



Forskning och
Utveckling

FOU 2001:58

TÄTHET HOS SKARVAR VID ÅTER- FYLLNING MED BEFINTLIGA MASSOR

*Gunnar Bergström, SP
Stefan Nilsson, SP
Sven-Erik Sällberg, SP*

TÄTHET HOS SKARVAR VID ÅTERFYLLNING MED BEFINTLIGA MASSOR

Gunnar Bergström, SP

Stefan Nilsson, SP

Sven-Erik Sällberg, SP

I rapportserien publicerar projektledaren resultaten från sitt projekt. Publiceringen innebär inte att Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB tagit ställning till slutsatserna och resultaten.

Sammanfattning

Föreliggande projekt har syftat till att undersöka hur dagens vanligaste skarvutförningsalternativ klarar påkänningarna från axiella rörelser genom grovkorniga kringfyllningsmaterial. Bakgrunden är en strävan att i möjligaste mån kunna återanvända uppgrävt schaktmaterial, sk. befintliga massor, som kringfyllning vid förläggning av fjärrvärmeledningar, något som skulle kunna leda till stora besparingar såväl ekonomiskt som miljömässigt. Befintliga massor kan emellertid innehålla större stenar som kan skada ledningen genom intrycks- och rivskador. Risken för detta är särskilt uppenbar vid skarvarna.

Tre olika skarvutföranden har utvärderats genom sandlådeprovning, i princip i enlighet med metodiken i SS-EN 489. Provningsen har genomförts med krossat naturgrus med största kornstorlekar 16, 32 respektive 63 mm som kringfyllning. De provade skarvtyperna har varit enkeltätande skjutmuff, dubbeltätande krympmuff samt elektrosvetsmuff. Dessa har valts för att fänga upp hela spektret med avseende på hållfasthet hos de idag på marknaden förekommande skarvalternativen: från den billigaste och enklaste skjutmuffen till den betydligt dyrare, men också betydligt starkare, elektrosvetsmuffen. Som komplement till de ordinära skarvarna har även ett par försök genomförts med en skjutmuff utvändigt skyddad med ett rundsvap av nätmatta. Nätmattan bestod av polyceten och var tillverkad av Franken Plastic i Tyskland.

Skarvarna har utsatts för fram- och återgående axiella förskjutningar av 75 mm längd tills läckage uppstått eller till maximalt 1000 förskjutningscykler. Med läckage avses här att en otäthet uppstår i mantelrörsskarven genom skador på hylsa eller krympförband.

Resultaten visar tydligt att nominellt sett starkare skarvutföranden klarar påfrestningarna från grova material bättre. Endast de elektrosvetsade skarvarna klarade provningen i samtliga kringfyllningsmaterial utan läckage. Krympmuffen gick till läckage efter 135 cykler i den mellangrova kringfyllningen och skjutmuffen höll inte mer än maximalt ca. 50 cykler i något fall. Skyddad med nätmatta klarade emellertid skjutmuffen hela provningen utan anmärkning. Om en skjutmuff med någon typ av yttre skydd kan påvisas ha en styrka och förväntad livslängd jämförbar eller till och med bättre än en svetshylsa, utgör detta ett klart billigare och därför mycket intressant alternativ.

Summary

The aim of this project has been the study of how today's common joint alternatives cope with the stresses that arise from axial movement through coarse grained backfill materials. The background for this is a desire to enable the reuse of excavated soil as backfill for the laying of district heating pipes, which would lead to considerable cost savings and environmental benefits. However, excavated soil may contain large stones which may cause indentation and tearing damage to the pipeline. The damage risk is particularly evident at the joints.

Three different joint alternatives were evaluated by the means of a sand box test, largely according to the method in EN 489. As backfill during the tests, crushed natural material with maximum grain sizes 16, 32 and 63 mm respectively was used. The joint alternatives used were a sealed oversize joint, a double-sealed shrinked joint and a fusion welded joint. These were chosen to cover the full spectrum with respect to strength of the joint systems available on the market today: from the cheapest and simplest oversize joint to the considerably more expensive, but also considerably stronger, fusion welded joint. Supplementing the ordinary joints, two tests were run with an oversize joint with a plastic net as external protection. The net was manufactured by Franken Plastic in Germany.

The joints were subjected to axial displacements of 75 mm length back and forth until a leakage was observed in the joint casing or shrinked seal, or up to a maximum of 1000 displacement cycles.

The results clearly show that nominally stronger joint systems manage the stresses from coarse materials better. Only the fusion welded joints withstood the test in all backfill types without leakage. The shrinked joint began to leak after 135 cycles in the medium coarse backfill, while the oversize joint did not last more than approximately 50 cycles in any of the cases. With the protective net, however, the oversize joint withstood the complete test. If an oversize joint with some kind of external protection can be shown to have a strength and expected life time comparable with, or even better than, a welded joint, it constitutes a significantly cheaper and thus very interesting alternative.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Skarvtyper på marknaden idag	3
2.1	Skjutmuff	3
2.2	Krympmuff	4
2.3	Flänshylsa	4
2.4	Svetsade skarvar	4
2.4.1	Elektrosvetsad skjuthylsa.....	4
2.4.2	Extrudersvetsad inpassningshylsa.....	5
3	Sandlådeprovning i grova kringfyllningsmaterial	6
3.1	Skarvutföranden.....	7
3.1.1	Enkeltätande skjutmuff	7
3.1.2	Dubbeltätande krympmuff	8
3.1.3	Elektrosvetsmuff	9
3.1.4	Nätmatta.....	10
3.2	Kringfyllningsmaterial	10
3.3	Provningsmetodik	12
3.3.1	Sandlåda.....	12
3.3.2	Fortlöpande täthetskontroll	13
4	Resultat från sandlådeförsök	16
4.1	Sammanfattning av resultaten.....	16
4.2	Skjutmuffar	17
4.2.1	Skjutmuff i 0 – 63 mm kringfyllning	17
4.2.2	Skjutmuff i 0 – 32 mm kringfyllning	19
4.2.3	Skjutmuff i 0 – 16 mm kringfyllning	21
4.2.4	Direktskummad skjutmuff i 0 – 63 mm kringfyllning	23
4.3	Krympmuffar	26
4.3.1	Krympmuff i 0 – 63 mm kringfyllning	26

4.3.2	Krympmuff i 0 – 32 mm kringfyllning	27
4.3.3	Krympmuff i 0 – 16 mm kringfyllning	29
4.4	Elektrosvetsmuffar	31
4.4.1	Elektrosvetsmuff i 0 – 63 mm kringfyllning	31
4.4.2	Elektrosvetsmuff i 0 – 32 mm kringfyllning	32
4.4.3	Elektrosvetsmuff i 0 – 16 mm kringfyllning	33
4.5	Skjutmuffar med nätmatta	35
4.5.1	Skjutmuff med nätmatta i 0 – 63 mm kringfyllning	35
4.5.2	Skjutmuff med nätmatta i 0 – 32 mm kringfyllning	36
5	Mekaniskt verkningssätt	38
6	Sammanfattande diskussion.....	43
7	Referenser	45
	Bilaga A – Resultat från sandlådeförsök	47
	Bilaga B – Tekniska data för provade skarvtyper.....	61

1 Inledning

Under 1996 – 97 genomfördes ett omfattande projekt, *Kulvertförläggning med befintliga massor* [4], vilket hade som syfte att undersöka möjligheterna att använda material uppschaktat från rörgraven som kringfyllning vid förläggning av fjärrvärmeledningar. Resultaten från projektet visade bland annat att förläggningskostnaderna i parkområden och naturmark skulle kunna minskas avsevärt om befintliga schaktmassor fick användas som kringfyllning, huvudsakligen till följd av minskade kostnader för transport av massor till och från arbetsplatsen. I innerstadsområden blev dock kostnadsminskningen inte lika påtaglig, då utrymmesbrist normalt omöjliggör mellanupplag av schaktmassor längs rörschaktet, vilket leder till att omfattande transporter normalt inte går att undvika.

I projektet ingick även en försöksdel, där skador och deformationer på fjärrvärmerör lagda i grova massor studerades. Försöken omfattade 18 st. rör av dimension DN 65/160, varav två st. försedda med skarvar, lagda i några olika typer av kringfyllningsmaterial med upp till 100 mm kornstorlek. Under försöken utsattes rören för kraftig trafikbelastning och några av dem även för axiella förskjutningar motsvarande de som kan uppträda vid temperaturväxlingar i fjärrvärmenätet. Inget av de skarvförsedda rören utsattes emellertid för axiella förskjutningar.

Resultaten från försöken var positiva och de ledde till att rekommendationerna avseende maximal kornstorlek hos kringfyllningen i Fjärrvärmeföreningens lägningsanvisningar ändrades; från de tidigare 8 mm [12] till nuvarande 16 mm med enstaka partiklar på 50 mm [1]. De nuvarande lägningsanvisningarna innehåller emellertid ett förbehåll avseende skarvarna. Större partiklar än 16 mm får ej förekomma "...invid mantelrörsskarvar, såvida dessa ej påvisats ha tillräcklig hållfasthet." Anledningen till detta är att skarvarnas hållfasthet vid axiella ledningsrörelser genom olika typer av kringfyllningsmaterial aldrig klarlagts ordentligt. De utvärderingar som gjorts är i regel genomförda enligt den metod som beskrivs i produktstandarden för fjärrvärmerörs-skarvar SS-EN 489 [10], vilket innebär att skarvarna provas i ett sandmaterial med maximal kornstorlek 4 mm och en sammansättning som normalt inte återfinns hos naturliga material.

Om de rationaliseringsvinster som kan uppnås genom återanvändning av befintligt schaktmaterial skall kunna utnyttjas fullt ut, måste även skarvarna kunna förläggas utan alltför mycket kringarrangemang. Av denna anledning har föreliggande projekt genomförts, med målsättningen att utvärdera hållfastheten hos några av de vanligast förekom-

mande skarvtyperna vid axiella rörelser genom grovkornig kringfyllning, samt lämna rekommendationer om hur skarvförbanden kan förbättras eller vilka hänsyn som måste tas vid kringfyllning av skarvarna. Resultaten avser att tjäna som kunskapsbas för fjärrvärmebranschen vid utformning av tekniska riktlinjer och för tillverkare vid utveckling av säkra skarvsystem.

Projektet har omfattat sandlådeprovning av följande skarvtyper:

- Enkeltätande skjutmuff
- Dubbeltätande krypmuff
- Elektrosvetsmuff
- Enkeltätande skjutmuff utvändigt skyddad med nätmatta

Provningsmetodiken följer i stort SS-EN 489, med skillnaderna att betydligt grövre kringfyllningsmaterial har använts samt att en metod för fortlöpande täthetskontroll av skarvarna har utvecklats som gör det möjligt att bestämma hur många fram- och återgående rörelser skarven klarar innan den börjar läcka. De olika kringfyllningsmaterial som använts har varit krossat naturgrus med kornstorlekar 0 – 16 mm, 0 – 32 mm respektive 0 – 63 mm.

Projektet som finansierats av Svenska Fjärrvärmeföreningen och Statens Energimyndighet, är initierat av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, enheten för Mekanik, Göteborg, som också utfört projektarbetet. I projektets referensgrupp har ingått Göran Johansson, Powerpipe Systems; Sven Liedberg, Skanska Teknik; Niclas de Lorenzi, Birka Energi; Ture Nordenswan, Svenska Fjärrvärmeföreningen samt Stefan Siewertz, Uppsala Energi.

2 Skarvtyper på marknaden idag

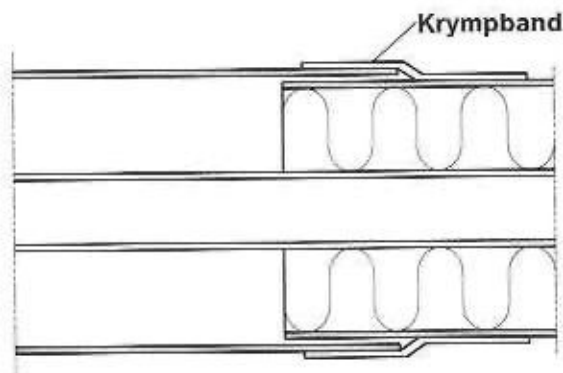
Ett antal olika skarvutformningsalternativ finns för närvarande tillgängliga på marknaden, och de vanligaste sammanfattas nedan. Gemensamt för samtliga typer, fränsett de svetsade alternativen, är att den tätande funktionen uppfylls med hjälp av någon typ av polymer- eller bitumenbaserat smältlim, sk. mastik.

De vanligast förekommande skarvarna är krympförbandsalternativen, i synnerhet för klenare dimensioner, och flänshylsan. Svetsade skarvsystem tilldrar sig emellertid allt större intresse. De är förvisso dyrare än de enklare krympförbanden, men är starkare och ger en säkrare funktion.

Samtliga skarvalternativ enligt nedan kan isoleras med såväl direktskumning som prefabricerade skumhalvor.

2.1 SKJUTMUFF

Den enklaste typen av skarvutförande är en så kallad skjutmuff, som består av en skjut-hylsa med något större diameter än mantelröret som tätas med krympförband, Figur 2.1.



Figur 2.1 Schematisk bild av en skjutmuff tätad med krympband.
Schematic view of a sealed oversized joint.

Förbandet utgörs normalt av krympband av PEX (tvärbunden polyeten) som tätas med mastik. PEX-bandet krymper med en gasollåga som samtidigt smälter mastiken.

Hylsan består vanligen av ett polyetenrör. Ett alternativ till detta kan vara att svepa en tunn plåt runt skarven och täta med ett PEX-svep som täcker hela skarvens längd, en så kallad krympmatta.

I stället för krympband och krympmatta kan någon typ av krympslang användas. Denna träs då över rörändarna före svetsningen av medieröret och skjuts sedan över hylsan och krymps på motsvarande vis.

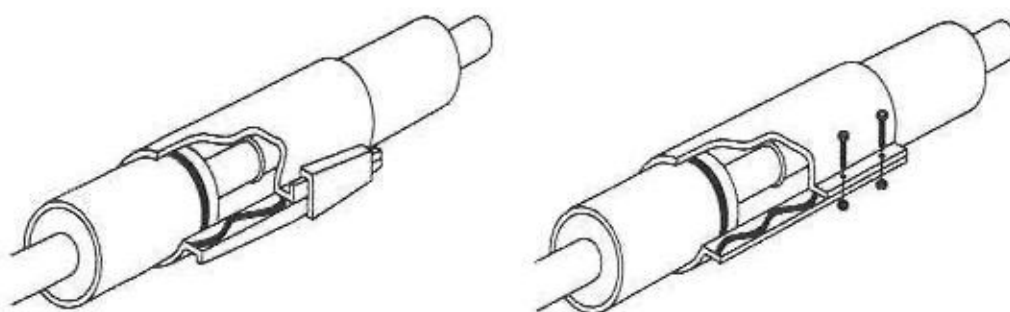
2.2 KRYMPMUFF

En snarlik variant på ovanstående är så kallade "allt-i-ett"-skarvar, där hylsan i sig är krympbar och tätningen med smältlim sker direkt mellan denna och mantelröret. Extra krympband används således inte. Hylsan är i detta fall normalt tillverkad av PEX.

Ett något mer påkostat utförande är dubbeltätande system, med smältlim både under en krympbar hylsa och under krympband i ändarna.

2.3 FLÄNSHYLSA

Ett skarvutförande som använts i stor omfattning är så kallad kil- respektive flänshylsa, Figur 2.2. En sådan består av två st. överlappande halvor av stålplåt som sammanfogas med skruv- eller kilförband.



Figur 2.2 Kil- respektive flänshylsa. Bild från [1].
Steel joints. Picture from [1].

Mellan plåthalvorna och mantelröret appliceras tätningsmassa som pressas samman då de båda halvorna spänns ihop.

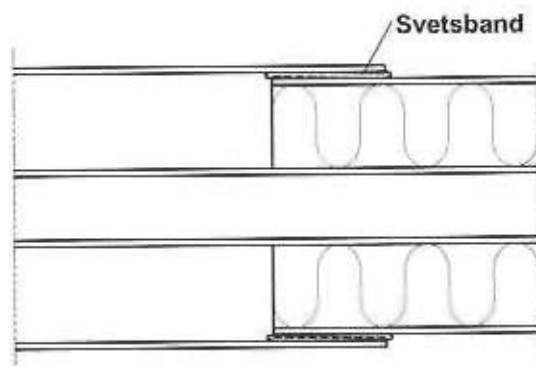
2.4 SVETSADE SKARVAR

Bland de svetsade skarvarna kan särskiljas två olika utförandecalternativ; dels med skjuthylsor som elektrosvetsas mot mantelrör och dels slitsade inpassningshylsor som extrudersvetsas.

2.4.1 Elektrosvetsad skjuthylsa

Den elektrosvetsade skjuthylsan är utformad i princip på samma sätt som de krympförbandslösningar som diskuteras ovan, Figur 2.3. I stället för smältlim appliceras emellertid ett elsvetsband, ofta i form av ett metallnät, mellan mantelröret och skarvhylsan. Ge-

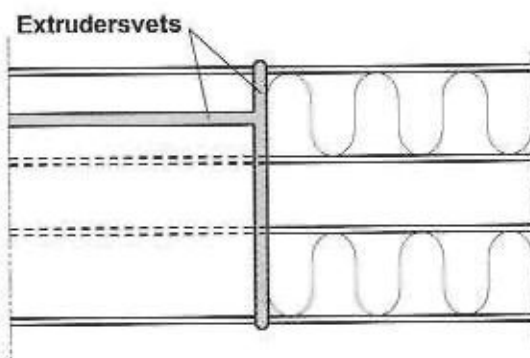
nom att krympa ner skarvhylsan med en gasollåga och köra en elektrisk ström genom svetsbandet smälts hylsa och mantelrör samman till en homogen svetsfog.



Figur 2.3 Schematisk bild av elektrosvetsskarv.
Schematic view of a fusion welded joint.

2.4.2 Extrudersvetsad inpassningshylsa

Alternativet till elektrosvetsning är att extrudersvetsa en inpassningshylsa mot mantelröret, Figur 2.4. Inpassningshylsan har samma ytterdiameter som mantelröret, och kan således inte utföras som en skjuthylsa utan måste slitas i längsled, vilket gör att även en längsgående svets måste läggas.



Figur 2.4 Schematisk bild av en extrudersvetsad skarv.
Schematic view of an extrusion welded joint.

Det förekommer även en hybrid mellan de två svetsningsalternativen. Det är en slitsad hylsa som elektrosvetsas ovanpå mantelröret, där svetstrycket åstadkoms med hjälp av spännband. Slitsen fogas sedan samman med en extruderad längsgående svets.

3 Sandlådeprovning i grova kringfyllningsmaterial

Tätheten hos några olika huvudtyper av skarvar har studerats genom sandlådeprovning i grovkornig kringfyllning. Den i försöken använda metoden för att prova fjärrvärmerörsskarvarna genom att förskjuta dessa fram och åter i en sandlåda fylld med olika grova kringfyllningsmaterial följer i stort produktstandarden SS-EN 489 [10]. Standarden har emellertid frångåtts vad gäller dimensionerna på sandlådan och temperaturen på medieröret, som har hållits vid rumstemperatur istället för de i standarden specificerade +120 °C.

