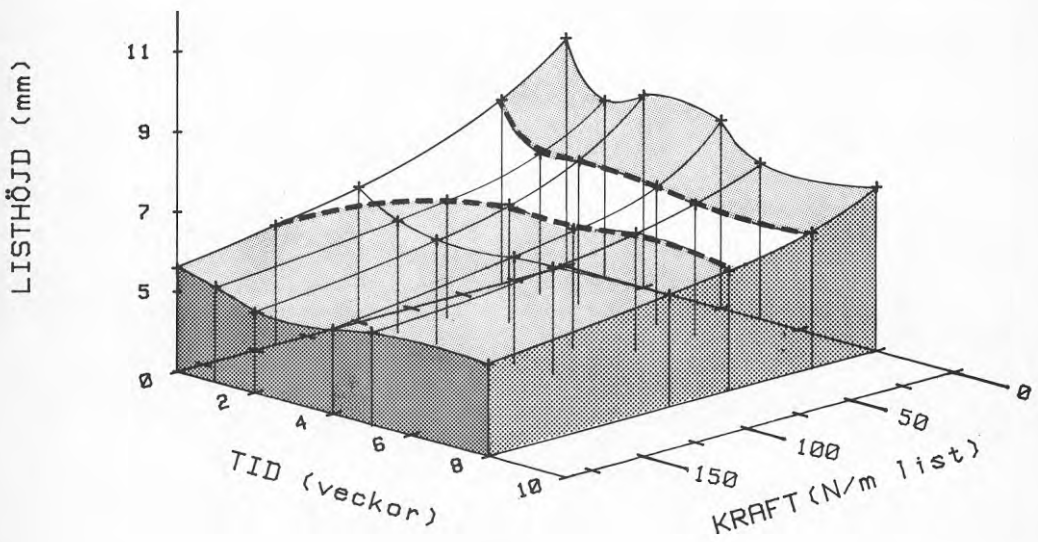
CELL-LIST TYP 1 45 C SB 6



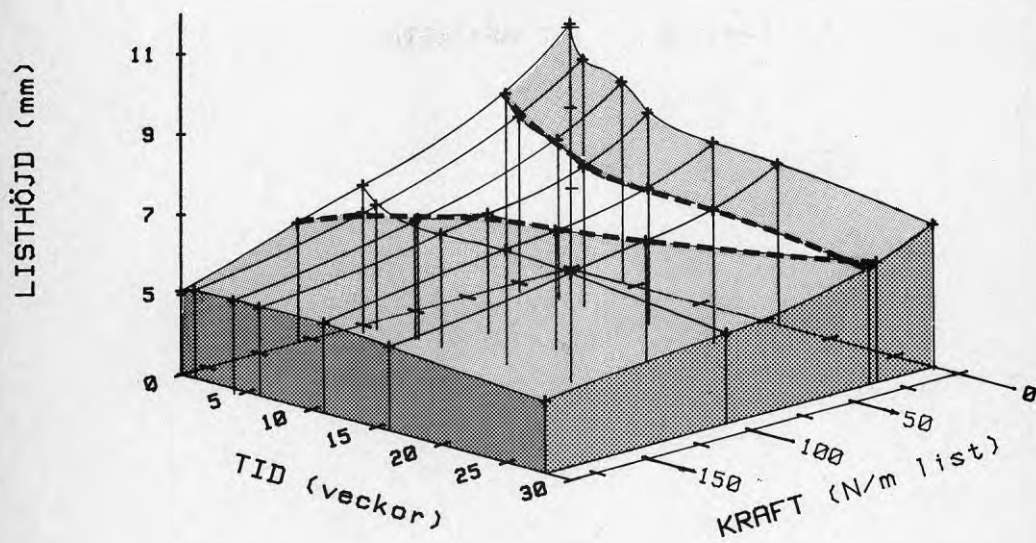
CELL-LIST BT TYP 2 90 C SB 6



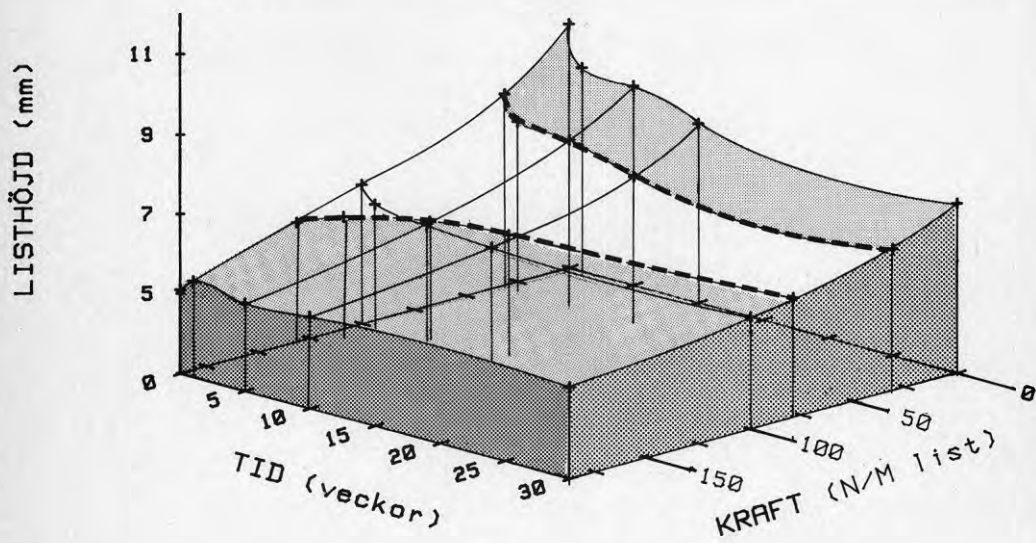
CELL-LIST BT TYP 1 70 C SB 6



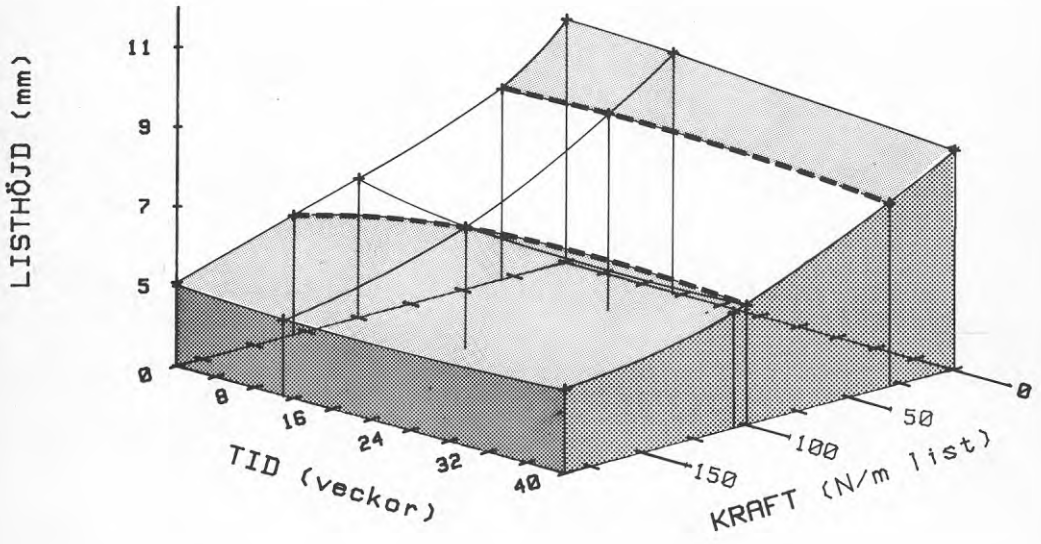
CELL-LIST BT TYP 2 55 C SB 6



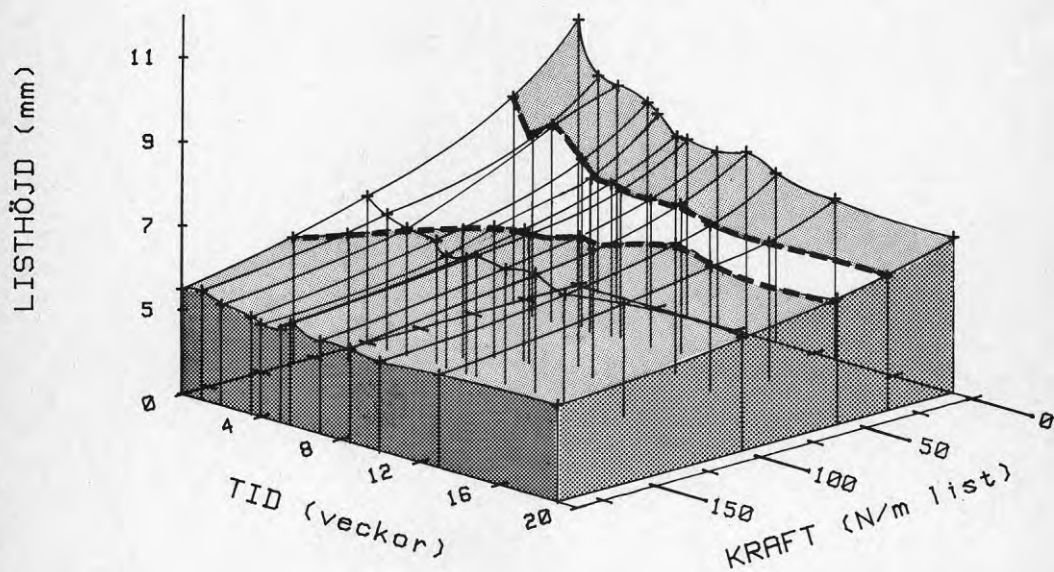
CELL-LIST BT TYP 2 45 C SB 6



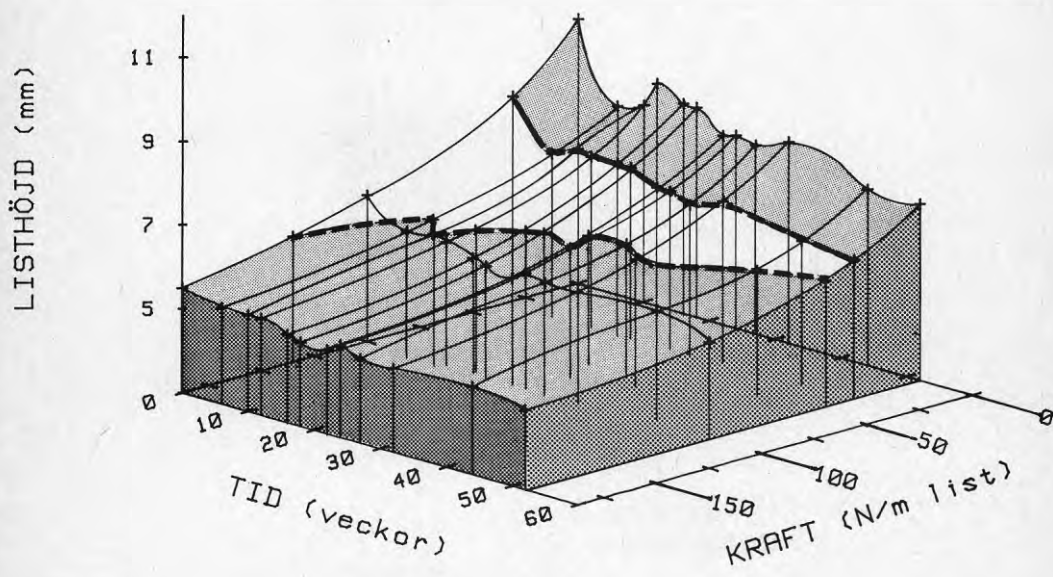
CELL-LIST TYP 2 RUMSTEMP. SB 6



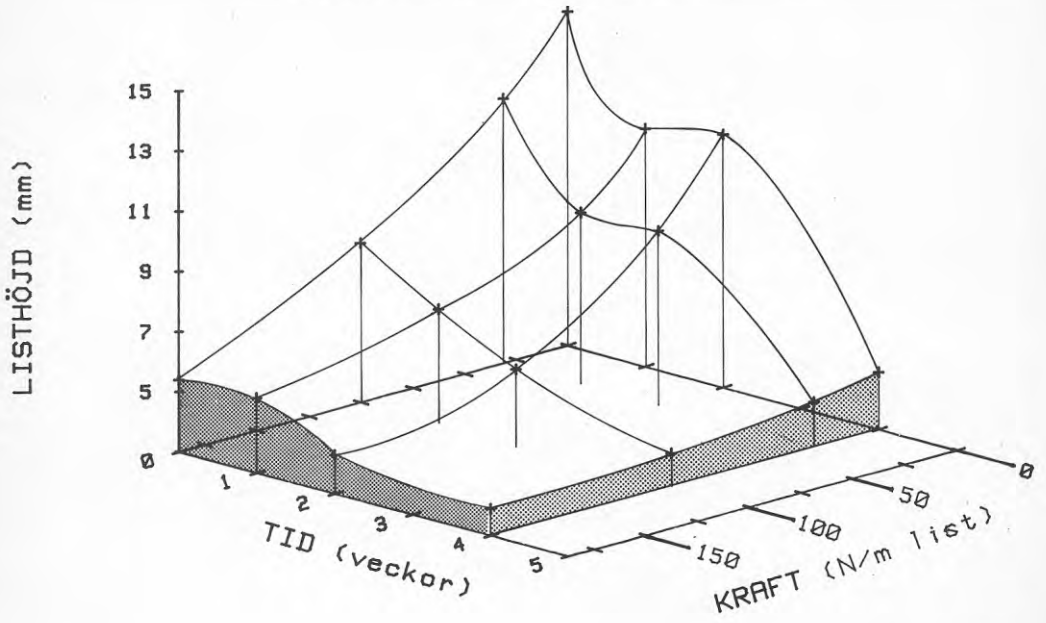
CELL-LIST TYP 2 EFTERVULKAD 70 C SB 6



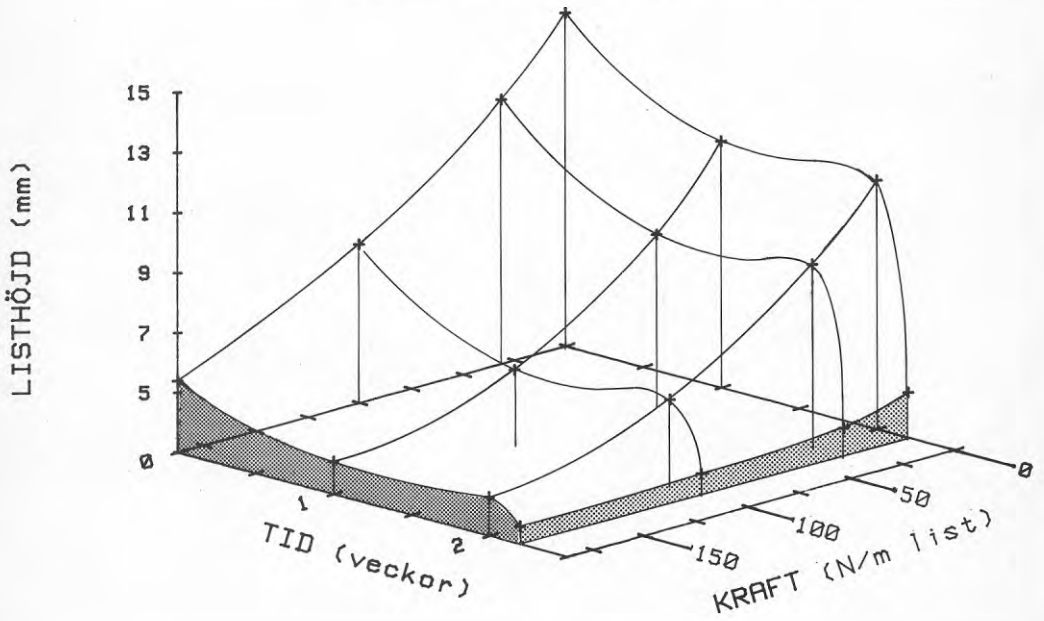
CELL-LIST TYP 2 EFTERVULKAD 55 C SB 6



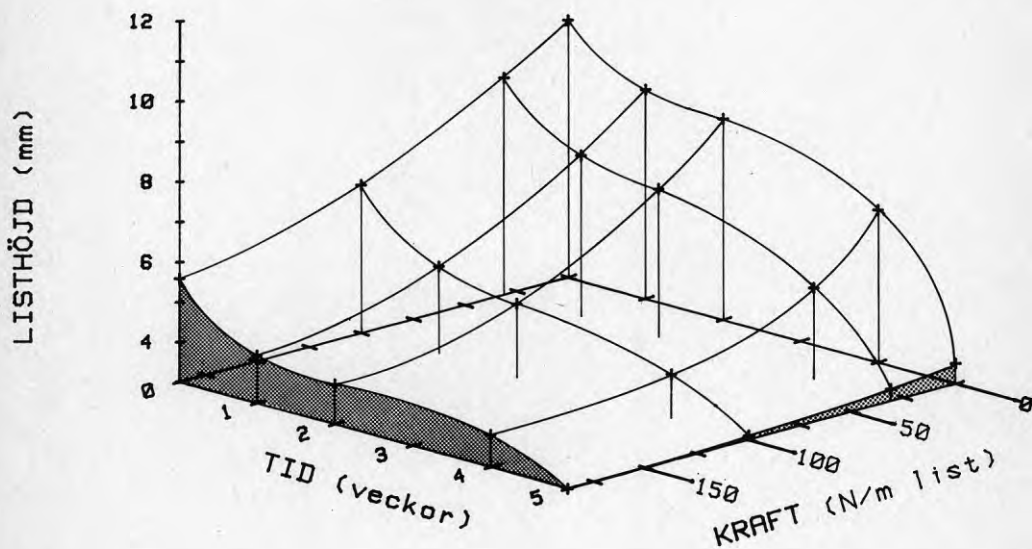
MASSIV TYP BRA 70 C SB 3



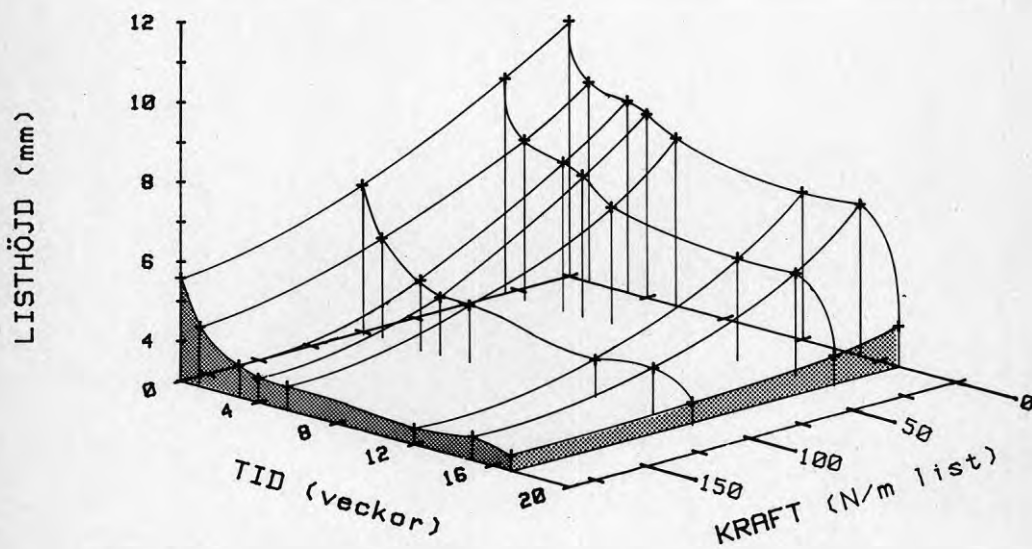
MASSIV TYP BRA 55 C SB 3



CELL-LIST TYP 2 EFTERVULKAD 70 C SB 3



CELL-LIST TYP 2 EFTERVULKAD 55 C SB 3



TABELL Sättningsberäkning för lister som laboratorie-
åldrats vid springbredd 6 mm.

Listtyp	Aldrings-	Tid-	Sätt-	Tid-	Tid-	Sätt-