De skarvtyper som provats är enkeltätande skjutmuff, dubbeltätande krympmuff samt elektrosvetsmuff. Dessa har valts för att täcka in hela spektret från skjutmuffen, som är den enklaste skarvutformningen, till den mer påkostade, och nominellt sett starkaste, svetsade skarvhylsan. Tekniska specifikationer för de olika skarvalternativen finns återgivna i bilaga B.

Tre olika kringfyllningsmaterial har använts med 16 mm, 32 mm respektive 63 mm maximal kornstorlek. 16 mm motsvarar specifikationerna i Fjärrvärmeföreningens läggningsanvisningar [1] avseende maximal kornstorlek. Detta kan jämföras med den sand med 4 mm maximal kornstorlek som normalt används vid skarvprovning enligt SS-EN 489.

Kringfyllningen har under provningen belastats med ett statiskt yttryck så att jordtrycket mot skarven motsvarat tyngden av 1 m överfyllning med ett material med tungheten 18 kN/m³. Den axiella förskjutningens längd har varit 75 mm med en hastighet framåt på 10 mm/min och bakåt på 50 mm/min.

Enligt metoden i SS-EN 489 kontrolleras skarvens täthet efter avslutat sandlådeprov genom nedsänkning i vatten med ett övertryck på 30 kPa (3 mvp). I föreliggande projekt har skarvarnas täthet istället kontrollerats fortlöpande under sandlådeprovningens gång, genom att ett undertryck på 30 kPa hållits i ett luftutrymme i skarven. Genom att kontinuerligt övervaka trycket i luftutrymmet kunde tidpunkten för ett eventuellt läckage genom skarvförbandet bestämmas.

Skarvarna isolerades med prefabricerade PUR-skålar. Detta för att underlätta den fortlöpande täthetskontrollen som kräver att en viss luftvolym finns att tillgå inuti skarven, se vidare avsnitt 3.3.2. Samtliga skarvar monterades av en av Svenska Fjärrvärmeföreningens auktoriserad skarvmontör.

En skarv av vardera typen kördes i vart och ett av de olika kringfyllningsmaterialen. För att klargöra eventuella skillnader i hållfasthet mellan prefabisolerade och direktskummade skarvar kördes också en direktskummad skarv av typen enkeltätande skjutmuff i det grövsta kringfyllningsmaterialet. Dessutom kördes den enkeltätande skjutmuffen försedd med en skyddande nätmatta av skummad polyeten i 0 – 63 och 0 – 32 mm-materialen.

3.1 SKARVUTFÖRANDEN

Till försöken användes skarvar monterade på 12 st. 2400 mm långa fjärrvärmerör av dimension DN 65/160 med mått enl. Tabell 3.1.

Tabell 3.1 Fjärrvärmerörets mått enligt SS-EN 253 [9].

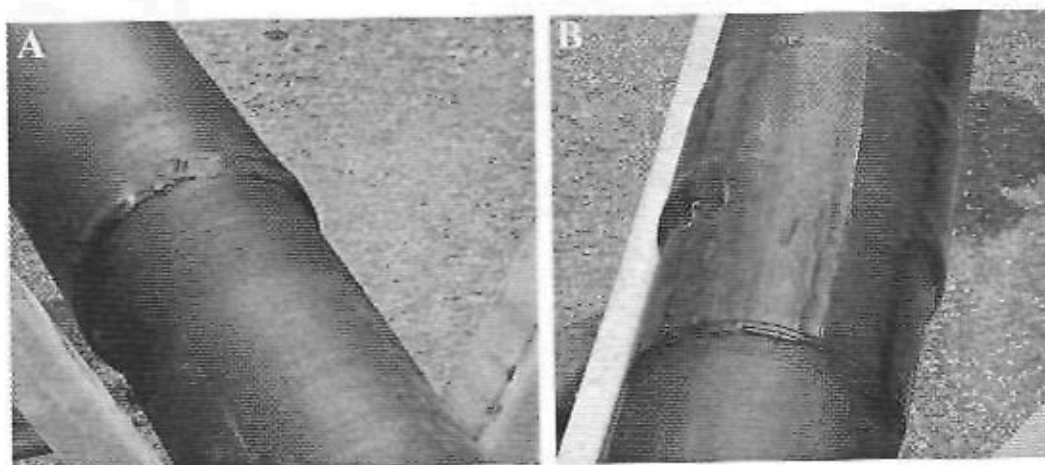
Dimensions of the district heating pipe according to SS-EN 253 [9].

DN 65/160	Ytterdiameter mm	Godstjocklek mm
Medierör	76,1	2,9
Mantelrör	160	3,0

3.1.1 Enkeltätande skjutmuff

De enkeltätande skjutmuffskarvarna bestod av HDPE-hylsor som tätades i ändarna med mastikbelagda krympförband av PEX. Se bilaga B för tekniska specifikationer.

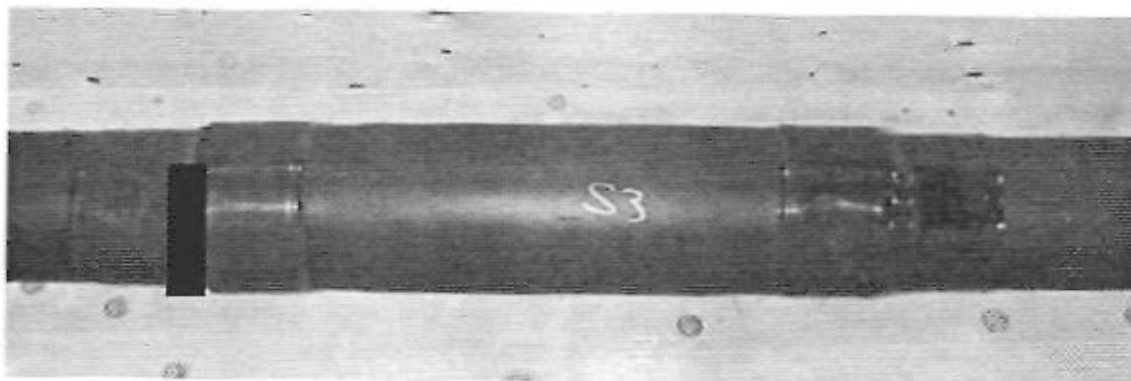
Bilderna i Figur 3.1 visar en skarv med skjutmuff vid två tillfällen under montagearbetet. På den vänstra bilden ses skjuthylsan monterad över skarven och på den högra bilden har även krympförbandet och låslappen applicerats. Figur 3.2 visar en färdigmonterad skarv.



Figur 3.1 Skjutmuffskarv under montagearbetet: A) Hylsan skjuten på plats.

B) Krympbandet nedkrympt.

Sealed oversize joint during assembly work: A) Joint casing in place. B) Shrink wrap shrinked.

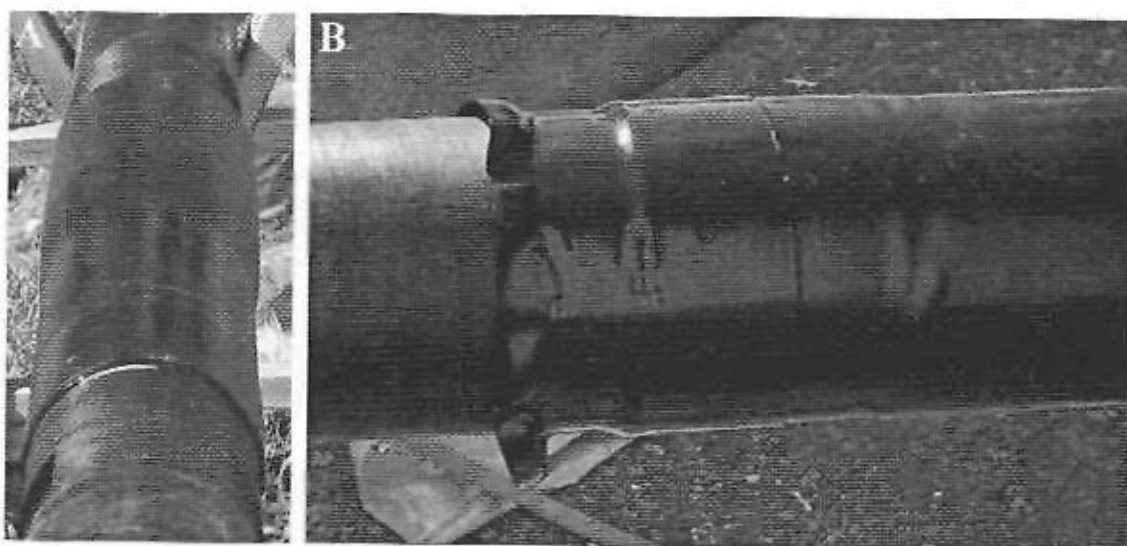


*Figur 3.2 Färdig skjutmuffskarv.
Complete sealed oversize joint.*

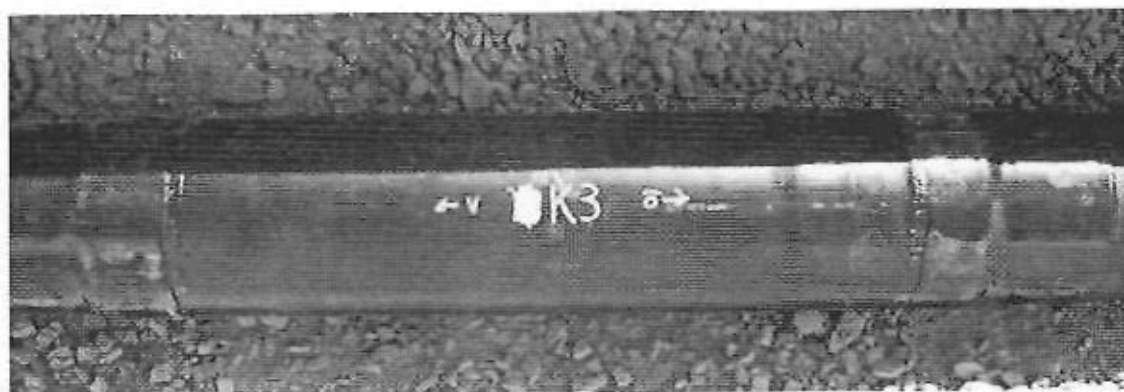
3.1.2 Dubbeltätande krympmuff

Till skarvarna med dubbeltätande krympmuffar användes krympbara HDPE-hylsor invändigt belagda med mastik. Efter att hylsorna skjutits på plats krymptes de med hjälp av en gasollåga. Utanpå hylsan applicerades därefter en krympslang av PEX. Se bilaga B för tekniska specifikationer.

Vänstra bilden i Figur 3.3 visar en skarv där krympmuffen krympts på plats. Den högra bilden visar skarven i slutskedet av monteringen då en av krympslangarna delvis krympts på plats. I Figur 3.4 visas en färdigmonterad skarv.



*Figur 3.3 Krympmuffskarv under montagearbetet: A) Hylsan delvis nedkrympt.
B) Krympslangen delvis nedkrympt.
Double-sealed shrink joint during assembly work: A) Joint casing partly shrinked.
B) Shrink sleeve partly shrinked.*

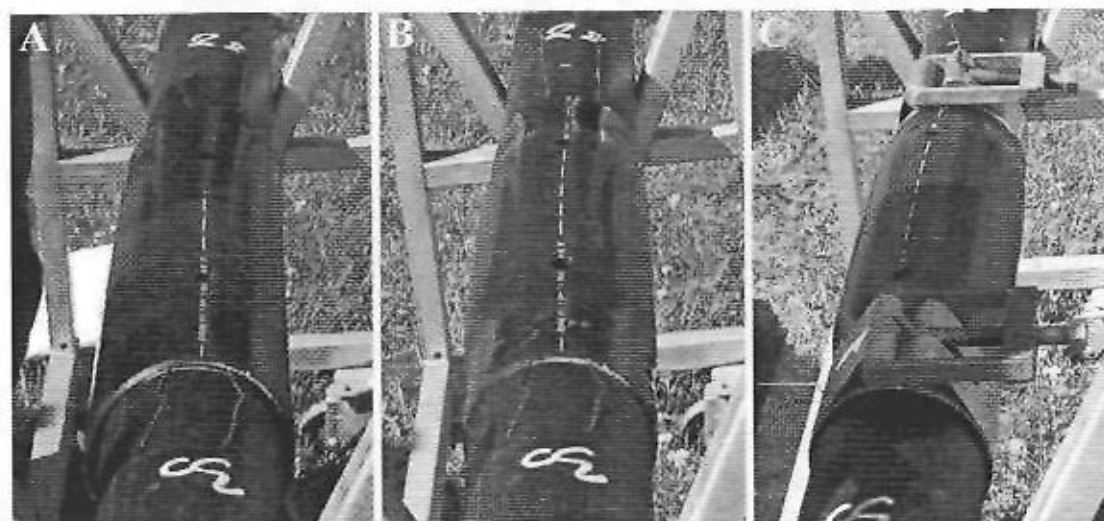


Figur 3.4 Färdig dubbeltätande krympmuffskarv.
Complete double-sealed shrunk joint.

3.1.3 Elektrosvetsmuff

Elektrosvetsmuffarna bestod av HDPE-hylsor som trädde över skarven varefter ändarna krymptes genom värmning med gasollåga. Under var ände på krymphylsan hade ett ca. 35 mm brett svetsband av kopparnät spikats fast runt mantelröret. Efter att hylsändarna krympts placerades spännband över dessa varpå svetsbanden spänningssattes. Genom värmen som uppstod i svetsbanden när ström passerade genom dessa smälte mantelrör och hylsa samman. Se bilaga B för tekniska specifikationer.

Bildsekvensen i Figur 3.5 visar skarven före och efter det att hylsan krympts samt med spännbanden monterade. Figur 3.6 visar en färdigmonterad skarv med elsvetsmuff.



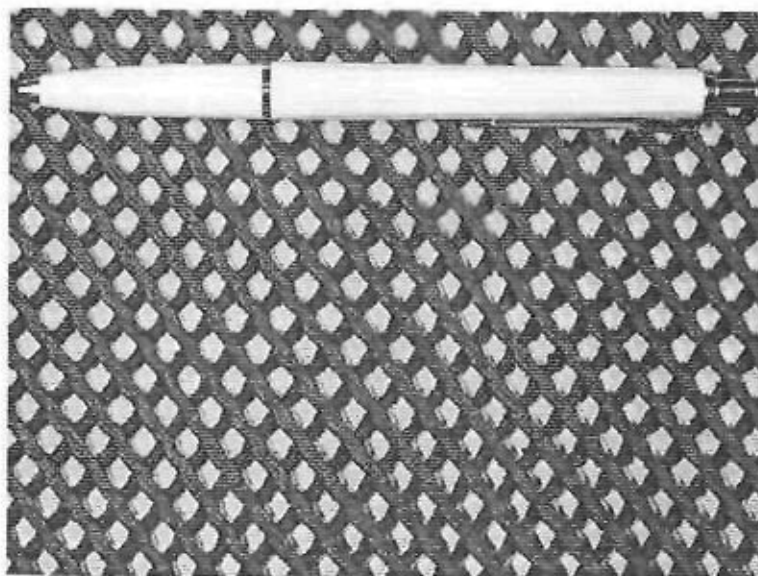
Figur 3.5. Elektrosvetsmuff under montagearbetet: A) Hylsan skjuten på plats.
B) Hylsans ändar nedkrympta. C) Spännband på plats inför svetsning.
Fusion welded joint during assembly work: A) Joint casing in place. B) Casing ends shrunk. C) Clamps in place before welding.



Figur 3.6 Färdig elektrosvetsmuffskarv.
Complete fusion welded joint.

3.1.4 Nätmatta

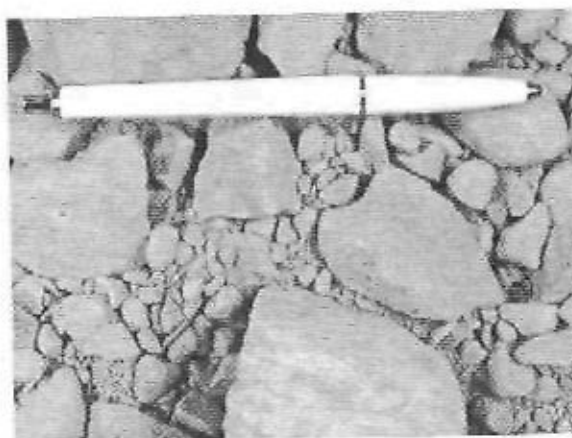
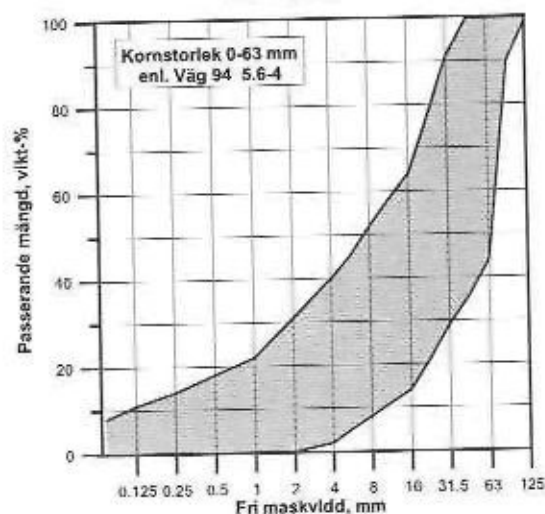
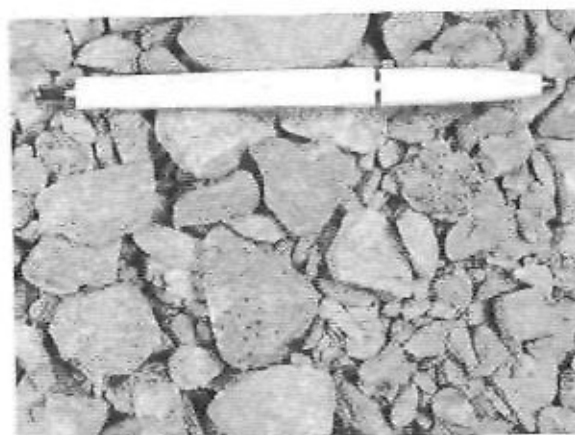
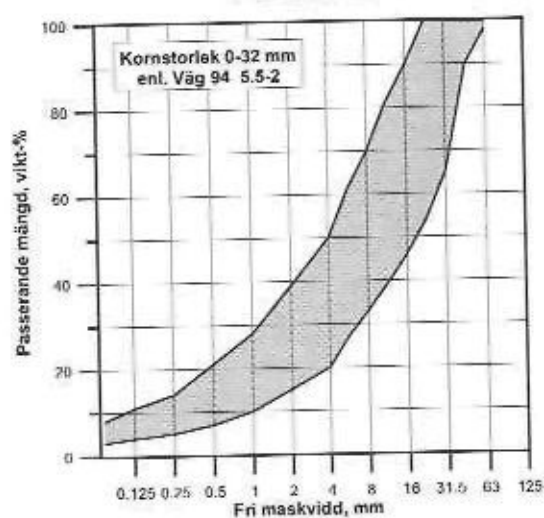
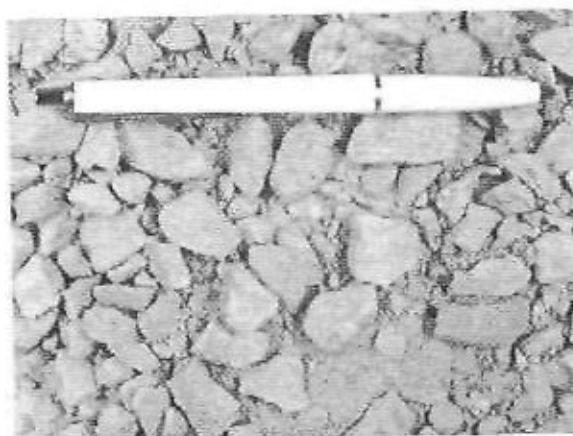
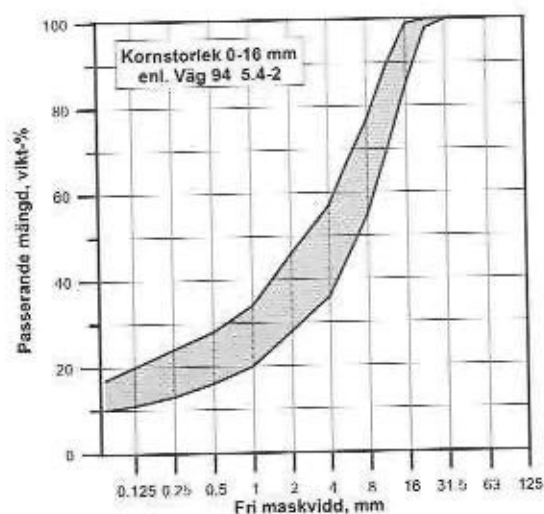
Nätmattan som användes vid två av körningarna bestod av skummad polyeten, och utgjordes av två skikt parallella polyetentrådar, ca. 3 mm i diameter, som sammanfogats i ca. 73 ° vinkel mot varandra. Nätets maskvidd var ca. 5 mm, Figur 3.7. Nätmattan tillverkas av Franken Plastic i Tyskland.



Figur 3.7 Nätmatta av skummad polyeten.
Protective net of foamed polyethylene.

3.2 KRINGFYLLNINGSMATERIAL

Som kringfyllningsmaterial vid försöken användes krossat naturgrus med kornstorlekarna 0 – 63 mm, 0 – 32 mm och 0 – 16 mm. Materialen specificerades vid leverans som gruslitage 0–16, bärlager 0–32 samt förstärkningslager 0–63 enligt Väg 94, del 5 [11]. Kornfördelningsgränserna för dessa visas i Figur 3.8.



Figur 3.8 Siktcurvor för kornfördelningsgränser enligt Väg 94 del 5 [11] samt fotografier av använda kringfyllningsmaterial.
Grading curves for grain size distribution limits according to Väg 94 part 5 [11] and photographs of utilized backfill materials.

För att kunna bestämma packningsgraden under sandlådeprovningarna har den maximala torrdensiteten hos respektive kringfyllningsmaterial tagits fram. Värdena, som redovisas i Tabell 3.2, är framtagna genom laboratorieprov och beräkningar enligt den

modifierade Proctormetoden, vilken resultatmässigt motsvarar tung laboratoriestampning enligt Svensk Standard SIS 02 71 09 [7] samt beräkningssätt enligt SIS 02 71 08 [8].

Tabell 3.2 *Maximala torrdensiteter.*
Maximum dry densities.

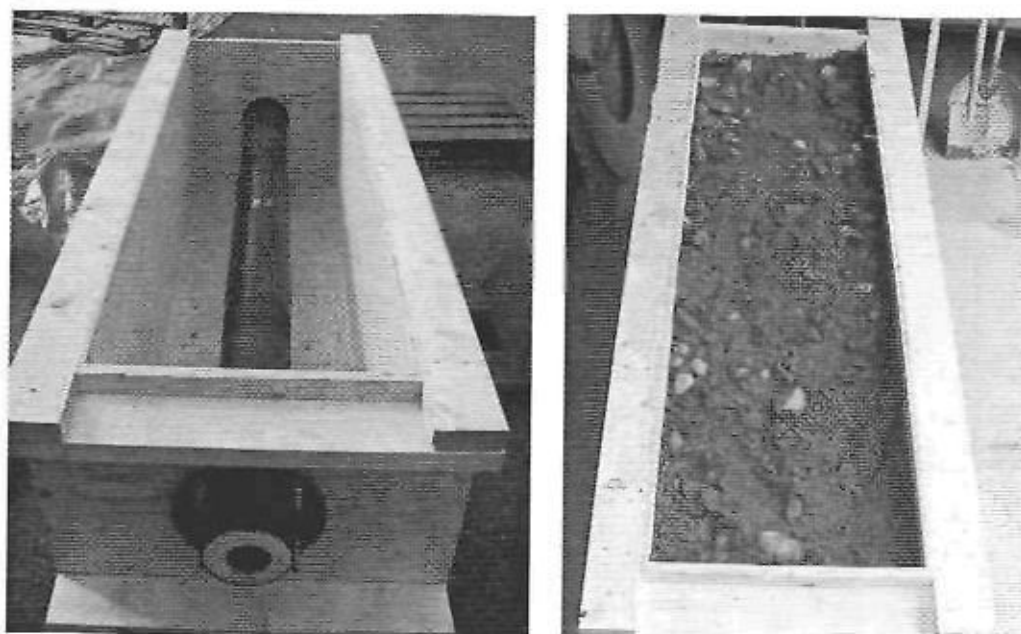
Kornstorlek mm	Maximal torrdensitet ton/m ³
0 – 16	2,21
0 – 32	2,25
0 – 63	2,30

Vid försöken packades kringfyllningen i sandlådan till ca. 80 – 90 % packningsgrad, dvs. torrdensiteten var 80 – 90 % av den maximala densiteten enligt Tabell 3.2. Kringfyllningens vattenkvot var under försöken i storleksordningen 5 %. Se bilaga B för detaljer angående respektive prov.

3.3 PROVNINGSMETODIK

3.3.1 Sandlåda

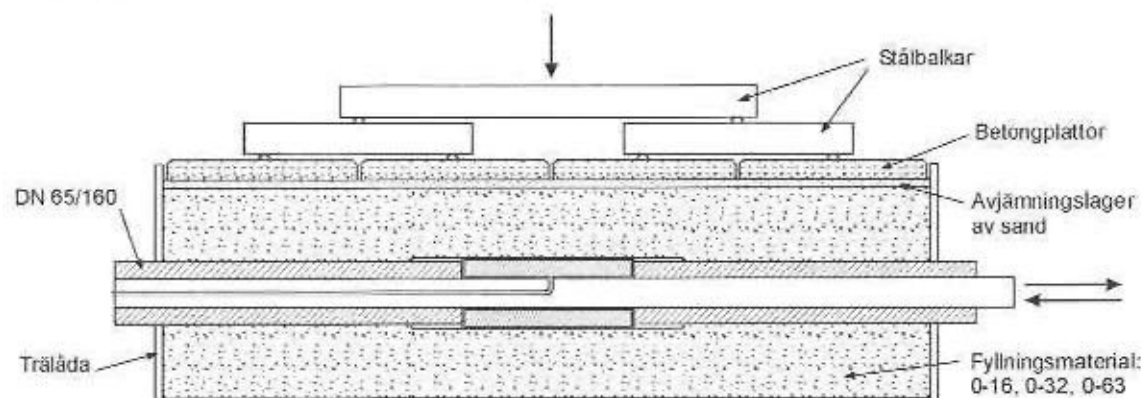
Sandlådan utfördes som en träkista med invändiga mått $1,97 \times 0,56 \times 0,60$ m³ (L × B × H), Figur 3.9. Kistans dimensioner i tvärsektionen är något mindre än vad som specificeras vid standardprovning enligt SS-EN 489. Förhållandena mellan rörets ytterdiameter och över-, under- respektive sidofyllnad är emellertid ungefär desamma som vid standardprovning av ett 200 mm-rör.



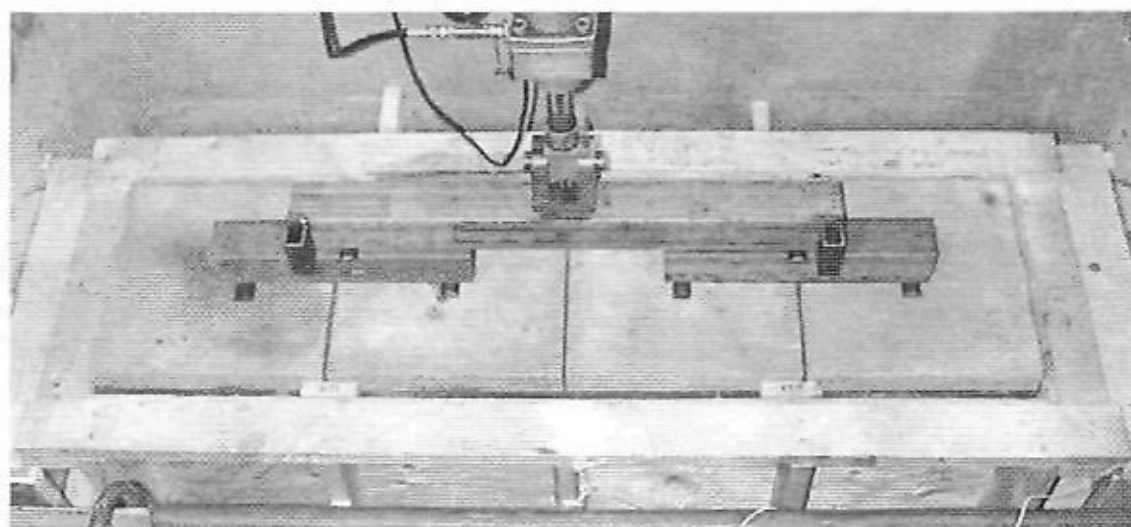
Figur 3.9 *Träkista och skarv med och utan fyllning.*
Wooden box and joint with and without backfill.

De axiella förskjutningarna fram och åter åstadkoms med hjälp av en hydraulisk domkraft ansluten till rörets ena ände. Yttrycket på kringfyllningen skapades även det med hjälp av en hydraulisk domkraft monterad ovanför trälådan. Trycket fördelades över

lådans yta med hjälp av ett balksystem och fyra betongplattor som vilade på ett avjämningslager av sand, se Figur 3.10 och Figur 3.11.



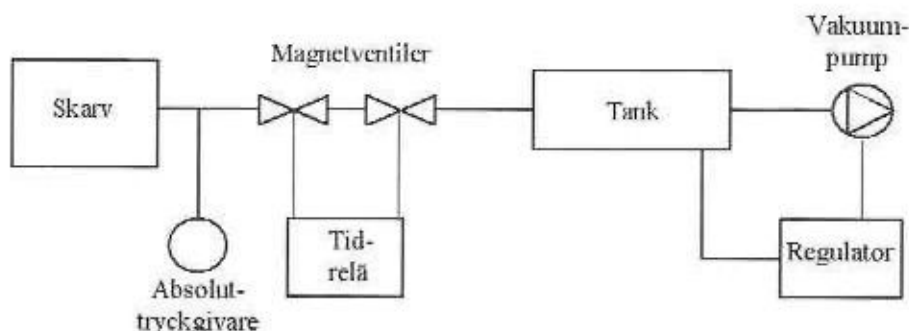
Figur 3.10 Skiss över provningsuppställning för sandlådeprovning.
Drawing of test arrangement for sand box test.



Figur 3.11 Provningsuppställning för sandlådeprovning.
Arrangement for sand box test.

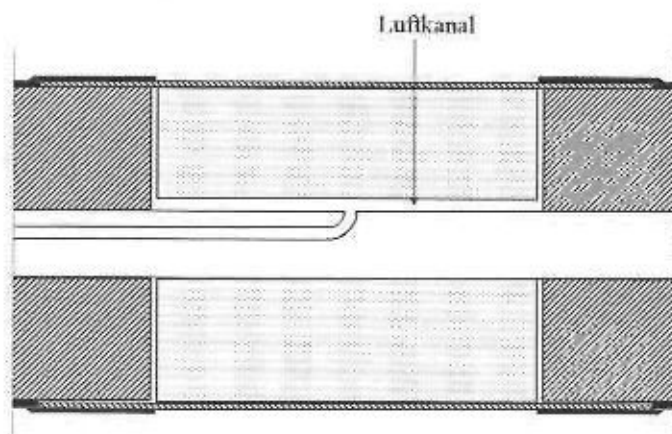
3.3.2 Fortlöpande täthetskontroll

Under sandlådeprovningens gång kontrollerades skarvens täthet fortlöpande genom att ett undertryck åstadkoms i ett luftutrymme inuti skarven och trycknivån i detta mättes. Mätning och reglering av trycket i skarven sköttes med hjälp av utrustningen som beskrivs schematiskt i Figur 3.12. Utrustningen delades upp i två från varandra skilda kretsar med hjälp av tidsstyrda magnetventiler. I vakuumtanken, till höger om magnetventilerna i figuren nedan, hölls kontinuerligt ett undertryck på 30 kPa relativt atmosfärstrycket. Med hjälp av ett tidrelä öppnades magnetventilerna med jämna tidsintervall så att trycknivån även i skarvutrymmet återfördes till -30 kPa. Då skarven börjar läcka, stiger trycket i skarvutrymmet. Hur högt trycket stiger mellan ventilöppningstillfällena ger en indikation på läckagets storlek. Trycket i skarvutrymmet mättes kontinuerligt med en absoluttrycksgivare.



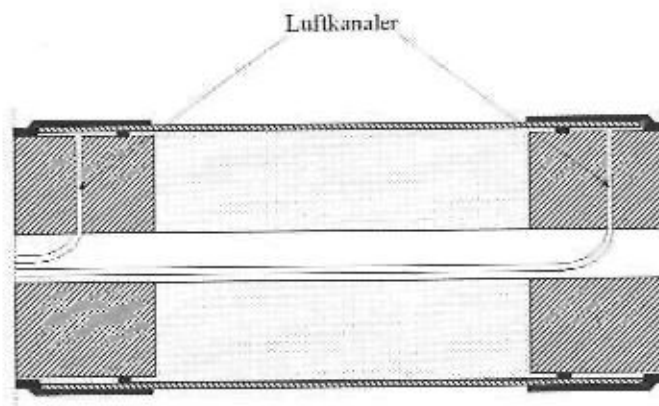
Figur 3.12 Mätrets för fortlöpande täthetskontroll.
Measuring circuit for continuous tightness control.

Skarvutrymmet anslöts till mätretsen via ett kopparrör som drogs inuti medieröret och stacks upp genom detta och löddes fast. Luftutrymmet i skarven arrangerades genom att de prefabricerade isoleringsskålarna skars till något vid montage så att luft kunde flöda obehindrat från ett läckage genom mantelrörsförbandet till kopparrörsanslutningen, Figur 3.13.



Figur 3.13 Luftutrymme för tryckmätning i skarv isolerad med PUR-skålar.
Air volume for pressure measurement in joint insulated with PUR half-shells.

I den skummade skjutmuffskarven fanns ingen möjlighet att åstadkomma någon luftvolym i själva skarvutrymmet. Här arrangerades istället en liten luftvolym innanför mantelrörsförbandet mellan skarvhylsan och mantelröret. Två st O-ringar av gummi monterades mellan hylsan och mantelröret för att hindra att skummet fyller ut hela vägen fram till mantelrörsförbandet. Till respektive luftficka anslöts plastslangar som drogs ut invändigt genom medieröret, Figur 3.14.



*Figur 3.14 Luftutrymme för tryckmätning i direktskummad skarv.
Air volume for pressure measurement in foamed joint.*

4 Resultat från sandlådeförsök

4.1 SAMMANFATTNING AV RESULTATEN

För den enklaste skarvtypen, enkeltätande skjutmuff, ses ett tydligt samband mellan maximal kornstorlek hos kringfyllningen och antal cykler till läckage. Ju grövre kringfyllning, desto snabbare börjar skarven läcka. I det grövsta materialet höll skjutmuffen endast fem förskjutningscykler. Ett något starkare beteende tycks erhållas om skarven isoleras med direktskumning istället för med prefabricerade halvskålar. Hos samtliga skjutmuffar har läckage skett genom rivskador i krympförbandet i anslutning till skarvhylsans ändar. I en direktskummad skarv gör skjuvkraftöverföringen i skarven genom skummet att belastningarna på krympförbandet minskar.

Tabell 4.1 Sammanfattning av provresultaten.
Summary of test results.

Skarvtyp	Kringfyllning mm	Packningsgrad %	Antal cykler till läckage	Antal cykler totalt
Skjutmuff	0 – 63	–	5	100
	0 – 32	81	28	120
	0 – 16	83	30	130
direktskummad med nätmatta	0 – 63	89	56	148
	0 – 63	87	förblev tät	1000
	0 – 32	82	förblev tät	1000
Krympmuff	0 – 63	–	förblev tät	1400
	0 – 32	84	135	1000
	0 – 16	85	förblev tät	1000
Elektrosvetsmuff	0 – 63	84	förblev tät	1200
	0 – 32	82	förblev tät	1000
	0 – 16	84	förblev tät	1000

Den dubbeltätande krympmuffen har uppvisat läckage endast i det mellangrova kringfyllningsmaterialet (0 – 32 mm). Detta har skett genom att det yttre krympförbandet först deformerats så kraftigt att krymphylsans ände blottlagts. Därefter har sand trängt in

mellan mantelröret och krymphylsan. Hos samtliga provade dubbeltätande krympmuffar har det yttre krympförbandet deformerats avsevärt och den dubbeltätande funktionen har fullständigt åsidosatts. Den kraftiga deformationen av det yttre förbandet har emellertid gjort att kringfyllningen "skyfflats undan" från skarven och således bidragit till att krymphylsan i de flesta fall förblivit helt intakt.

Inga läckage har observerats hos de elektrosvetsade skarvhylsorna. De har emellertid inte förblivit helt oskadade. I samtliga fall har skarvhylsan fläkts upp något utanför elektrosvetsbandet. Ingenting tyder dock på att svetsen skadats.