	temp °C	punkt 1	ning %	punkt 2a	punkt 2b	ning %
Massiv typ Bra	90	10 d	62	-	80 d	74
	70	4 v	58	-	24 v	68
	55	16 v	51	-	55 v	59
Massiv typ Normal	90	4 d	61	22 d	-	73
	70	10 d	61	14 d	-	56
	55	4 v	52	17 v	-	76
	45	5 v	45	-	30 v	68
Massiv typ Dålig	90	1 d	88	1 d	-	88
	70	3 d	62	3 d	-	62
	55	4 d	48	4 d	-	48
Cellist BT typ 1	90	1 d	56	1 d	-	56
	70	1 v	48	-	8 v	49
	55	2 v	33	-	11 v	48
	45	5 v	26	-	30 v	52
Cellist BT typ 2	90	1 d	56	1 d	-	56
	70	1 v	..	7 v	-	..
	55	6 v	55	28 v	-	82
	45	5 v	36	-	30 v	60
	23	-	-	-	40 v	19
Cellist BT typ 2 eftervulkad	90	4 d	48	6 v	-	85
	70	2 v	39	-	19 v	79
	55	10 v	48	-	52 v	64

Tidpunkterna finns angivna i Figur 7.3

TABELL Sättningsberäkning för lister som laboratorie-
åldrats vid springbredd 3 mm.

Sb 3	Åldrings- temp °C	Tid-	Sätt-	Tid-	Sätt-
		punkt 1	ning %	punkt 2	ning %
Massiv typ Bra	70	1 v	26	2 v	26
	55	1 v	29	2 v	24
Cellist BT typ 2 eftervulkad	70	1 v	19	4 v	41
	55	1 v	22	15 v	41