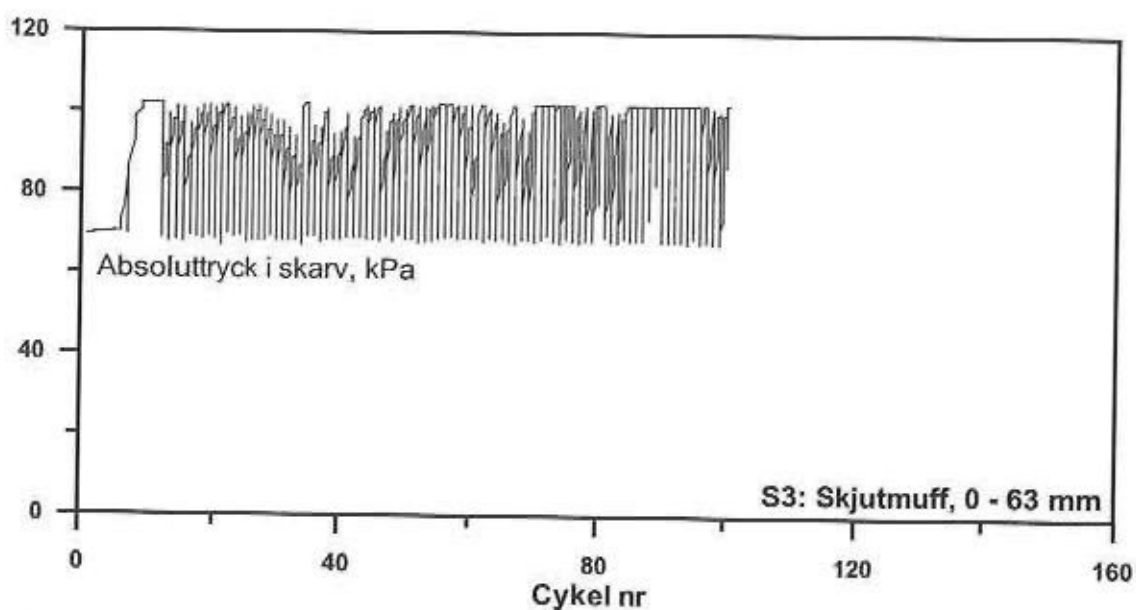
Den nätmatta av skummad polyeten som använts vid två av försöken har visat sig ge ett mycket gott skydd för skarven. De skjutmuffar som körts med nätmatta i de två grävsta materialen har klarat 1000 förskjutningscykler utan läckage och utan några tydliga skador. Nätmattan låses fast av kringfyllningen och när rörledningen rör sig glider skarven inuti nätet och kommer inte i kontakt med grövre partiklar än vad nätets maskvidd, i detta fall ca. 5 mm, släpper igenom. Att nätmattan ligger stilla bekräftas av att inga hålrum i kringfyllningen orsakade av omfördelning av grusmaterialet runt om röret uppstått under försöken med nätmatta. I övriga fall har skarvens fram- och återgående rörelse gjort att fyllningsmaterial rasat ned från rörets ovansida och packats till under röret och vid skarvens vändlägen.

4.2 SKJUTMUFFAR

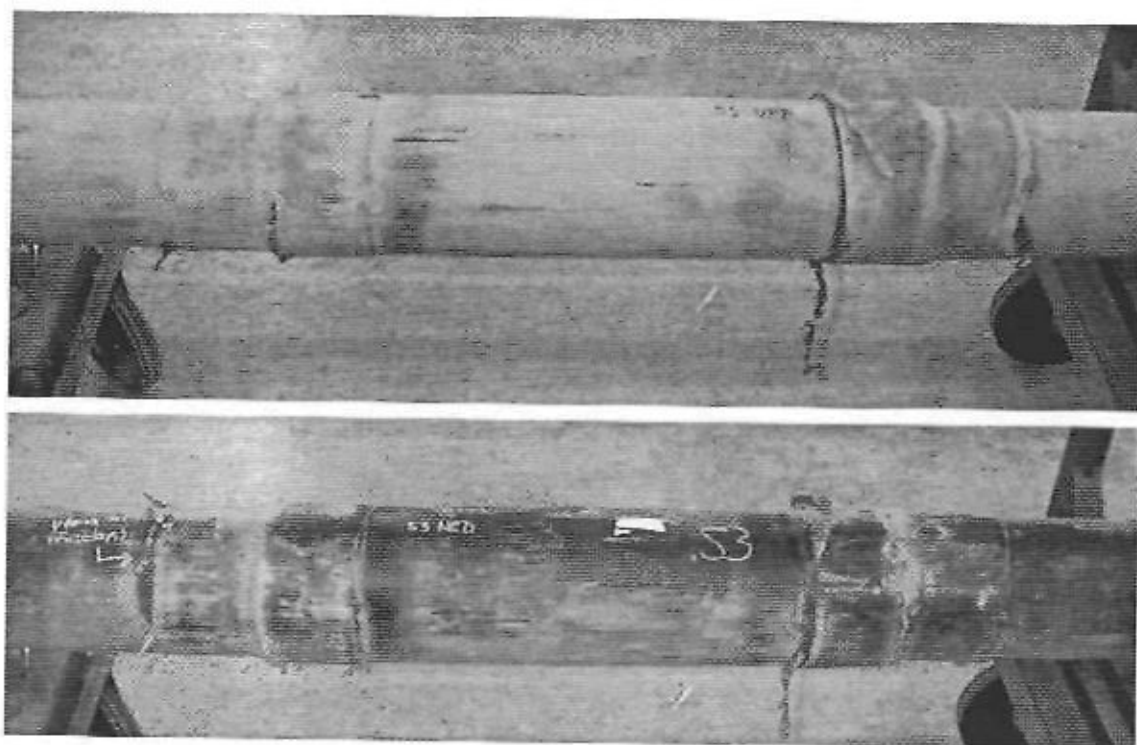
4.2.1 Skjutmuff i 0 – 63 mm kringfyllning

Skjutmuffen i 0 – 63 mm kringfyllning började läcka redan under den sjätte förskjutningscykeln, såsom visas i Figur 4.1 nedan. Kurvan visar absoluttrycket uppmätt inuti skarvutrymmet. Vid försökets början ligger trycket på ca. 70 kPa. Under den 6:e cykeln börjar emellertid trycket stiga hastigt, vilket är ett tydligt tecken på att skarven börjat läcka. Efter avslutat försök fylldes skarven med spårgas och med hjälp av en elektronisk sniffer konstaterades att läckage skett genom en rivskada i krympbandet vid dimensionsövergången mellan mantelröret och den något större skjutmuffen, Figur 4.2 - Figur 4.3.

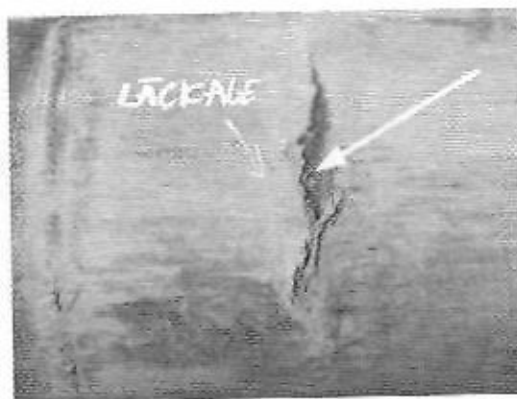
Under försökets gång hade en viss omfördelning av kringfyllningsmaterialet skett så att ett litet hålrum utbildats på rörets ovansida i anslutning till ena skarvförbandet, Figur 4.4. Detta orsakas av att kringfyllningen, då röret rör sig fram och åter, faller ned runt röret. Konsekvensen blir att kringfyllningen helt eller delvis försvinner från ett område vid rörets ovansida och att packningsgraden under röret stiger.



*Figur 4.1 Uppmätt absoluttryck inuti skarvutrymmet för skjutmuff i 0 – 63 mm. Trycket börjar stiga hastigt under den 6:e förskjutningcykeln.
Measured absolute pressure inside sealed oversize joint in 0 – 63 mm. The pressure starts to rise during the 6:th displacement cycle.*



*Figur 4.2 Skjutmuff efter 100 cykler i 0 – 63 mm.
Sealed oversize joint after 100 cycles in 0 – 63 mm.*



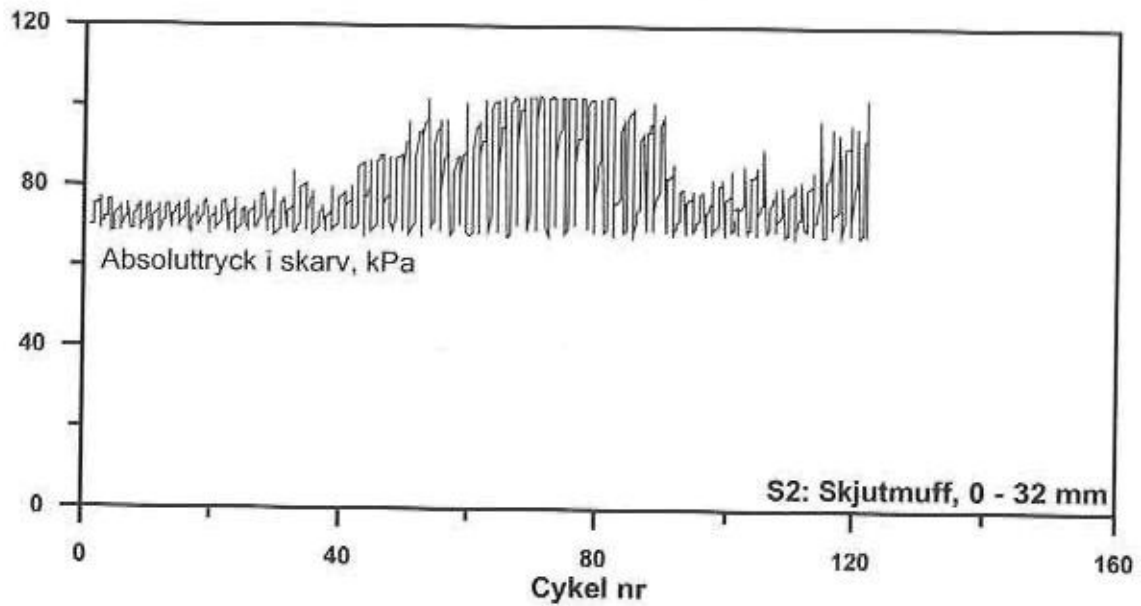
*Figur 4.3 Läckageskada på skjutmuff efter 100 cykler i 0 – 63 mm.
Leaking damage on sealed oversize joint after 100 cycles in 0 – 63 mm.*



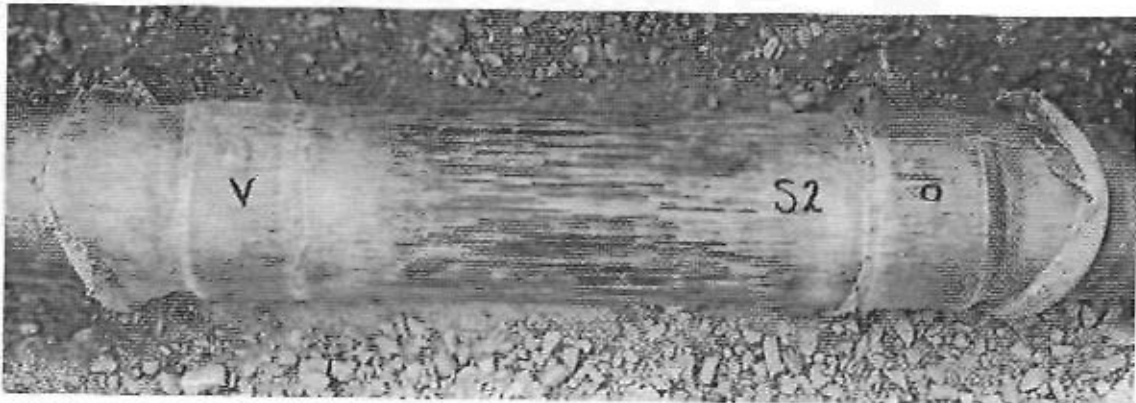
*Figur 4.4 Hålrum till följd av omfördelning av kringfyllningsmaterial. Skjutmuff efter 100 cykler i 0 – 63 mm.
Cavity caused by redistribution of backfill material. Sealed oversize joint after 100 cycles in 0 – 63 mm.*

4.2.2 Skjutmuff i 0 – 32 mm kringfyllning

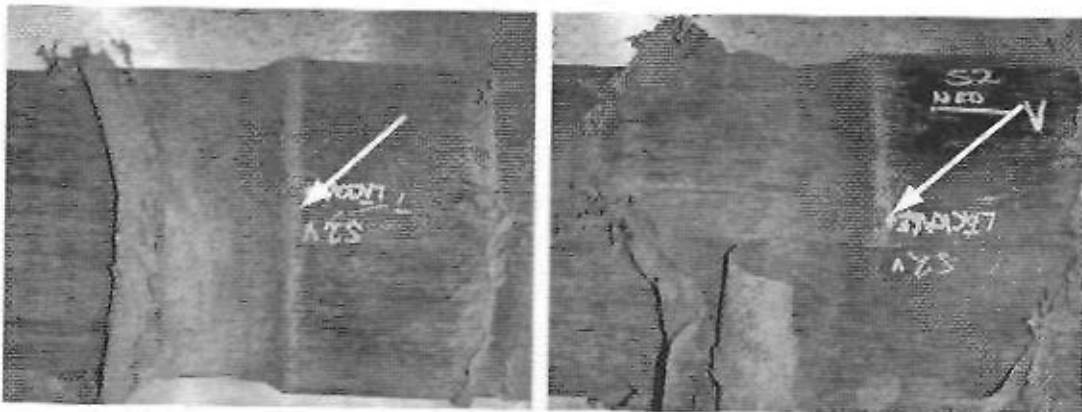
I 0 – 32 mm kringfyllning höll skjutmuffen tätt i 28 förskjutningscykler. Efter avslutat försök kontrollerades skarven med spårgas och sniffer och det konstaterades att läckage skett på två ställen genom rivskador i krympbandet vid dimensionsövergången mellan mantelröret och den något större skjutmuffen, Figur 4.6 - Figur 4.7. I Figur 4.5 kan ses att läckaget tillfälligt avtar något mellan cykler 90 – 120. Detta beror sannolikt på att de skador som uppstått på krympbandet genom vilka läckaget sker med tiden delvis igen-
satts med sand.



Figur 4.5 Uppmätt absoluttryck inuti skarvutrymmet för skjutmuff i 0 – 32 mm. Trycket börjar stiga första gången under den 29:e förskjutningscykeln.
Measured absolute pressure inside sealed oversize joint in 0 – 32 mm. The pressure starts to rise for the first time during the 29:th displacement cycle.



Figur 4.6 Skjutmuff efter 120 cykler i 0 – 32 mm.
Sealed oversize joint after 120 cycles in 0 – 32 mm.

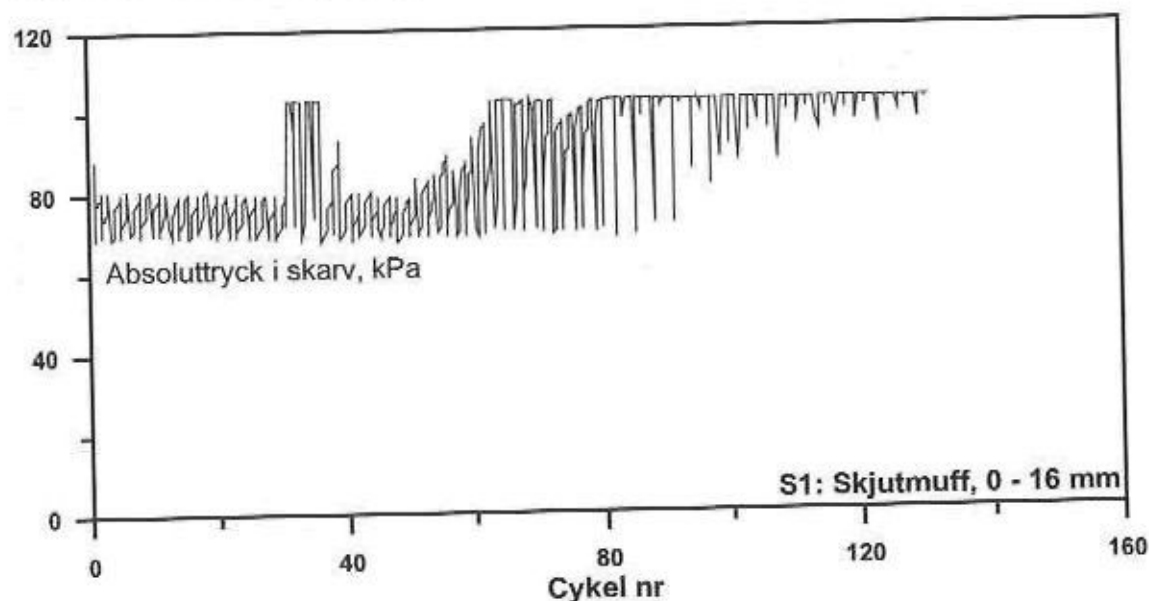


Figur 4.7 Läckageskador på skjutmuff efter 120 cykler i 0 – 32.
Leaking damages on sealed oversize joint after 120 cycles in 0 – 32.

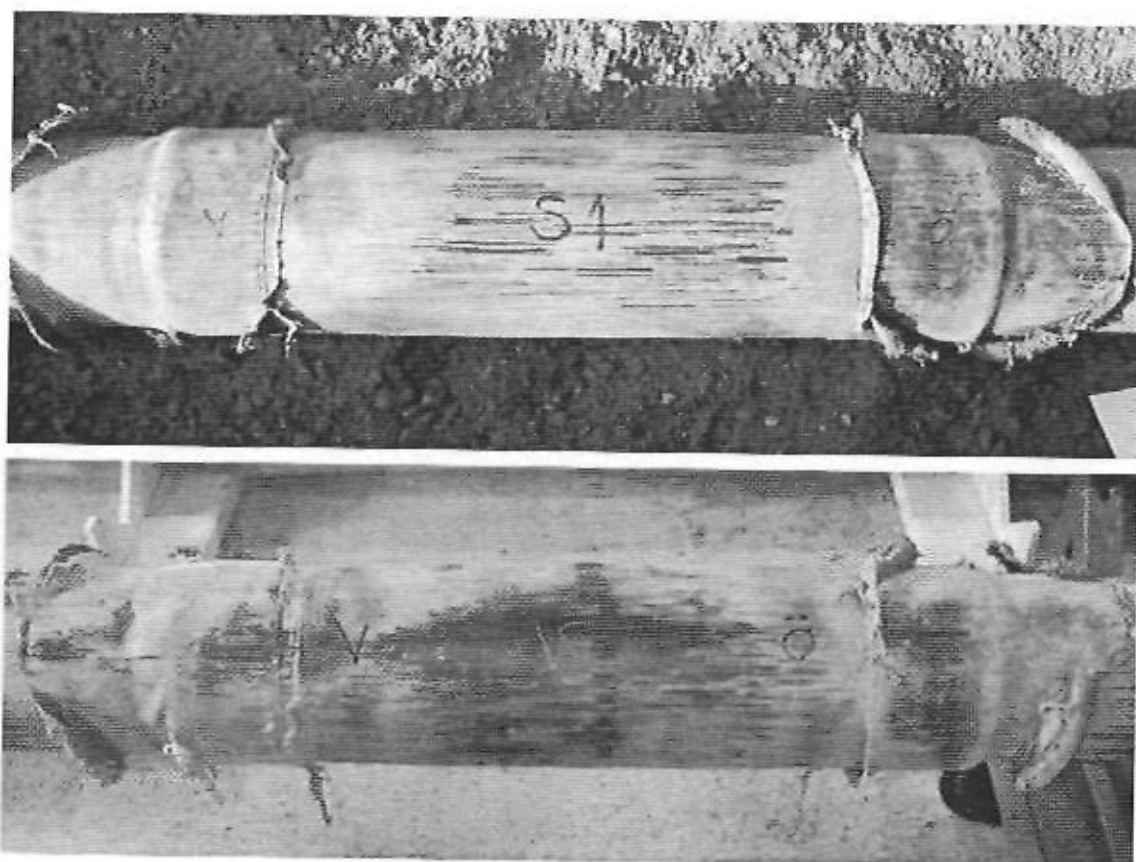
4.2.3 Skjutmuff i 0 – 16 mm kringfyllning

I det finaste kringfyllningsmaterialet, 0 – 16 mm, började skjutmuffen läcka efter 30 förskjutningscykler, Figur 4.8. Kurvan över absoluttrycket uppvisar även i detta fall en återslutningseffekt, där läckaget i stort upphör mellan cykler 40 – 55. Efter försöket konstaterades med spårgas och sniffer att läckage uppstått på tre ställen genom rivskador i krympbandet. Samtliga skador hade uppstått på sidorna av skarven vid dimensionsövergångarna mellan mantelröret och den något större skjutmuffen.

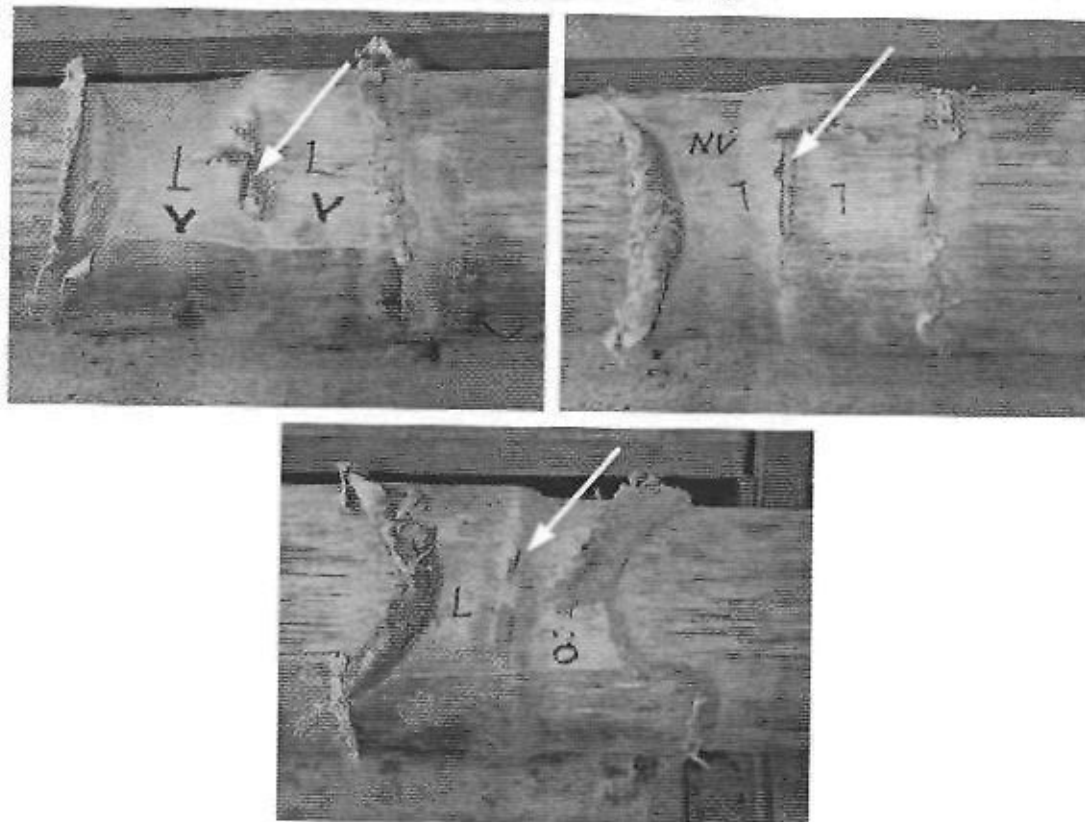
Även i detta fall kunde en viss hålrumsbildning observeras vid rörets ovansida i anslutning till ena skarvförbandet, Figur 4.11.



Figur 4.8 Uppmätt absoluttryck inuti skarvutrymmet för skjutmuff i 0 – 16 mm. Trycket börjar stiga första gången under den 31:a förskjutningscykeln.
Measured absolute pressure inside sealed oversize joint in 0 – 16 mm. The pressure starts to rise for the first time during the 31:st displacement cycle.



Figur 4.9 Skjutmuff efter 130 cykler i 0 – 16 mm.
Sealed oversize joint after 130 cycles in 0 – 16 mm.



Figur 4.10 Läckageskador på skjutmuff efter 130 cykler i 0 – 16 mm.
Leaking damages on sealed oversize joint after 130 cycles in 0 – 16 mm.

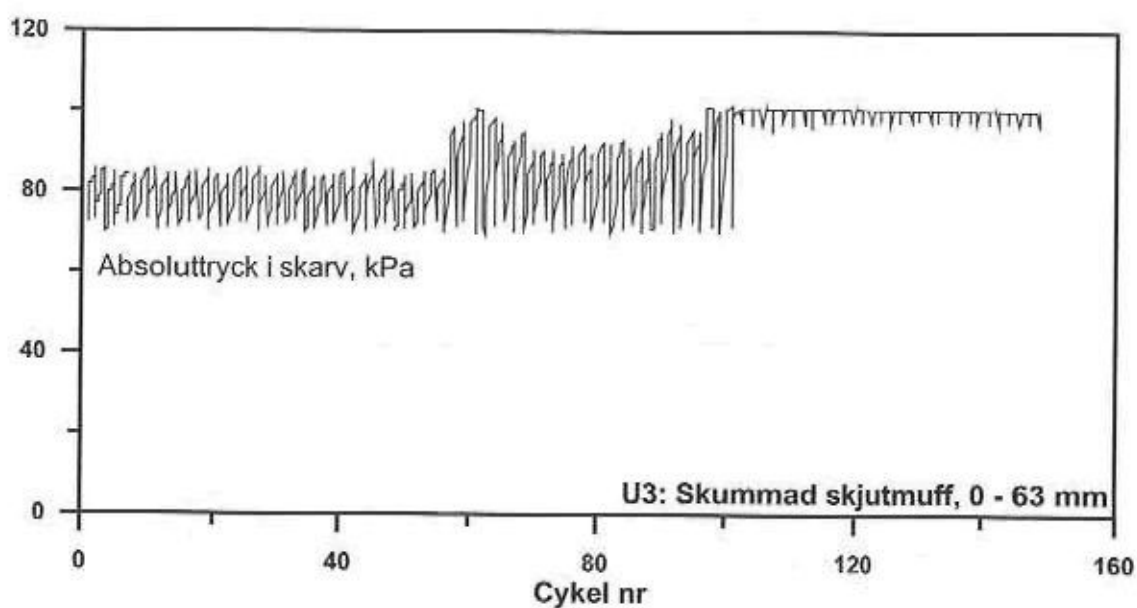


*Figur 4.11 Hålrum till följd av omfördelning av kringfyllningsmaterial. Skjutmuff efter 130 cykler i 0 – 16 mm.
Cavity caused by redistribution of backfill material. Sealed oversize joint after 130 cycles in 0 – 16 mm.*

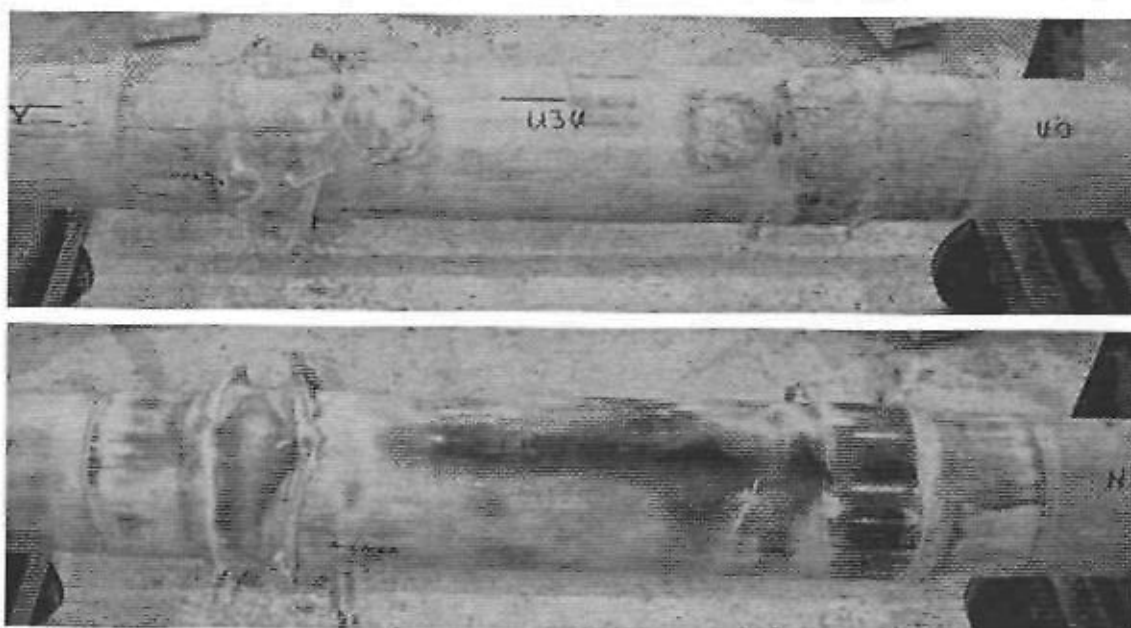
4.2.4 Direktskummad skjutmuff i 0 – 63 mm kringfyllning

Den direktskummade skarven med skjutmuff körd i 0 – 63 mm höll tätt i 56 cykler, Figur 4.12. Detta skall jämföras med de 5 cykler som motsvarande prefabisolerade skarv klarade. Skillnaden kan bero på att de skjuvkrafter som förmedlas från mantelrör till medierör genom den direktskummade varianten bidrar till att minska dragkrafterna i krympförbandet och därmed avlasta detta. Efter att skarven grävts upp kunde 5 läckande skador konstateras, Figur 4.14.

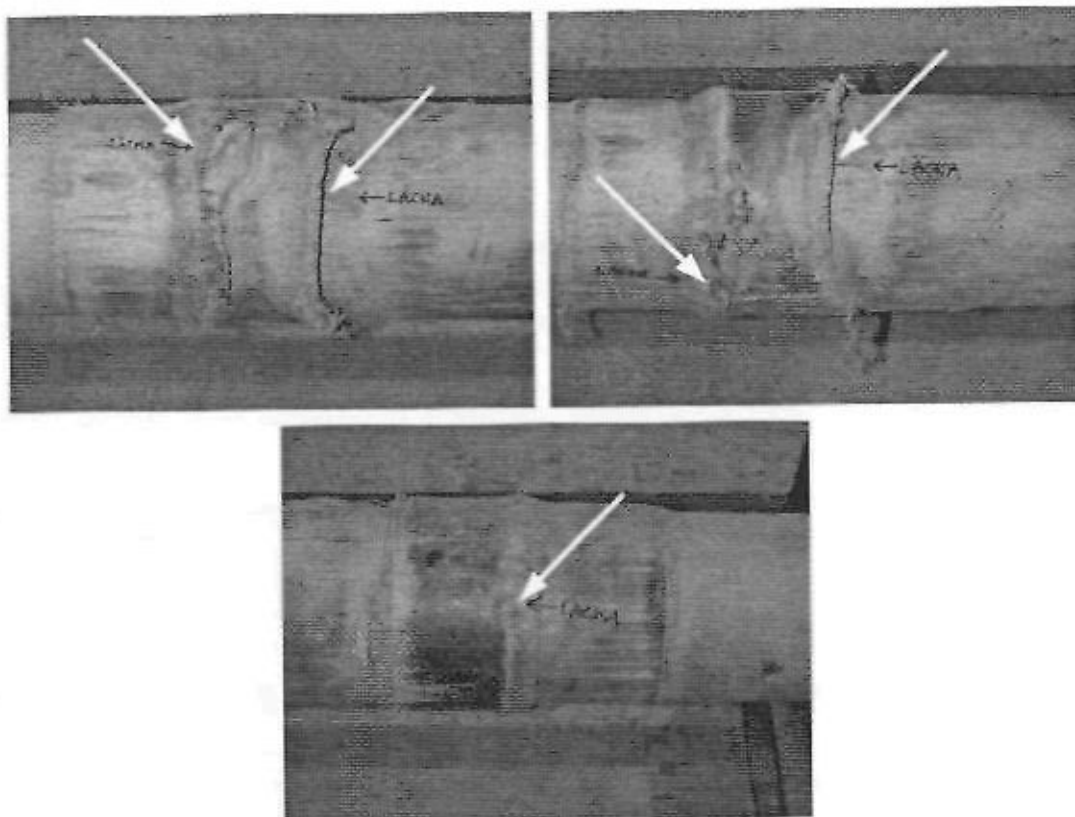
Även vid det här provet hade en viss omfördelning av fyllningsmaterialet skett så att det över den ena skarvänden hade bildats en tydlig håligheter.



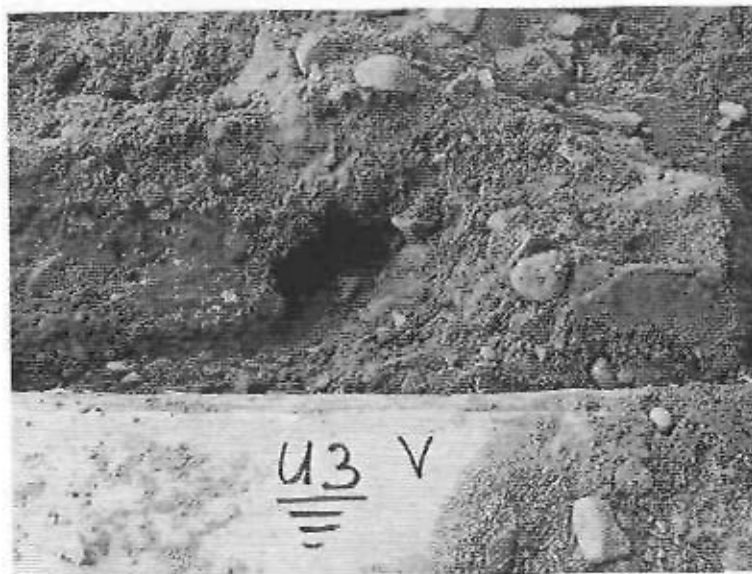
Figur 4.12 Uppmätt absoluttryck inuti skarvutrymmet för direktskummad skjutmuff i 0 – 63 mm. Trycket börjar stiga första gången under den 57:e förskjutningscykeln.
Measured absolute pressure inside foamed sealed oversized joint in 0 – 63 mm. The pressure starts to rise for the first time during the 57:th displacement cycle.



Figur 4.13 Direktskummad skjutmuff efter 148 cykler i 0 – 63 mm.
Foamed sealed oversized joint after 148 cycles in 0 – 63 mm.



Figur 4.14 Läckageskador på direktskummad skjutmuff efter 148 cykler i 0 – 63 mm.
Leaking damages on foamed sealed oversized joint after 148 cycles in 0 – 63 mm.



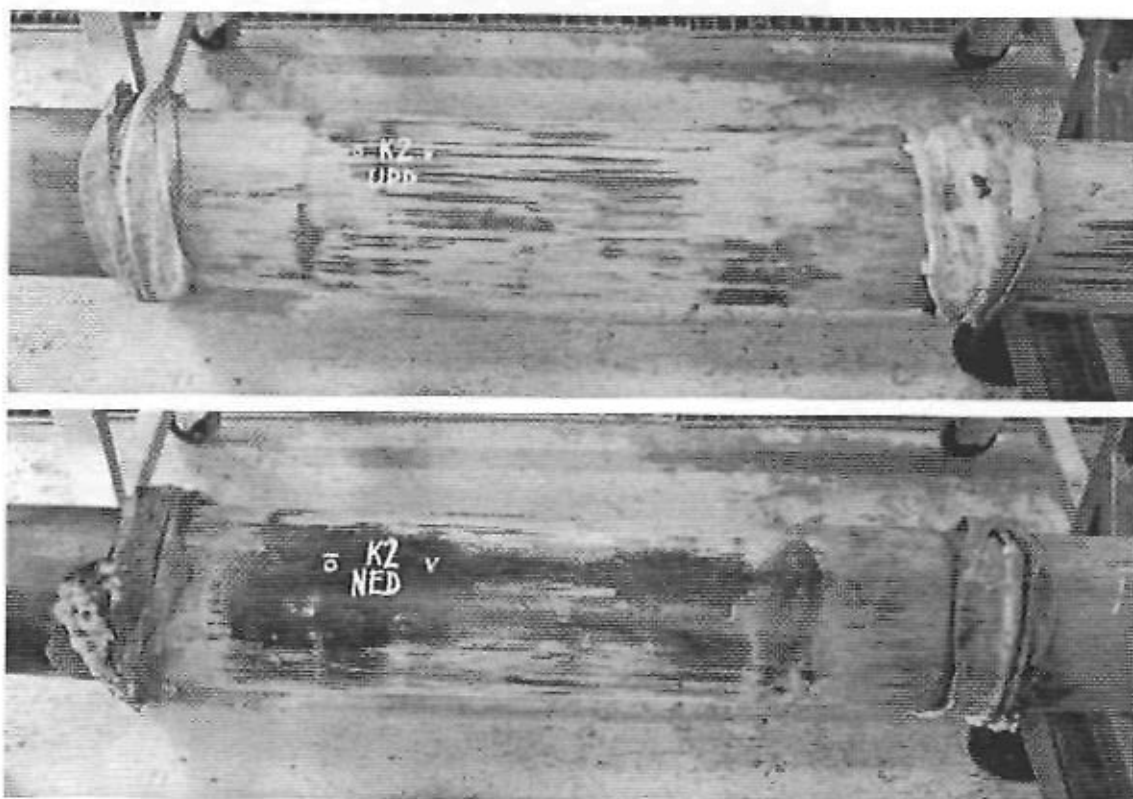
Figur 4.15 Hålrum till följd av omfördelning av kringfyllningsmaterial. Direktskummad skjutmuff efter 148 cykler i 0 – 63 mm.
Cavity caused by redistribution of backfill material. Foamed sealed oversized joint after 148 cycles in 0 – 16 mm.

4.3 KRYMPMUFFAR

4.3.1 Krympmuff i 0 – 63 mm kringfyllning

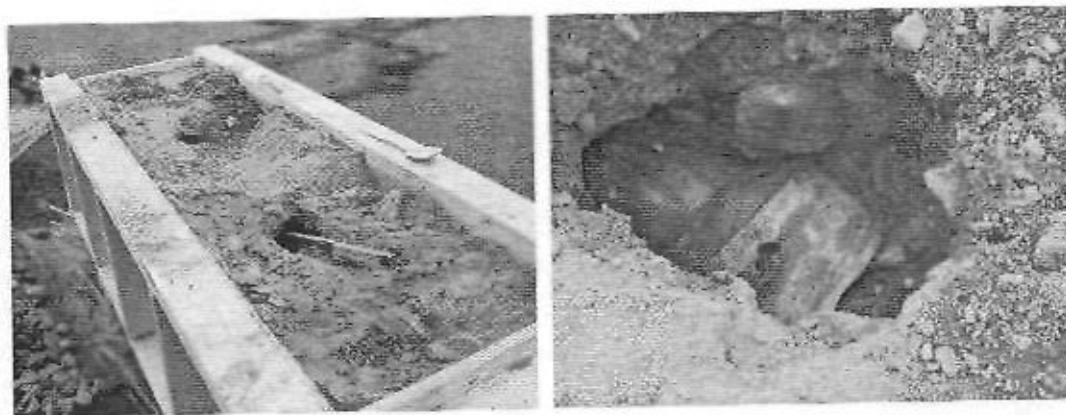
Krympmuffen i 0 – 63 mm kringfyllning utsattes för 1400 cykler utan att visa några tecken på läckage. Skarven var emellertid inte opåverkad av försöket. Efter uppgrävning uppvisade krympförbandet omfattande skador. I Figur 4.16, undre bilden till höger, kan man se hur krympförbandet helt släppt så att krymphylsans ände blivit synlig. Den dubbeltätande funktionen är således helt borta.