Sättningen har beräknats enligt

$$s = \frac{h_0 - h_1}{h_0 - h_s} \quad \text{där}$$

h_0 = ursprunglig provkroppshöjd i mm

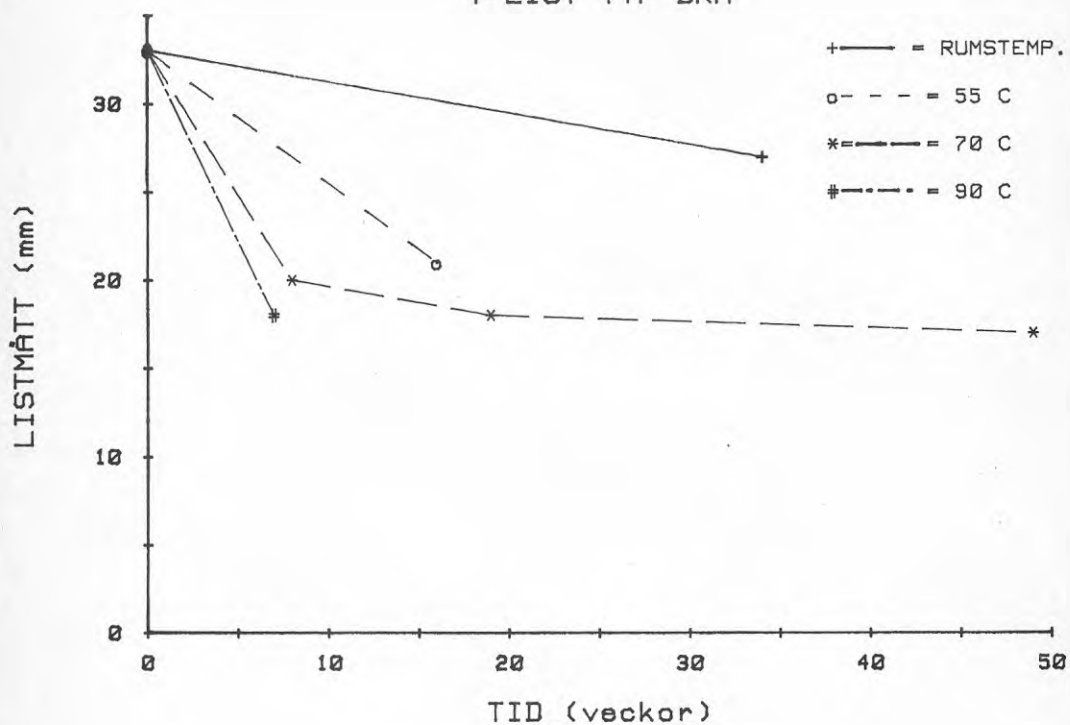
h_1 = slutlig provkroppshöjd i mm

h_s = distansstyckets höjd i mm

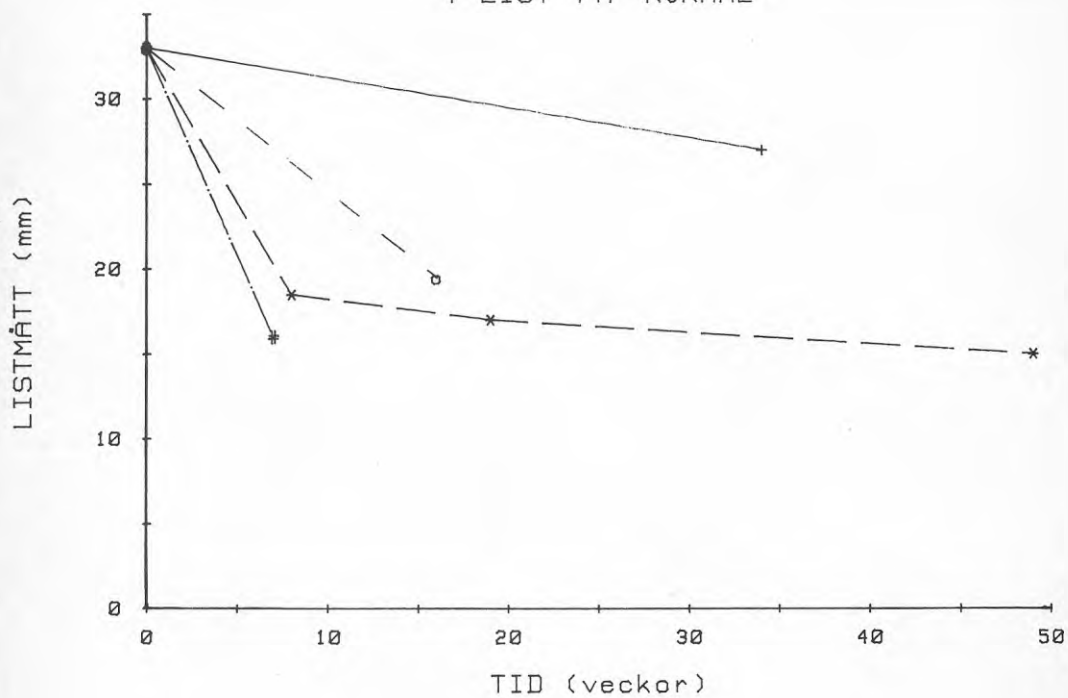
BILAGA 17

LISTBREDD FÖR LABORATORIEÅLDRADE T-LISTER

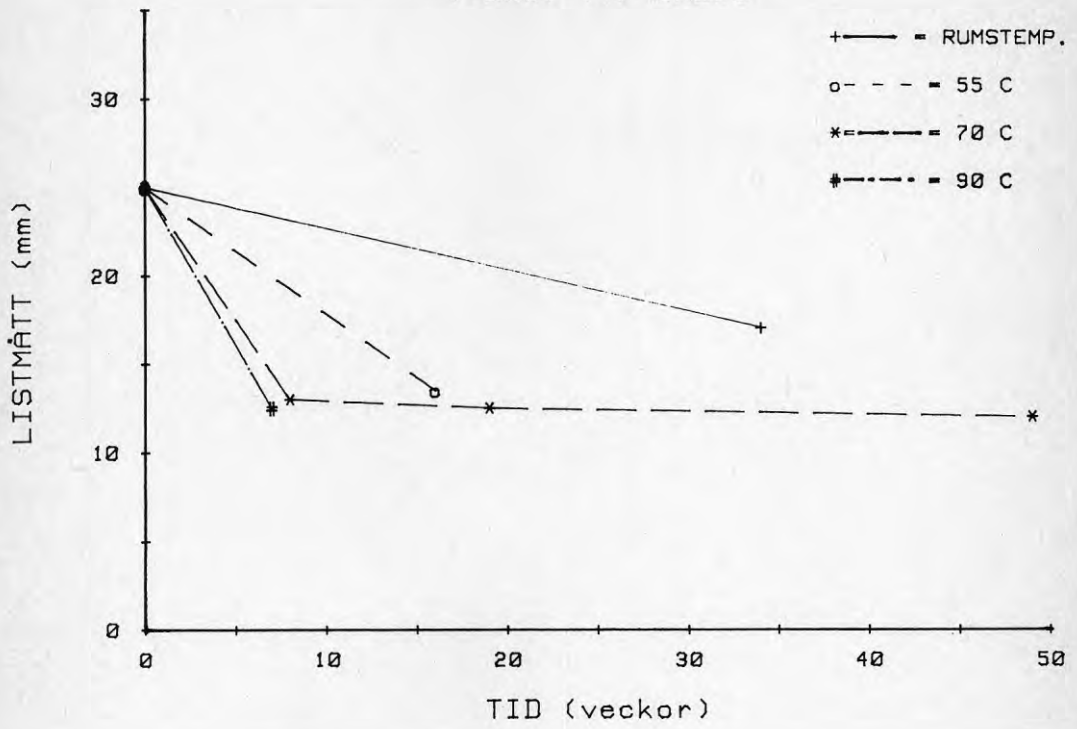
T-LIST TYP BRA



T-LIST TYP NORMAL

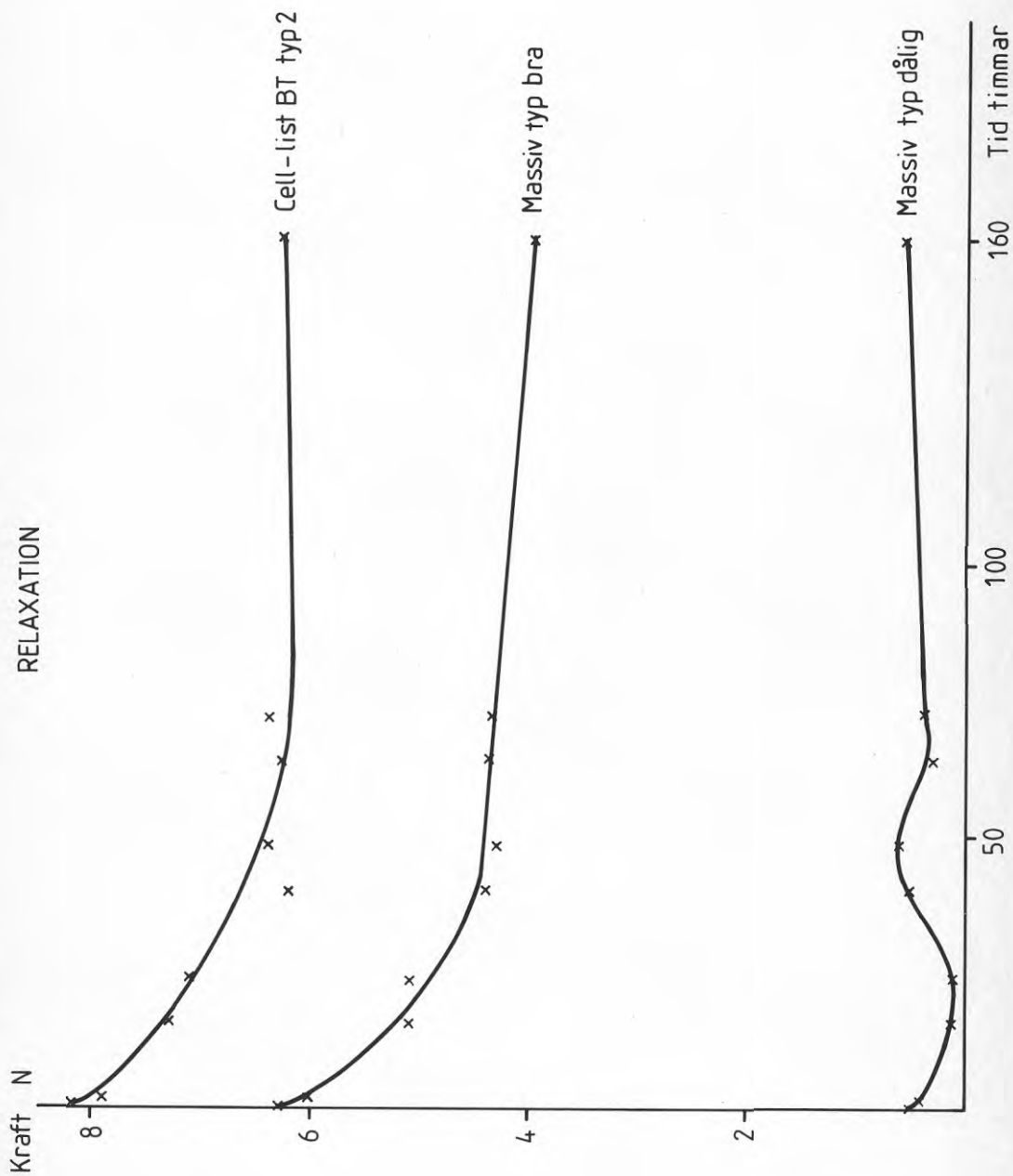


T-LIST TYP DÅLIG



BILAGA 18

RELAXATIONSMÄTNINGAR



BILAGA 19

PROVNINGSRESULTAT FÖR SLAGSEGHETSTILLSATSER

TABELL 1 Draghållfasthet och slagseghetstest.
Slagseghetstillsatser.