Under försökets gång hade kringfyllningsmaterialet omfördelats så att tydliga hålrum utbildats ovanför skarven vid var ände av skarvhylsan, Figur 4.17.



Figur 4.16 Krympmuff efter 1400 cykler i 0 – 63 mm.

Double-sealed shrinked joint after 1400 displacement in 0 – 63 mm.

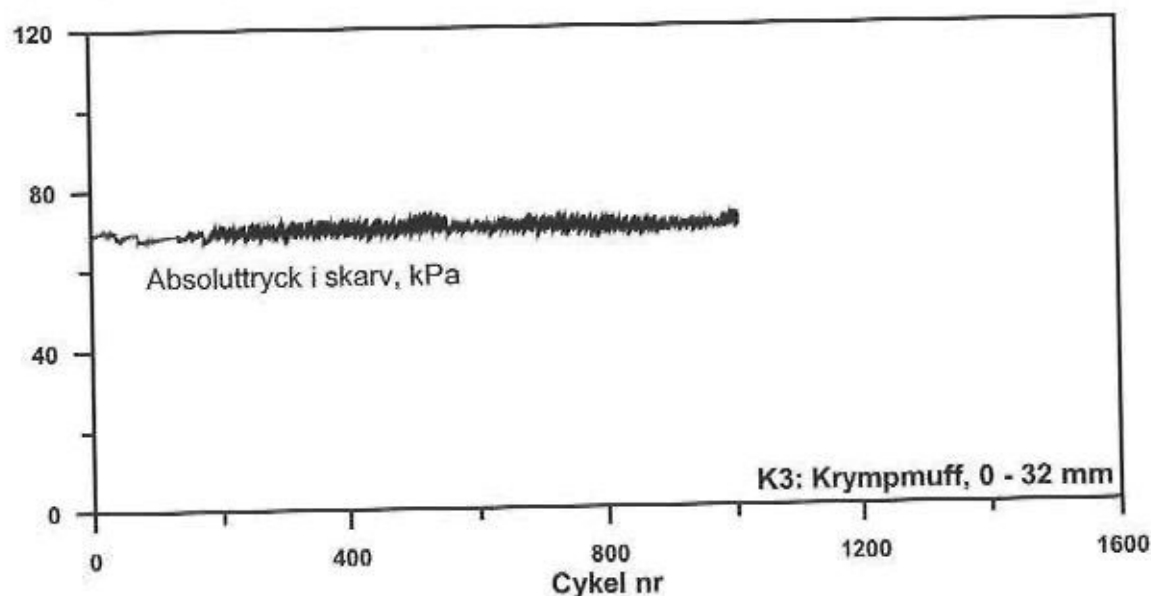


Figur 4.17 Hålrums till följd av omfördelning av kringfyllningsmaterial. Krympmuff efter 1400 cykler i 0 – 63 mm.
Cavity caused by redistribution of backfill material. Double-sealed shrunk joint after 1400 cycles in 0 – 63 mm.

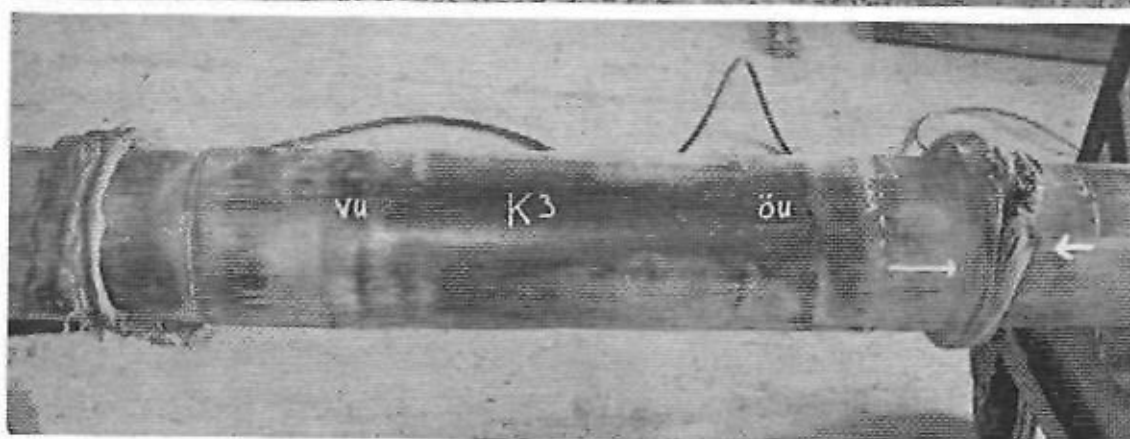
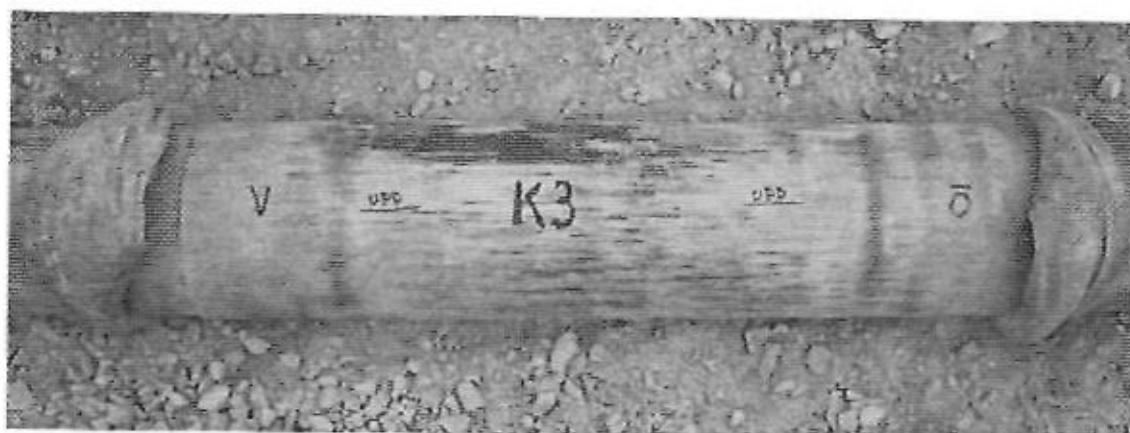
4.3.2 Krympmuff i 0 – 32 mm kringfyllning

I 0 – 32 mm kringfyllning började krympmuffen läcka efter 135 förskjutningscykler, Figur 4.18. Efter avslutat försök konstaterades att läckaget skett genom att sand pressats in mellan mantelröret och krympfylsan sedan det yttre krympförbandet kraftigt deformeras, Figur 4.19 – Figur 4.20.

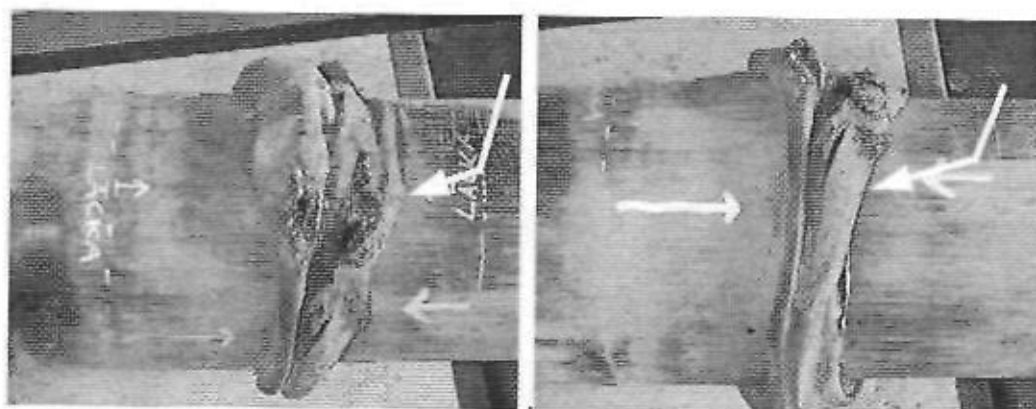
Ett tydligt hålrum hade utbildats i anslutning till skarvens ena ände, Figur 4.21. Området med "nedfallande" kringfyllningsmaterial sträckte sig i det här fallet ända upp till kringfyllningens överyta.



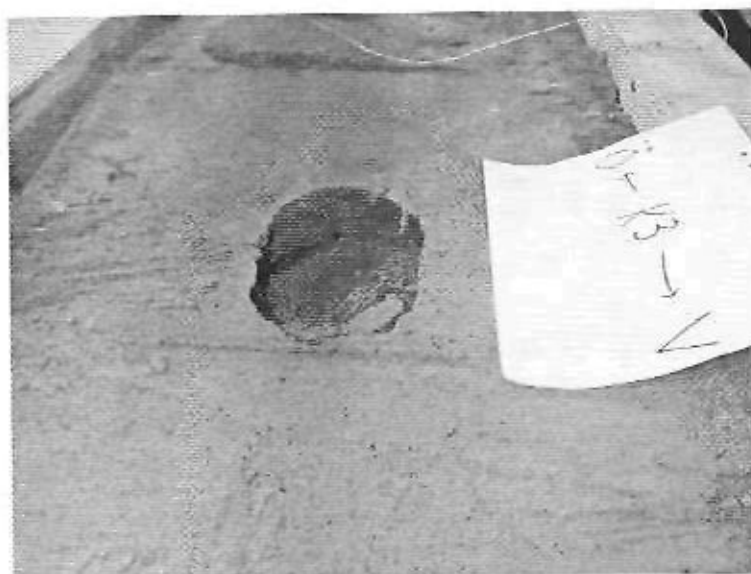
Figur 4.18 Uppmätt absoluttryck inuti skarvutrymmet för krympmuff i 0 – 32 mm. Trycket börjar stiga första gången under den 136:e förskjutningscykeln.
Measured absolute pressure inside double-sealed shrunk joint in 0 – 32 mm. The pressure starts to rise for the first time during the 136:th displacement cycle.



Figur 4.19 Krympmuff efter 1000 cykler i 0 – 32 mm.
Double-sealed shrunk joint after 1000 cycles in 0 – 32 mm.



Figur 4.20 Läckageskada på krympmuff efter 1000 cykler i 0 – 32 mm.
Leaking damages on double-sealed shrunk joint after 1000 cycles in 0 – 32 mm.

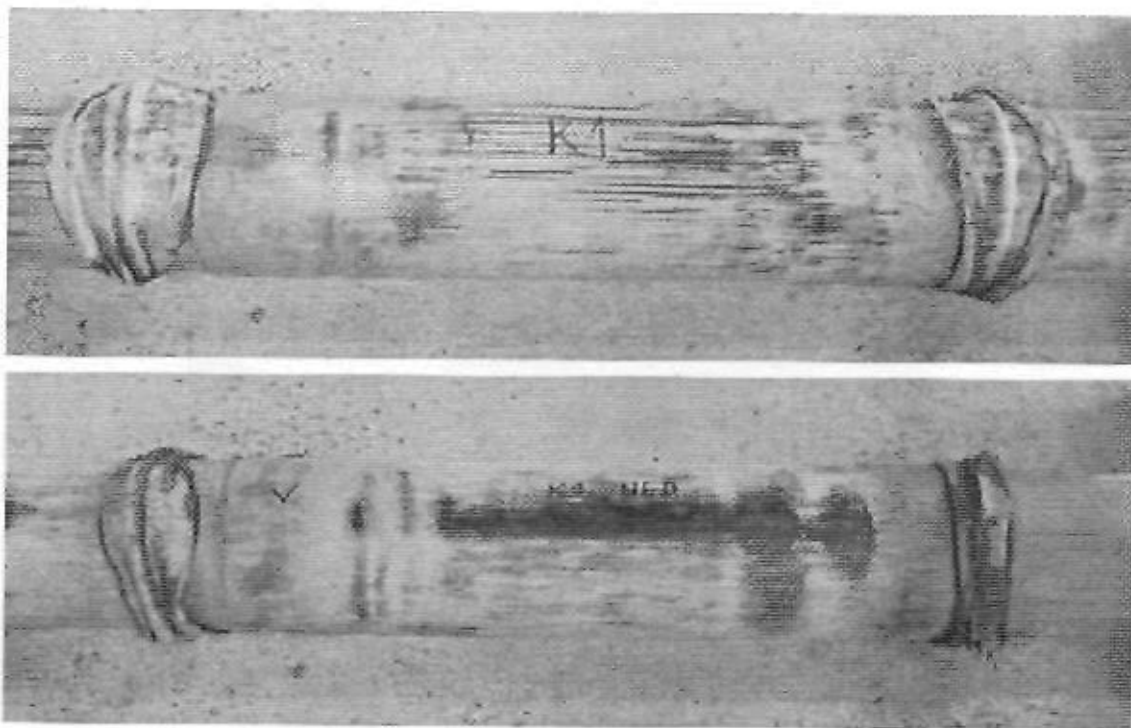


*Figur 4.21 Hålrum till följd av omfördelning av kringfyllningsmaterial. Krympmuff efter 1000 cykler i 0 – 32 mm.
Cavity caused by redistribution of backfill material. Double-sealed shrunk joint after 1000 cycles in 0 – 32 mm.*

4.3.3 Krympmuff i 0 – 16 mm kringfyllning

Krympmuffen klarade 1000 förskjutningscykler utan läckage i 0 – 16 mm kringfyllning, trots att de yttre krympförbanden i hylsändarna skadats märkbart, Figur 4.22.

Även i det här försöket hade kringfyllningen omfördelats runt skarvändarna och ett litet hålrum hade utbildats vid ena änden, Figur 4.23.



Figur 4.22 Krympmuff efter 1000 cykler i 0 – 16 mm.
Double-sealed shrunk joint after 1000 cycles in 0 – 16 mm.



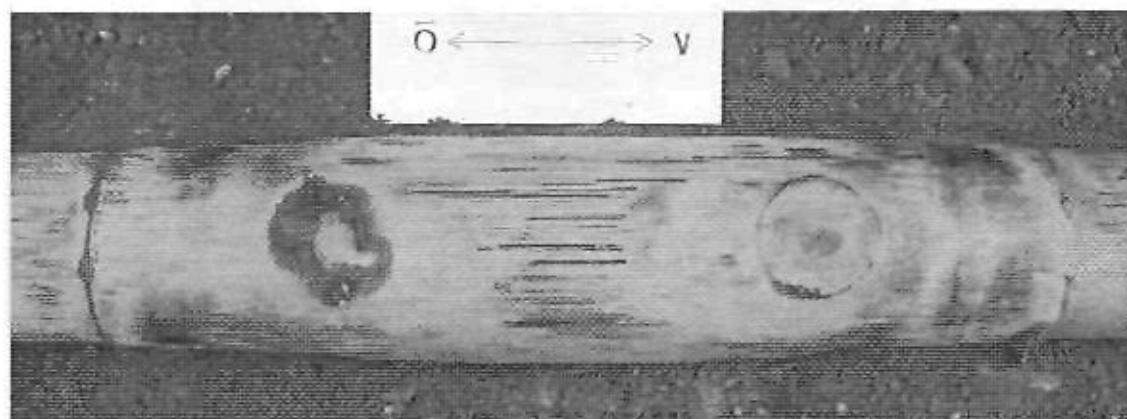
Figur 4.23 Hålrum till följd av omfördelning av kringfyllningsmaterial. Krympmuff efter 1000 cykler i 0 – 16 mm.
Cavity caused by redistribution of backfill material. Double-sealed shrunk joint after 1000 cycles in 0 – 16 mm.

4.4 ELEKTROSVETSMUFFAR

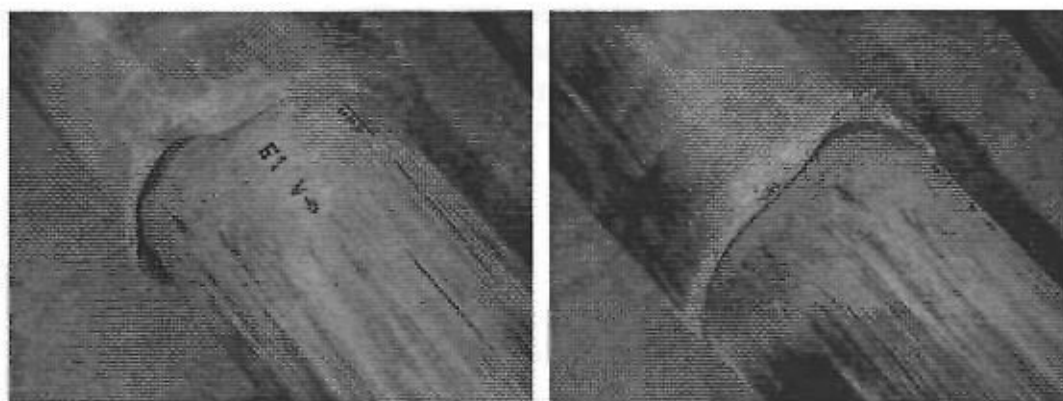
4.4.1 Elektrosvetsmuff i 0 – 63 mm kringfyllning

Den elektrosvetsade skarven kördes 1200 cykler i 0 – 63 mm kringfyllning utan att läckage uppstod. Efter avslutat prov konstaterades att skarvhylsan fläkts upp något i den främre änden, dvs. den ände som befunnit sig längst fram vid den utåtriktade långsammare axiella rörelsen, Figur 4.24 – Figur 4.25. Svetsen mellan mantelröret och skarvhylsan var dock intakt.

Även i detta försök fördelades kringfyllningen om så att hålrum uppstod ovanför skarvändarna, Figur 4.26.



Figur 4.24 Elektrosvetsmuff efter 1200 cykler i 0 – 63 mm.
Fusion welded joint after 1200 cycles in 0 – 63 mm.



Figur 4.25 Skadad svetshylsa. Elektrosvetsmuff efter 1200 cykler i 0 – 63 mm.
Damaged joint casing. Fusion welded joint after 1200 cycles in 0 – 63 mm.



*Figur 4.26 Hålrums till följd av omfördelning av kringfyllningsmaterial. Elektrosvetsmuff efter 1200 cykler i 0 – 63 mm.
Cavity caused by redistribution of backfill material. Fusion welded joint after 1200 cycles in 0 – 63 mm.*

4.4.2 Elektrosvetsmuff i 0 – 32 mm kringfyllning

I 0 – 32 mm kringfyllning kördes den elektrosvetsade skarven 1000 förskjutningscykler utan att läckage kunde observeras. När skarven grävts upp konstaterades att hylsan fläkts upp utanför svetsen på undersidan av skarven främre ände, Figur 4.27.

Kringfyllningen hade även i det här försöket omfördelats runt skarvändarna. Detta hade inte som i tidigare försök resulterat i hålrum, utan sandytan ovanför skarvändarna hade istället sjunkit märkbart samtidigt som kringfyllningen packats mycket hårt under skarvändarna. Detta var tydligast i den skadade skarvänden där sandytan sjunkit mest. Över den andra skarvänden hade en kraterformad fördjupning bildats, Figur 4.28.



Figur 4.27 Elektrosvetsmuff efter 1000 förskjutningscykler i 0 – 32 mm.
Fusion welded joint after 1000 displacement cycles in 0 – 32 mm.



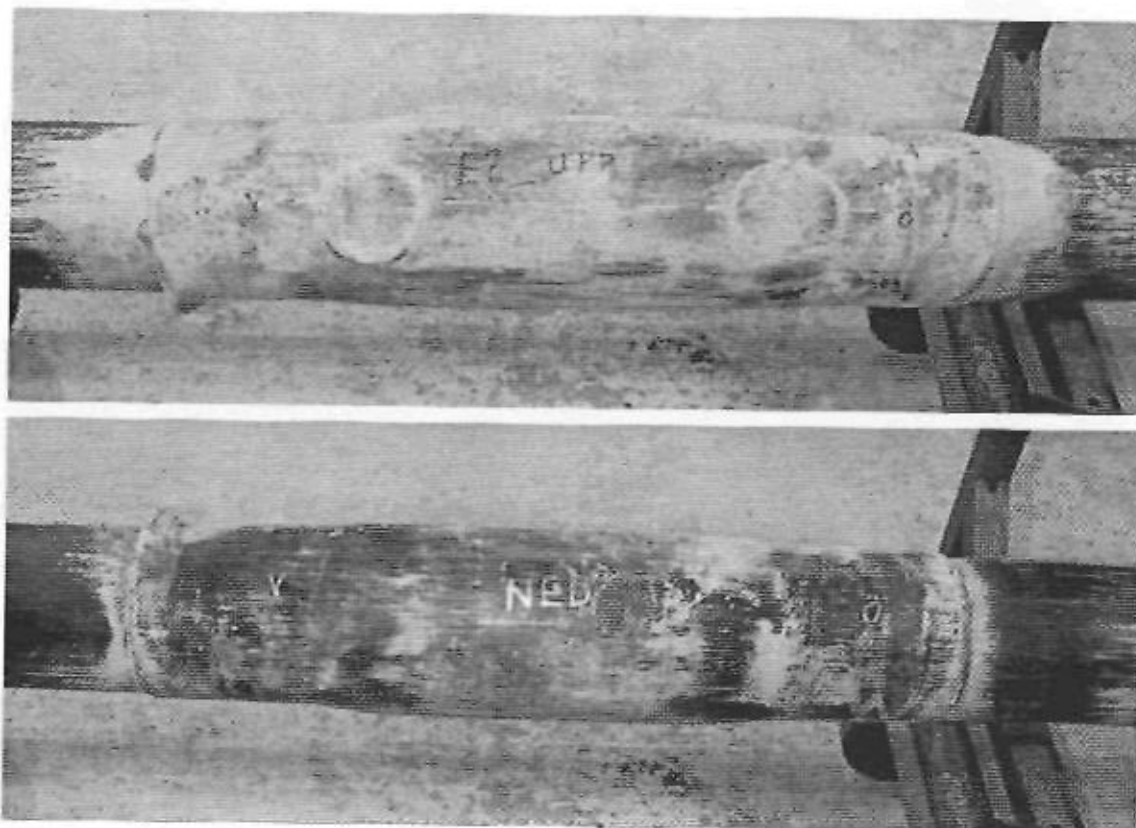
Figur 4.28 Hålrum till följd av omfördelning av kringfyllningsmaterial. Elektrosvetsmuff körd 1000 cykler i 0 – 32 mm.
Cavity caused by redistribution of backfill material. Fusion welded joint after 1000 cycles in 0 – 32 mm.

4.4.3 Elektrosvetsmuff i 0 – 16 mm kringfyllning

Den elektrosvetsade skarven i 0 – 16 mm kringfyllning kördes 1000 förskjutningscykler utan att börja läcka. När skarven grävts upp konstaterades att hylsan fläkts upp på lik-

nande sätt och i samma ände som på de båda andra elektrosvetsade skarvarna, Figur 4.29.

Även i det här försöket hade sanden omfördelats så att håligheter bildats ovanför skarvändarna, Figur 4.30. Detta var mest märkbart över den skadade skarvänden.



Figur 4.29 Elektrosvetsmuff efter 1000 förskjutningscykler i 0 – 16 mm.
Fusion welded joint after 1000 displacement cycles in 0 – 16 mm.



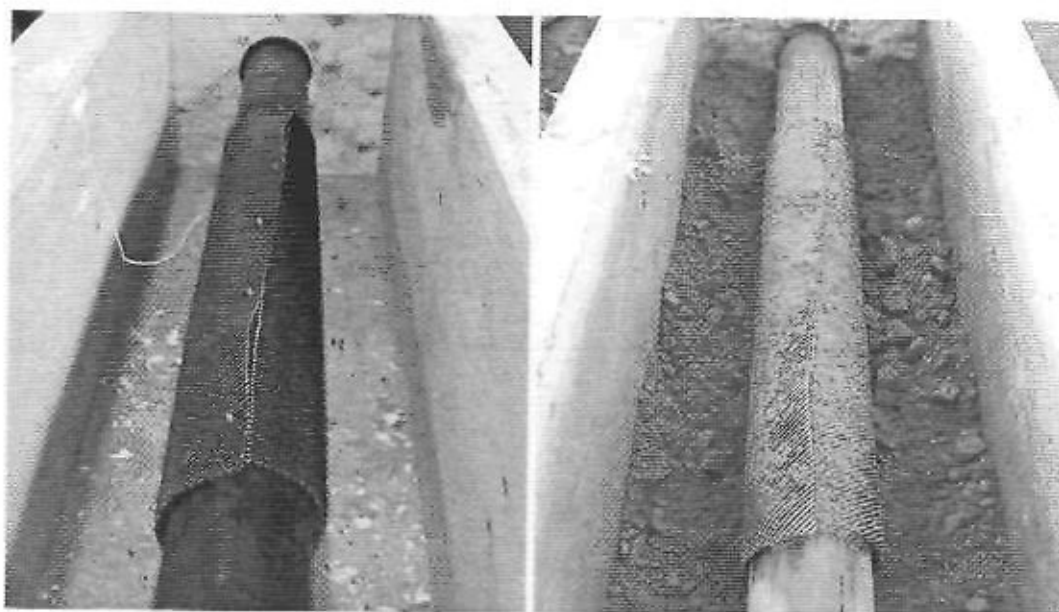
*Figur 4.30 Hålrum till följd av omfördelning av kringfyllningsmaterial. Elektrosvetsmuff körd 1000 cykler i 0 – 16 mm.
Cavity caused by redistribution of backfill material. Fusion welded joint after 1000 cycles in 0 – 16 mm.*

4.5 SKJUTMUFFAR MED NÄTMATTA

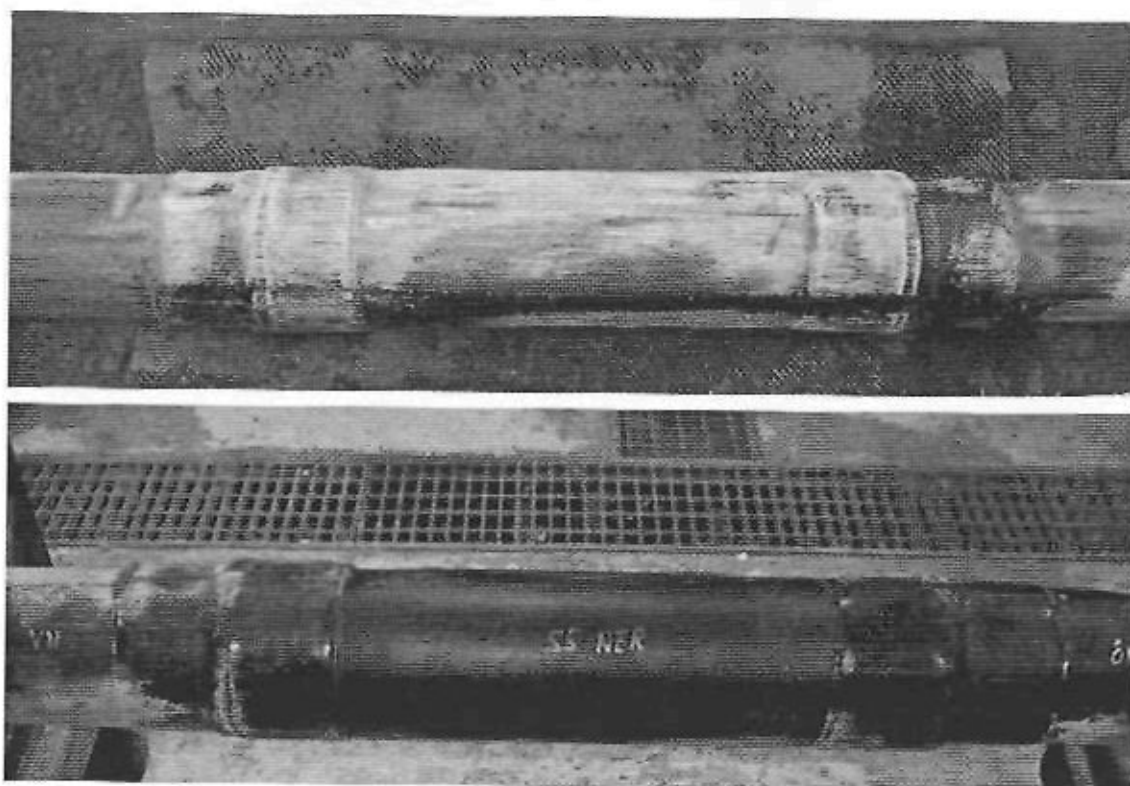
4.5.1 Skjutmuff med nätmatta i 0 – 63 mm kringfyllning

Skyddad med nätmatta klarade skjutmuffen 1000 förskjutningscykler genom 0 – 63 mm kringfyllning utan att uppvisa något läckage. Detta att jämföra med fem cykler utan nätmatta. I Figur 4.31 visas skarven med nätmatta monterad före och efter provning. Efter avslutat försök kunde endast marginella skador observeras på skarvförbanden, Figur 4.32.

Inga hålrum i kringfyllningen till följd av omfördelning av grusmaterialet uppstod under försöket. Detta tyder på att nätmattan varit fastlåst av kringfyllningen och legat stilla under provningen och skarven således endast glidit inuti nätet.



*Figur 4.31 Skjutmuff med nätmatta före och efter sandlådeprovning i 0 – 63 mm.
Sealed oversize joint with protective net before and after sand box test in 0 – 63 mm.*



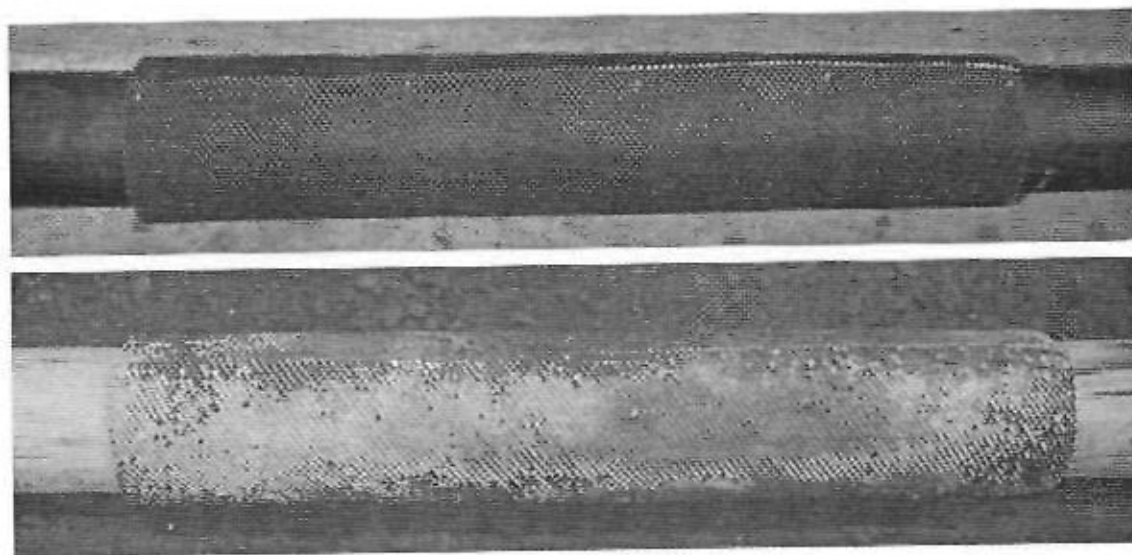
*Figur 4.32 Skjutmuff med nätmatta efter 1000 cykler i 0 – 63 mm.
Sealed oversize joint with protective net after 1000 cycles in 0 – 63 mm.*

4.5.2 Skjutmuff med nätmatta i 0 – 32 mm kringfyllning

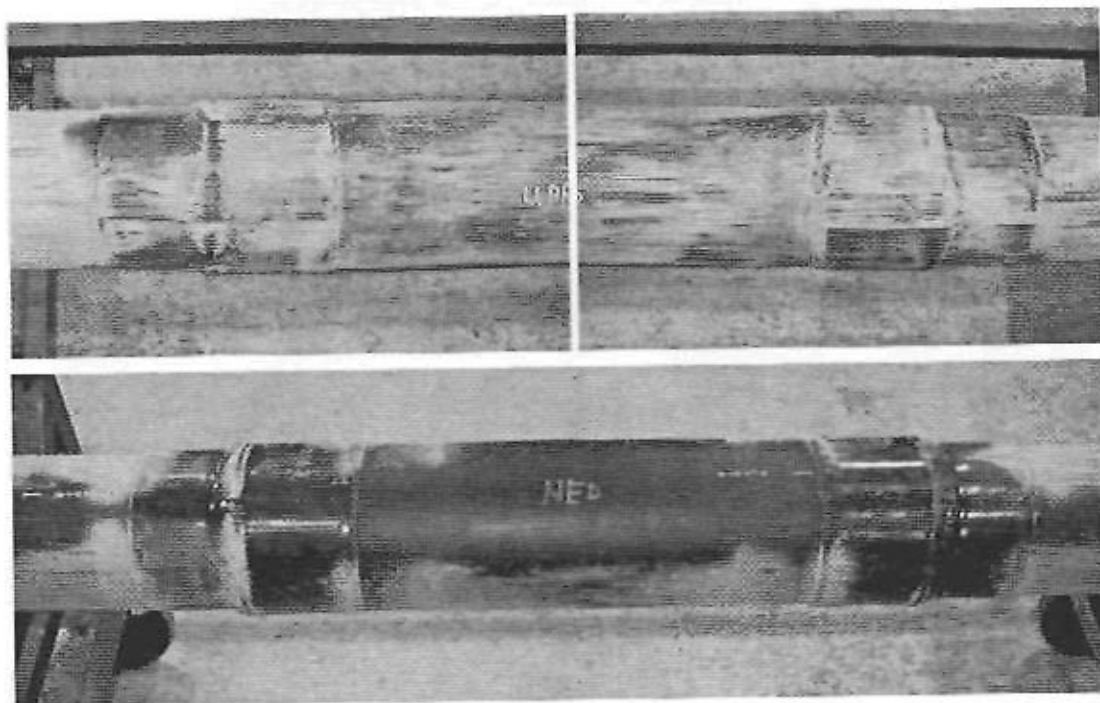
Även i 0 – 32 mm kringfyllning klarade den enkeltätande skjutmuffen med nätmatta 1000 cykler utan läckage. Utan nätmatta klarade den endast 28 cykler i motsvarande

kringsfyllning. Inga skador kunde konstateras på skarvförbanden efter avslutad provning, Figur 4.34.

Inte heller under detta försök hade några hålrum utbildats i kringfyllningen.



*Figur 4.33 Skjutmuff med nätmatta före och efter sandlådeprovning i 0 – 32 mm.
Sealed oversize joint with protective net before and after sand box test in 0 – 32 mm.*



*Figur 4.34 Skjutmuff med nätmatta efter 1000 cykler i 0 – 32 mm.
Sealed oversize joint with protective net after 1000 cycles in 0 – 32 mm.*

5 Mekaniskt verkningssätt

När skarven rör sig fram och åter kommer den att föra med sig kringfyllning längs rörelsevägen och packa in denna vid vändlägena. Detta yttrar sig bland annat i uppkomsten av hålrum i kringfyllningen. Sådana hålrum medför knappast några negativa konsekvenser för skarven i sig, men kan leda till sättningar vid markytan om ovanliggande fyllningsmaterial rasar ned. Tabell 5.1 visar en sammanställning över genomförda försök sorterad efter hur tydliga hålrum som observerats vid uppgrävning.

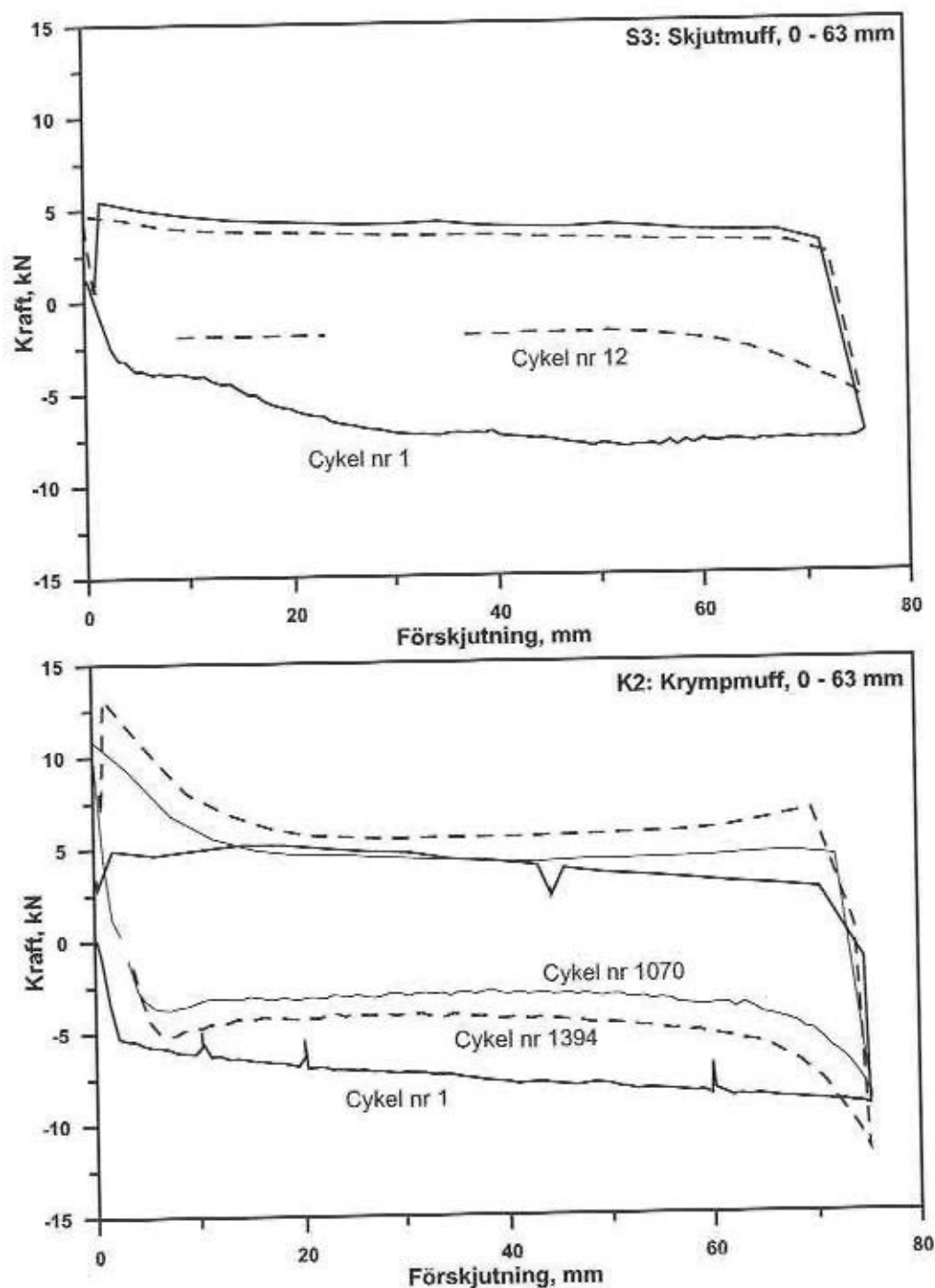
Tabell 5.1 Sammanställning över hålrumsbildning i kringfyllningen under sandlådeförsöken.