Slagseghets- tillsatser	Åldringstid i veckor 90 °C	Brott- spänning MPa	Brott- töjning %	Slagseghet enl Charpy kpcm/cm ²
Paraloid	0	9,4	70	1,04
	2	-	-	1,04
	8	9,2	100	1,21
Blendex 101	0	29,3	6	1,12
	2	-	-	1,04
	8	32,7	10	1,16

Tabell 2 Aldringsegenskaper för slagseg PVC

Blandning

1 2 3 4 5 6 7 8 9 11

Recept

A 6706	300	300	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282
S 658	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Irgastab T270			18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Paraloid KM-323 B												
Dow CPE-3615												
Paraloid KM-653					18	18	18	18	18	18	18	18
Paraloid KM-608												
Paraloid KM-611												
Blendex BTA-III-N2												
Blendex 101												
Blendex 436												

Valsade: 10 min, 170 °C

Pressade: 10 min, 170 °C

SINTEF, slagdrag 0,5 m/s +23 °C

Brottöjning,

- oåldrad	43	78	51	58	75	82	70	42	61
- åldrad 7 dygn +50 °C	56	77	52	51	62	67	54	45	50
- åldrad 49 dygn +70 °C	46	64	41	40	49	50	47	46	41

Totalt brottarbete

- oåldrad	582	908	652	649	915	981	909	532	737
- åldrad 7 dygn +50 °C	795	903	679	631	789	871	673	559	613
- åldrad 49 dygn +70 °C	673	772	517	494	617	632	598	602	492

Krympning

- åldrad 7 dygn +50 °C	0,18	0,20	0,25	0,18	0,14	0,18	0,23	0,19	0,16
- åldrad 49 dygn +70 °C	0,22	0,40	0,29	0,20	0,16	0,17	0,23	0,22	0,19

Tabell 2 Aldringsegenskaper för slagseg PVC

Blandning	Storhet	oåldrade	+50 °C 1 dygn	+50 °C 3 dygn	+50 °C 7 dygn	+70 °C 21 dygn	+70 °C 49 dygn
1 v = 50 cm/s ε = 152.300	σF	93	95	90	95	104	102
	σB	63	60	61	61	69	68
	σN						
	εF	14	13	16	13	14	16
	εB	43	45	53	56	44	46
	A	582	620	703	795	665	673
	A1 A2	130 452	124 496	144 559	124 671	146 519	163 510
Brott		segt (5)	segt (6)	segt (5)	segt (5)	segt (5)	segt (4)
2 v = 50 cm/s ε = 152.300	σF	76	78	77	77	81	80
	σB	47	48	45	47	55	51
	σN						
	εF	11	12	16	11	14	13
	εB	78	67	77	77	58	64
	A	908	787	867	903	711	772
	A1 A2	84 824	94 693	123 744	85 818	113 598	104 668
Brott		segt (6)	segt (5)	segt (4)	segt (5)	segt (4)	
3 v = 50 cm/s ε = 152.300	σF	85	85	87	86	90	88
	σB	56	57	59	58	61	60
	σN						
	εF	12	12	16	12	14	15
	εB	51	48	62	52	59	41
	A	652	613	811	679	806	517
	A1 A2	102 550	102 511	139 672	103 576	126 680	132 385
Brott		segt (6)	segt (6)	segt (5)	segt (4)	segt (4)	

Tabell 2 Aldringsegenskaper för slagseg PVC

Blandning	Storhet	oåldrade	+50 °C 1 dygn	+50 °C 3 dygn	+50 °C 7 dygn	+70 °C 21 dygn	+70 °C 49 dygn
4 v = 50 cm/s ε = 152.300	σF	76	84	84	84	90	86
	σB	58	56	55	52	63	60
	σN	18	16	14	12	13	15
	εF	58	52	51	51	38	40
	εB	649	638	632	631	500	494
	A1	137	134	118	101	117	129
	A2	512	504	514	530	383	365
Brott		segt (5)	segt (5)	segt (5)	segt (4)	segt (4)	segt (3)
5 v = 50 cm/s ε = 152.300	σF	81	81	84	83	91	86
	σB	53	55	55	56	62	56
	σN	17	16	14	13	13	14
	εF	75	71	63	62	57	49
	εB	915	878	799	789	791	617
	A1	138	130	118	108	118	120
	A2	777	748	681	681	673	497
Brott		segt (4)	segt (5)	segt (5)	segt (5)	segt (5)	segt (3)
6 v = 50 cm/s ε = 152.300	σF	83	84	86	85	94	88
	σB	52	56	57	57	67	54
	σN	17	15	13	13	13	15
	εF	75	58	58	56	57	44
	εB	924	728	756	722	830	544
	A1	141	126	112	111	122	132
	A2	783	602	644	611	708	412
Brott		segt (4)	segt (5)	segt (5)	segt (5)	segt (5)	segt (4)

Tabell 2 Aldringsegenskaper för slagseg PVC

Blandning	Storhet	oåldrade	+50 °C 1 dygn	+50 °C 3 dygn	+50 °C 7 dygn	+70 °C 21 dygn	+70 °C 49 dygn
7 v = 50 cm/s ε = 152.300	σF	81	85	85	84	93	87
	σB	52	55	58	56	65	56
	σN						
	εF	16	15	12	12	15	15
	εB	82	66	46	67	49	50
	A	891	842	588	871	677	632
	A1	130	128	102	101	140	131
A2	851	714	486	770	537	501	
Brott		segt (5)	segt (5)	segt (5)	segt (5)	segt (5)	segt (4)
8 v = 50 cm/s ε = 152.300	σF	83	84	83	82	94	87
	σB	55	55	57	56	62	59
	σN						
	εF	13	14	14	13	14	15
	εB	70	58	57	54	62	47
	A	909	730	718	673	881	598
	A1	106	118	116	107	132	131
A2	803	612	602	566	749	467	
Brott		segt (4)	segt (5)	segt (4)	segt (5)	segt (5)	segt (5)
9 v = 50 cm/s ε = 152.300	σF	88	90	91	88	97	93
	σB	60	57	56	56	66	56
	σN						
	εF	15	16	16	16	13	15
	εB	42	42	55	45	48	46
	A	532	526	719	559	697	602
	A1	132	144	146	141	126	140
A2	400	382	573	418	571	462	
Brott		segt (4)	segt (4)	segt (3)	segt (5)	segt (4)	segt (5)

Tabell 2 Aldringsegenskaper för slagseg PVC

Blandning	Storhet	oåldrade	+50 °C 1 dygn	+50 °C 3 dygn	+50 °C 7 dygn	+70 °C 21 dygn	+70 °C 49 dygn
11	σF	80	83	84	83	92	85
v = 50 cm/s	σB	53	53	54	55	65	55
ε = 152.300	σN						
	εF	14	14	13	14	12	15
	εB	61	64	51	50	48	41
	A	737	796	633	613	675	492
	A1	112	116	109	116	110	128
	A2	625	680	524	497	565	364
Brott		segt (5)	segt (5)	segt (5)	segt (5)	segt (5)	segt (5)

v = draghastighet i cm/s

ε = deformationshastighet i %/min

σF = flytspänning i N/mm²σB = brottspänning i N/mm²σN = "Necking" spänning i N/mm²

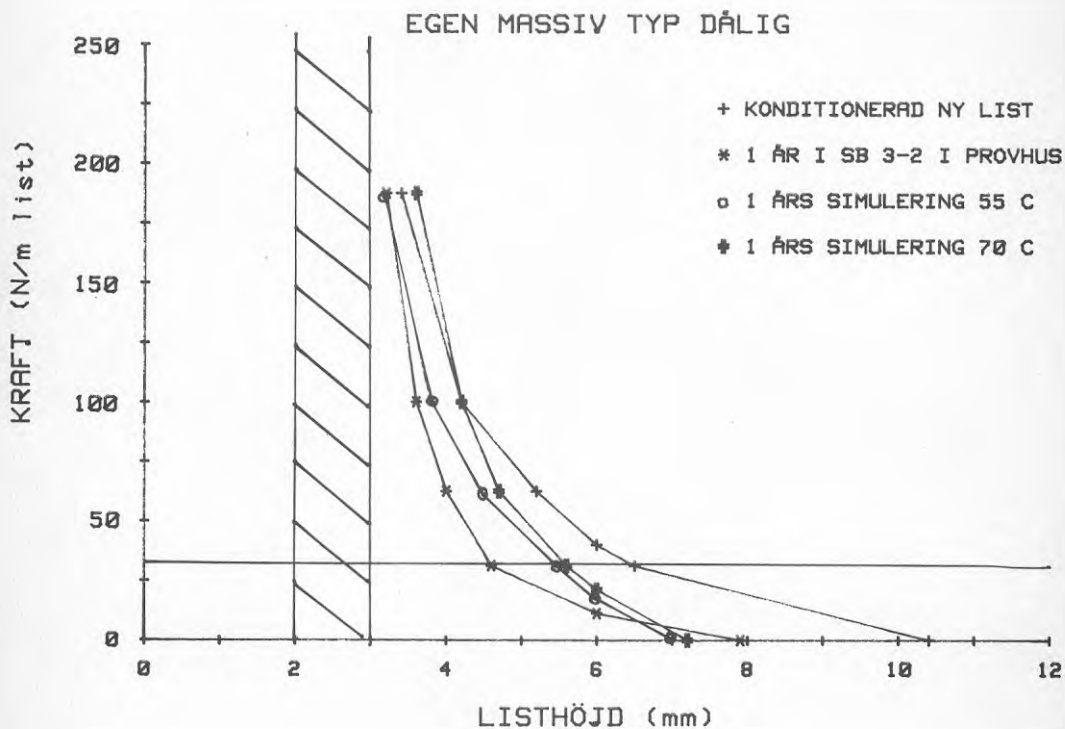
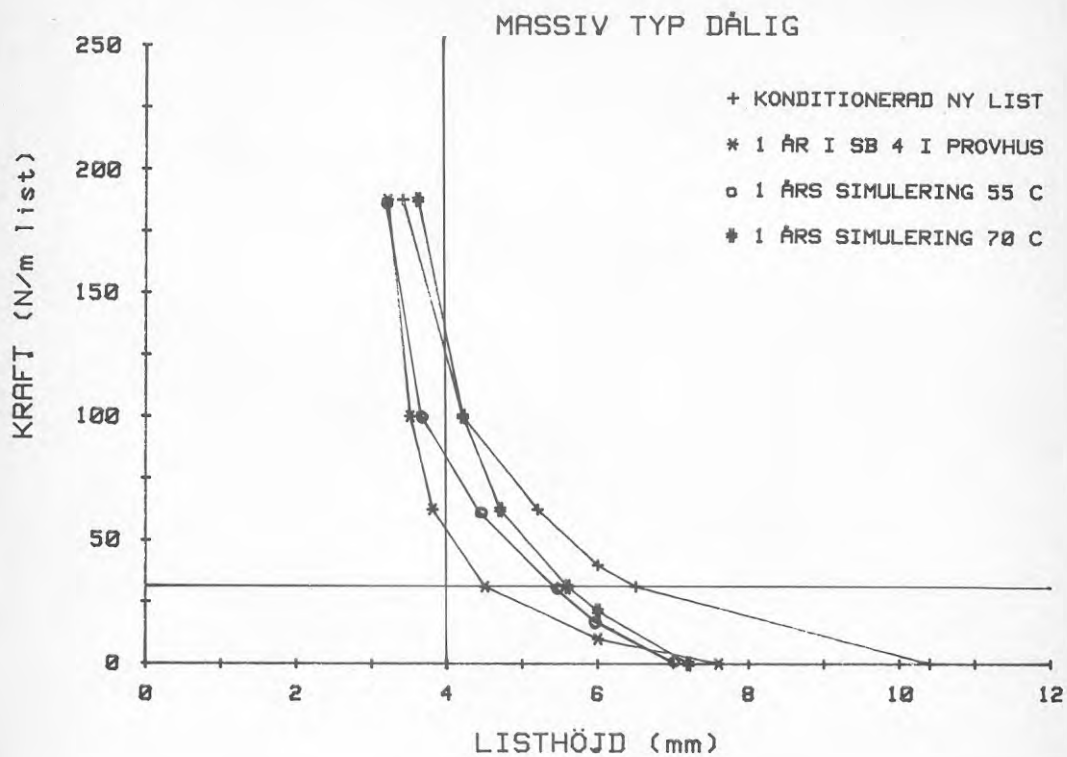
εF = flyttöjning i %

εB = brottöjning i %

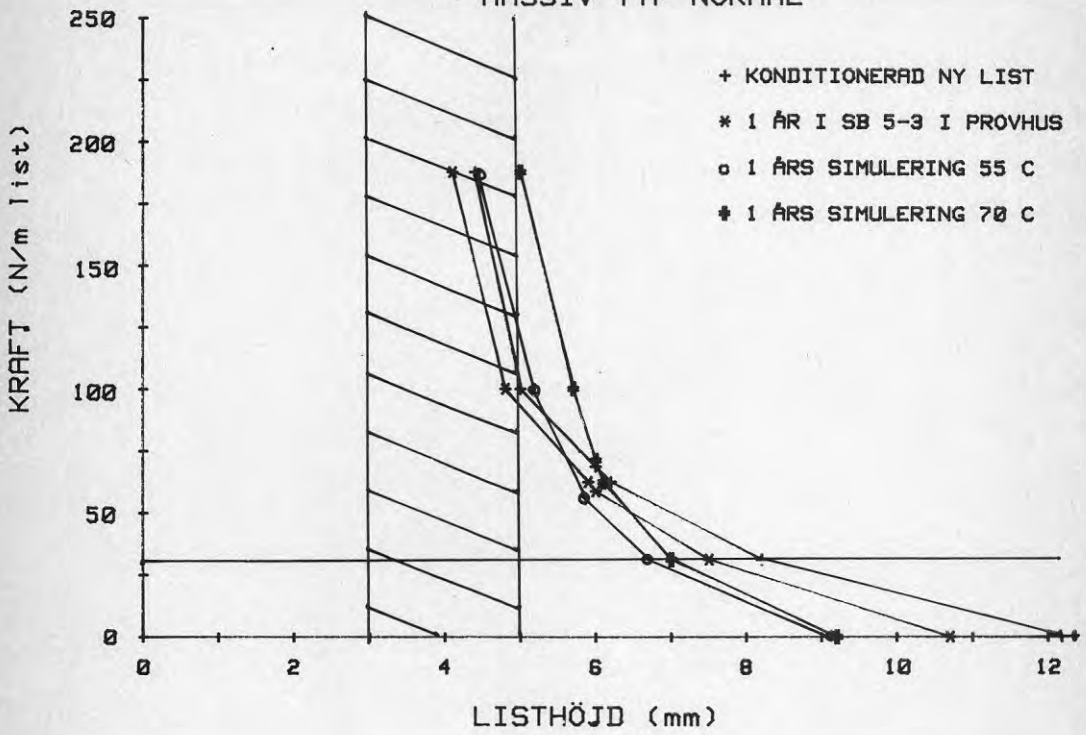
A = totalt brottarbete i kJ/m²A1 = elastiskt deformationsarbete i kJ/m²A2 = plastiskt deformationsarbete i kJ/m²

BILAGA 20

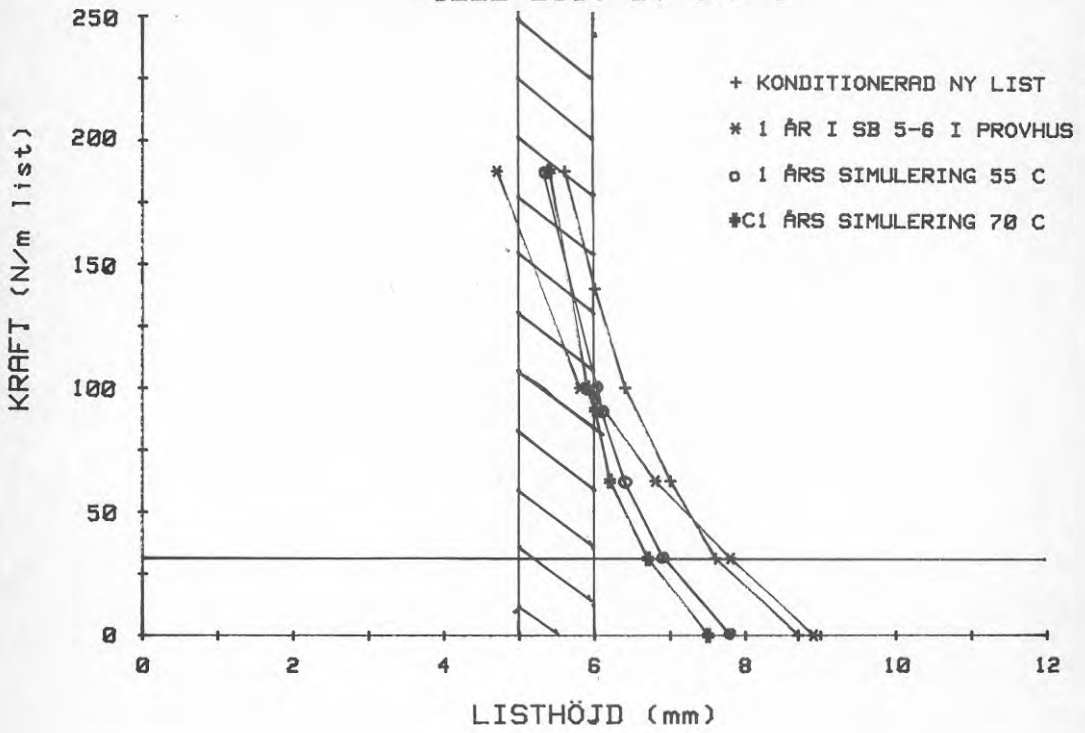
JÄMFÖRELSE MELLAN FÖRÄNDRINGAR EFTER 1 ÅR I PROVHUS
OCH EFTER LABORATORIEÅLDNING SOM ÄR AVSEDD MOTSVARA
1 ÅRS VERKLIG ÅLDNING



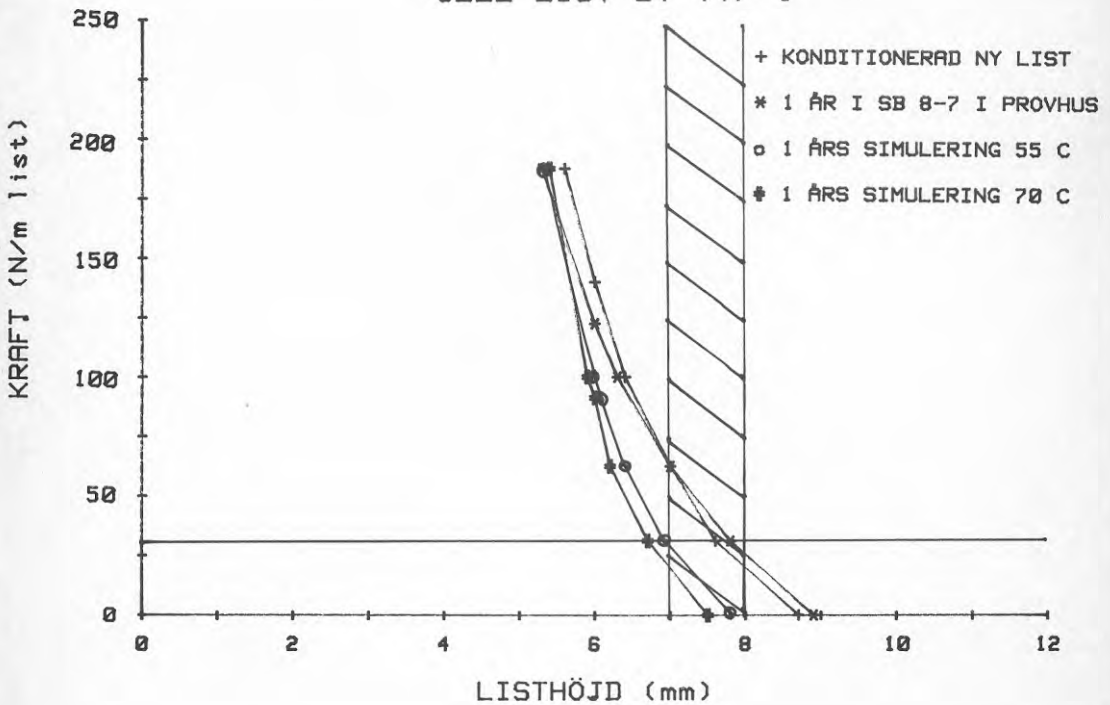
MASSIV TYP NORMAL



CELL-LIST BT TYP 1



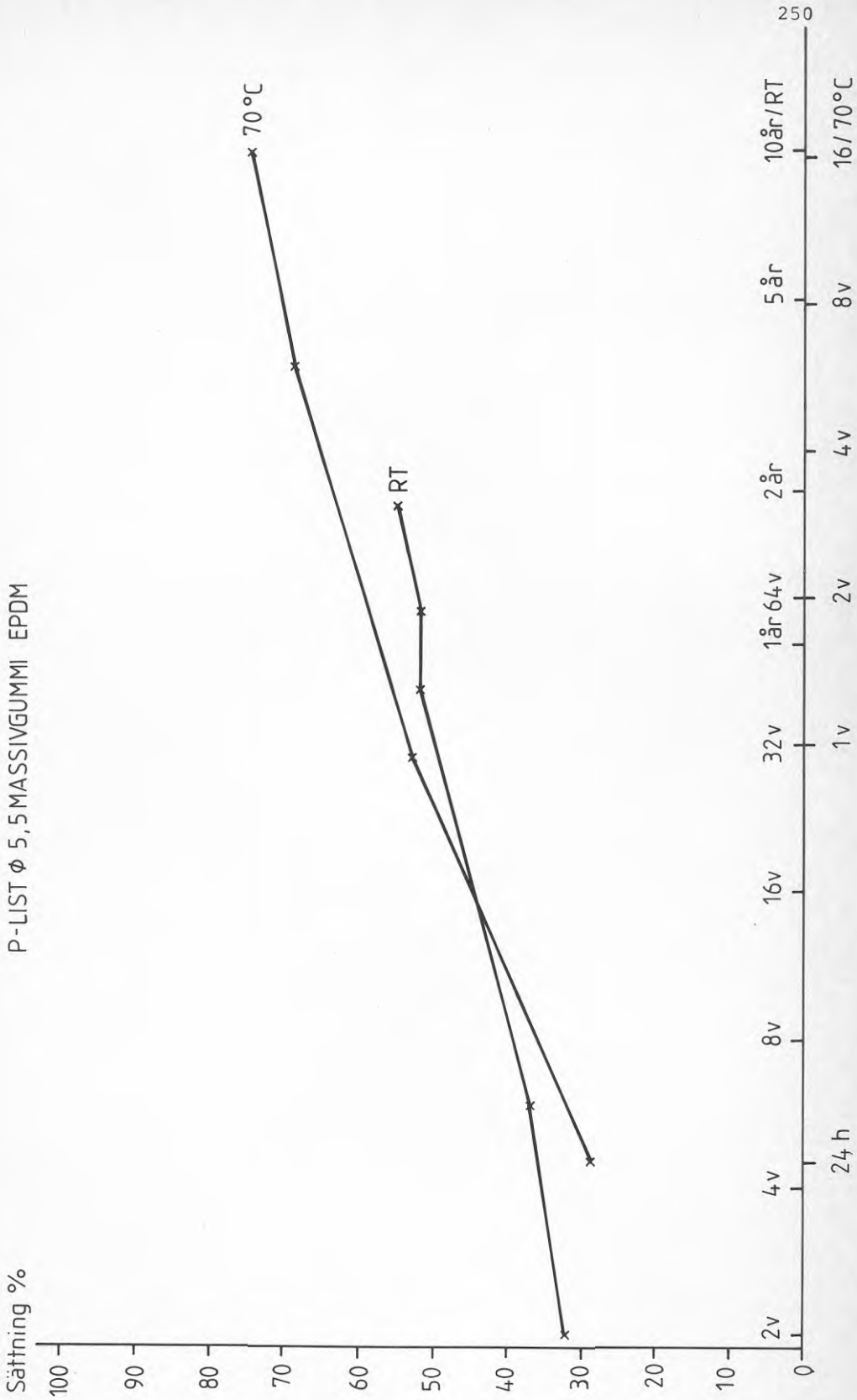
CELL-LIST BT TYP 1



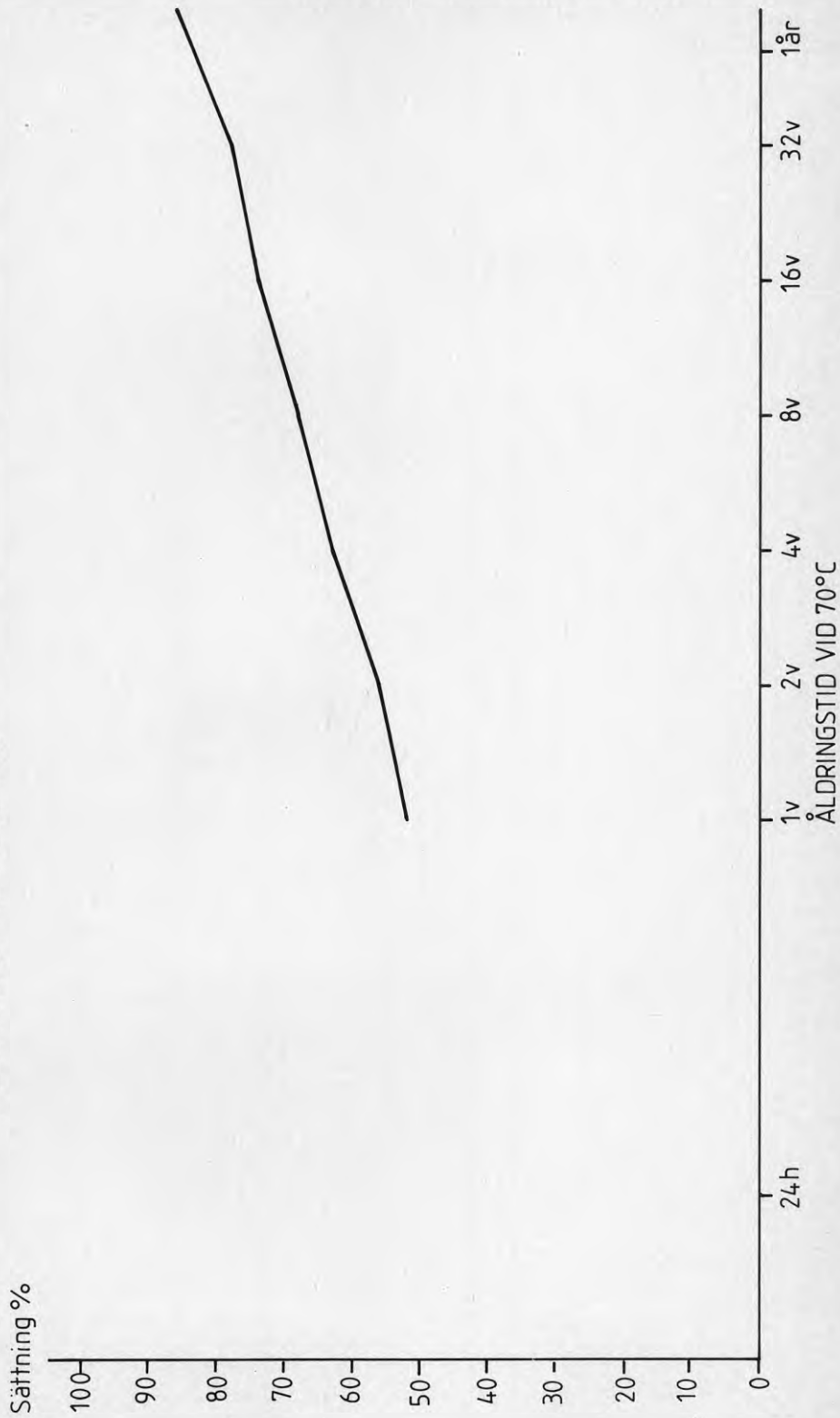
BILAGA 21

SÄTTNINGSFÖRÄNDRINGAR VID LABORATORIEALDRING AV
TÄTNINGSLISTER. RESULTAT FRÅN RYDAHOLMS GUMMIFABRIK AB.

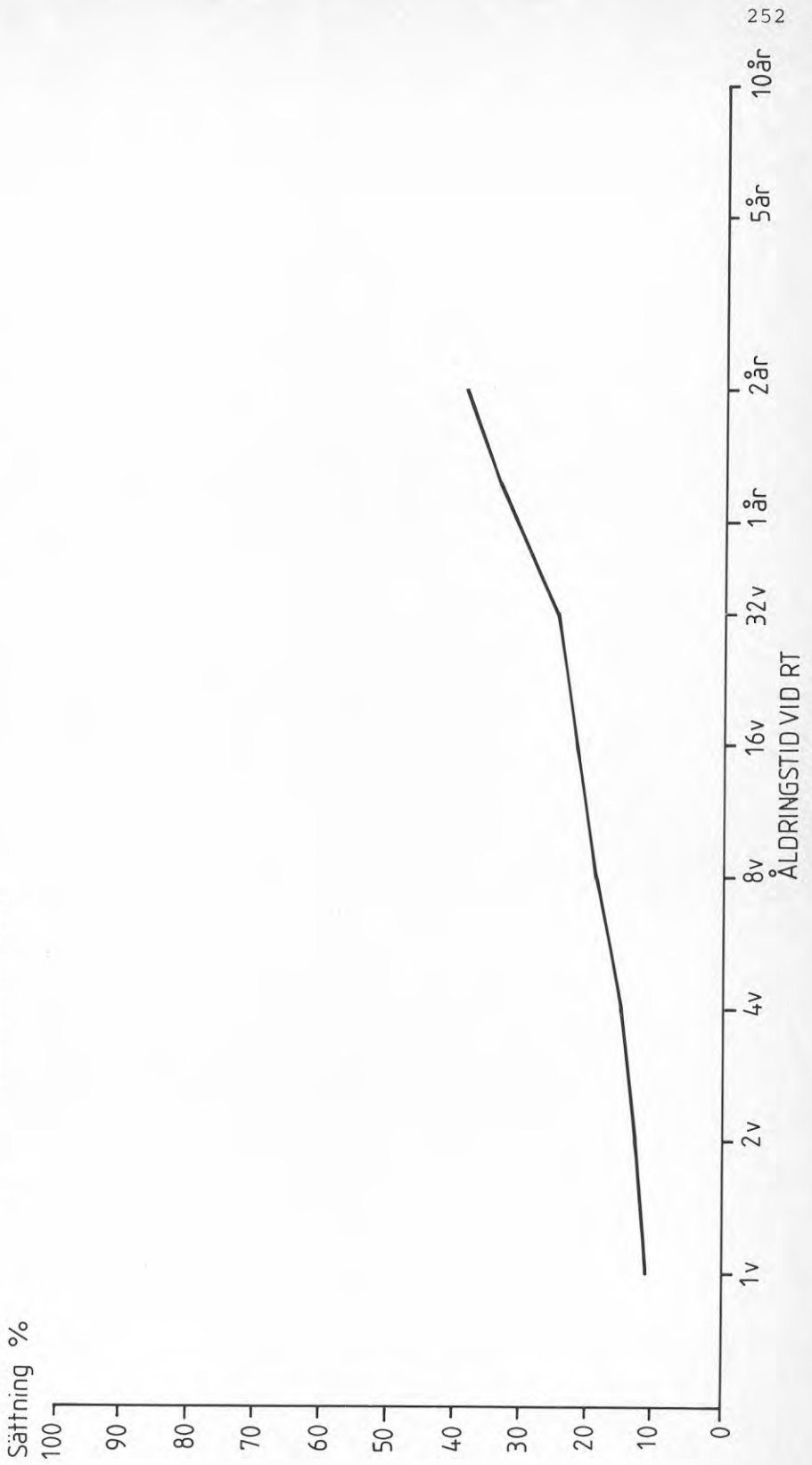
P-LIST ϕ 5,5 MASSIVGUMMI EPDM



P-LIST CELLGUMMI EPDM 6x9 mm



P - LIST CELLGUMMI EPDM







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790143-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Statens
provningsanstalt, Borås.**

R191: 1984

ISBN 91-540-4289-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704191

**Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner och material**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 55 kr exkl moms