Summary of backfill cavities during sand box test.

Hålrumsbildning	Skarvtyp	Kringfyllning mm	Antal cykler totalt
Ingen	Skjutmuff	0 – 32	120
	Skjutmuff med nätmatta	0 – 63	1000
	Skjutmuff med nätmatta	0 – 32	1000
Liten i ena änden	Krympmuff	0 – 16	1000
	Skjutmuff	0 – 63	100
	Skummad skjutmuff	0 – 63	148
	Skjutmuff	0 – 16	130
Tydlig i ena änden	Krympmuff	0 – 32	1000
	Elektrosvetsmuff	0 – 16	1000
Tydlig i båda ändar	Krympmuff	0 – 63	1400
	Elektrosvetsmuff	0 – 63	1200
	Elektrosvetsmuff	0 – 32	1000

Det står klart att en kraftigare hålrumsbildning skett under de försök som pågått under ett stort antal förskjutningscykler, vilket tyder på att inpackningsprocessen vid vändlägena fortgår kontinuerligt under försökets gång. Undantag härvid är de försöksvarianter som körts med nätmatta där ingen hålrumsbildning alls förekommit, vilket beror på att nätattan legat stilla i kringfyllningen och röret glidit inuti detta. Resultaten indikerar att de två grövre kringfyllningsmaterialen är mer benägna att bilda hålrum än 0 – 16 mm-materialet. Detta kan vara en konsekvens av att ett hålrum är svårare att gräva fram intakt i ett finare material.

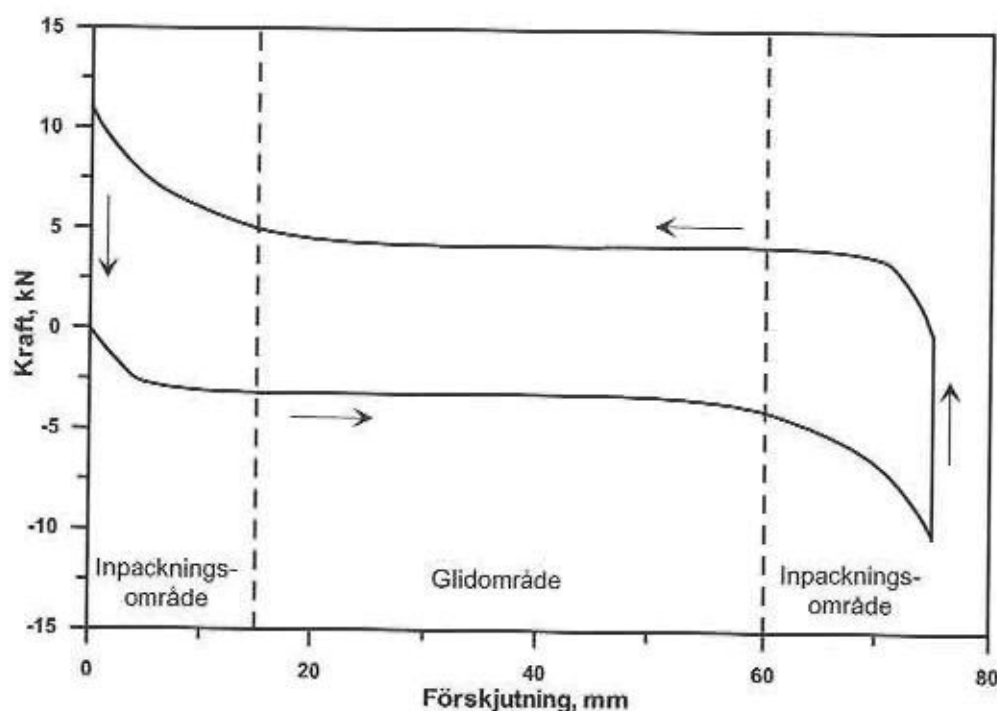
Att skarven för med sig kringfyllningsmaterial till vändlägena gör också att utrymmet för skarven ökar längs rörelsevägen mellan vändlägena, och kraften som går åt för att förskjuta röret minskar. Detta illustreras av diagrammen i Figur 5.1 som visar den uppmätta förskjutningskraften plottad mot läget i förskjutningscykeln för skjutmuffen och för krympmuffen körda i 0 – 63 mm kringfyllning.



Figur 5.1 Uppmätt förskjutningskraft mot förskjutning under utvalda cykler för skjutmuff respektive krympmuff i 0 – 63 mm.
Measured displacement force vs. displacement during selected cycles for sealed oversize joint and double-sealed shrinked joint respectively in 0 – 63 mm.

Rörelsesekvensen börjar i förskjutningsläget 0 mm (och kraften 0 kN). När röret rör sig framåt, från 0 mm till 75 mm, registreras en negativ förskjutningskraft och när röret rör sig tillbaka, från 75 mm till 0 mm, registreras kraften som positiv. Under den första framåtgående rörelsen växer kraften initielt upp till en glidfriktion på ca. 8 kN. Redan under den första återgående rörelsen har emellertid glidfriktionen minskat betydligt; kraften når aldrig upp till mer än ca. 5 kN. Vid efterföljande förskjutningscykler ses ett tydligt platåbeteende, där glidfriktionen håller sig i stort konstant och på något lägre nivå under den framåtgående rörelsen än under den tillbakagående.

Då röret närmar sig vändlägena stiger förskjutningskraften avsevärt, när det fyllningsmaterial som skarven drar med sig från glidområdet samlas upp och packas in. Detta fenomen blir mer uttalat efter ett större antal cykler. Schematiskt kan en rörelsecykel beskrivas enligt Figur 5.2 nedan.

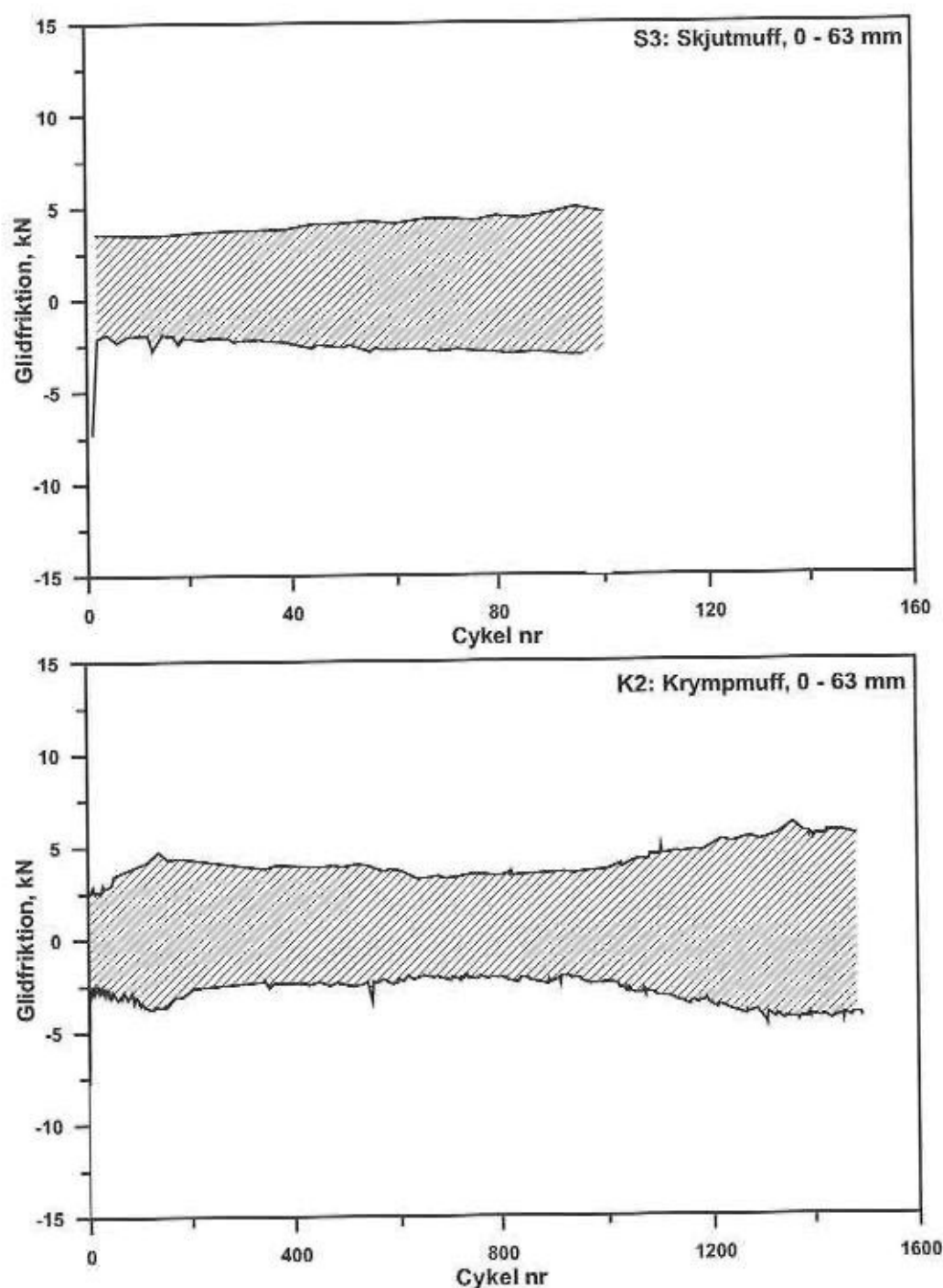


Figur 5.2 Schematisk illustration av sambandet mellan kraft och förskjutning genom en hel rörelsecykel.
Schematic illustration of the force – displacement relationship through one complete cycle.

Glidfriktionen stiger något under de första 100 – 150 cyklerna, se Figur 5.3 nedan. Motsvarande kurvor för samtliga genomförda försök finns återgivna i bilaga A. Att kraften stiger är en konsekvens av att krympförbandet deformeras och skrynklas till och skarven därmed drar med sig mer fyllningsmaterial till inpackningsområdena vid vändlägena. För elektrosvetsmuffarna fås motsvarande effekt då hylsan fläks upp utanför svetsen och blir "trumpetformad".

För krympmuffen i Figur 5.3 ses att glidfriktionen börjar stiga igen efter ca. 1000 cykler. Detta är en sekundär effekt av den kontinuerliga omfördelningen av gruset som även har observerats vid standardprovning enligt SS-EN 489, se tex. [3]. Fyllningsmaterialet tenderar att rasa ned och packas till under röret. I och med att röret är låst i höjdlid vid genomföringarna i sandlådans väggar, kommer röret att pressas mellan den packade

fyllningen på undersidan och genomföringarna, vilket leder till att förskjutningskraften ökar och att röret blir något bågformigt.



Figur 5.3 Uppmätt glidfriktion, dvs. förskjutningskraften såsom den uppmäts ungefär i mitten av förskjutningscykeln, mot antal genomförda cykler för skjutmuff respektive krympmuff i 0 – 63 mm.
 Measured sliding friction, i.e., the displacement force as measured near the middle of the displacement cycle, vs. no. of cycles for sealed oversize joint and double-sealed shrunked joint respectively in 0 – 63 mm.

För att uppskatta friktionsförhållandena mellan röret och de använda kringfyllningsmaterialen har friktionskoefficienten beräknats baserat på de uppmätta dragkrafterna enligt uttrycken

$$\mu = \frac{F}{\frac{1 + K_0}{2} \gamma Z \pi D_c}$$

$$K_0 = 1 - \sin \varphi$$

- där μ = Friktionskoefficienten (-)
 F = Förskjutningskraften per längdmeter rör (kN/m)
 K_0 = Vilojordtryckskoefficienten (-)
 φ = Fyllningsmaterialets inre friktionsvinkel (°)
 γ = Kringfyllningsmaterialets tunghet (18 kN/m³)
 Z = Läggningsdjup (1 m)
 D_c = Mantelrörets ytterdiameter (0,16 m)

Storleken hos den inre friktionsvinkeln φ beror på kornstorleksfördelningen och varierar från ca. 35 ° för sand till ca. 45 ° för sprängsten, se tex. [2]. För beräkningarna ovan har ett värde på 40 ° använts genomgående.

Tabell 5.2 Friktionskoefficienter mellan rörvägg och fyllningsmaterial beräknade baserat på uppmätta friktionskrafter.
Friction coefficients between pipe wall and backfill calculated based on measured friction forces.

Kringfyllning, mm	Max. friktionskoefficient vid förstagångsrörelse, -	Min. friktionskoefficient, -
0 – 16	0,9	0,2
0 – 32	1,0	0,2
0 – 63	0,6	0,2

Vid förstagångsrörelsen fås en friktionskraft motsvarande en friktionskoefficient på ca. 0,6 – 1,0. Efter den första "lossdragningen" sjunker friktionskoefficienten till ca. 0,2, innan den återigen stiger genom att skarvförbandet deformeras, etc. Vid ledningsdimensionering enligt *District Heating Handbook* [5] rekommenderas friktionskoefficientvärden på mellan 0,2 och 0,6.

Det bör dock noteras att packningsgraden under försöken varit förhållandevis låg, omkring 85 % (se Tabell 4.1, sidan 16), och att friktionskrafterna kan förväntas stiga med ökande packningsgrad.

6 Sammanfattande diskussion

I vilken grad som grövre fyllningsmaterial påverkar skarvförbandens livslängd beror i första hand på vilket sätt skarvhylsorna tätas mot mantelröret. Resultaten från de genomförda sandlådeförsöken visar tydligt att mer påkostade skarvutformningar bättre klarar de mekaniska påfrestningar som uppstår till följd av axiella rörelser genom marken. Det tycks även vara så att påkänningarna på skarven blir större och den börjar läcka tidigare ju grövre kornfördelning kringfyllningen har. Dock gick det dubbeltätande krympmuffalternativet till läckage endast i den mellangrova kringfyllningen, vilket kan bero på att denna hade en något högre halt krossmaterial än det grövsta materialet. Det statistiska underlaget är ännu för litet för att man med säkerhet skall kunna uttala sig om detta.

Det enkeltätande skjutmuffalternativet gick sönder nästan omedelbart i det grövsta fyllningsmaterialet och förhållandevis snabbt även i de båda finare. I samtliga fall har läckage skett genom rivskador i krympförbandet. Då skarven isolerades med direktskumning höll den tätt betydligt fler rörelsecykler än då prefabricerade isoleringsskålar användes. Endast ett försök har emellertid genomförts med direktskumning och det statistiska underlaget är återigen otillräckligt för att dra några säkra slutsatser. Att skjutmuffen snabbt började läcka även i det finaste kringfyllningsmaterialet är anmärkningsvärt, i och med att detta motsvarar specifikationerna i fjärrvärmeföreningens lägningsanvisningar och att den här typen av skarvar normalt klarar en standardprovning enligt SS-EN 489 i den 4 mm-sand som där specificeras. I den arbetsgrupp inom den europeiska standardiseringsringen som sysslar med fjärrvärmerörsskarvar (CEN TC107/WG4) har förslag förts fram att minska den maximala kornstorleken vid standardprovet ytterligare, bland annat för att förbättra reproducerbarheten hos metoden. I ljuset av resultaten från föreliggande projekt skulle detta leda till att metoden än mer fjärras från de förhållanden som faktiskt råder kring ett rör i drift; i synnerhet för den här typen av enkeltätande skarvar där rivskador tycks vara den begränsande faktorn med avseende på skarvens täthet.

Ingen av de elektrosvetsade skarvarna har gått till läckage i något av kringfyllningsalternativen. I ett par fall har emellertid hylsorna blivit avsevärt deformerade genom utböjning utanför svetsområdet och hylsändan har, något överdrivet, antagit formen av en trumpetmynning. En sådan deformationsbild kan ge höga dragspänningskoncentrationer i svetsen och på sikt leda till att svetsen spricker. I detta avseende skulle hållfastheten

hos en elektrosvetsad hylsa kunna optimeras genom placering av svetsbandet så nära hylskanten som möjligt för att minimera risken för utfläkning av änden.

Nätmattan som användes vid två av försöken har visat sig fungera bra. Skarvarna som kördes med nätmatta var i princip helt oskadda efter 1000 förskjutningscykler. Ett enkelt skarvutförande kombinerat med någon typ av skyddsmatta blir betydligt billigare än en svetsad skarvhylsa och kan utgöra ett lovande alternativ.

Försöken har genomförts på ett sätt som väl efterliknar faktiska driftförhållanden förutom på några punkter:

Medieröret har hållits vid rumstemperatur. En drifttemperatur på +120 °C på medieröret skulle medföra en temperaturförhöjning även på mantelröret och en viss försämring i skarvförbandets hållfasthet. Om skarven är välisolerad blir emellertid temperaturhöjningen på mantelröret liten och med hänsyn tagen till den omgivande markens temperatur i en driftssituation är rumstemperatur på skarven inte orimligt.

Kringfyllningens packningsgrad har varit förhållandevis låg. Om kringfyllningen packas enligt föreskrifter enligt läggningsanvisningarna och MarkAMA, blir belastningen på skarvförbanden större.

Nyttillverkade skarvar har använts och försöken har genomförts under kort tid. Detta innebär att inga åldringseffekter har kunnat beaktas. Undersökningar av Smidt [6] visar att skjuvhållfastheten hos krympförbanden ökar med åldringstiden. I det avseendet är således tiden strax efter skarvmontaget den känsligaste. För svetsade skarvar är förhållandet det omvända. Polyeten är starkt tidsberoende och de dragspänningar i svetsen som uppstår till följd av hylsändens utböjning kan leda till uppkomsten av en spricka som växer med tiden och antalet förskjutningscykler.

7 Referenser

- [1] *Läggningsanvisningar – Läggningsanvisningar för fjärrvärmerör*, Fjärrvärmeföreningen, FVF D:211, 1998.
- [2] S. Hansbo, *Jordmateriallära*, Almqvist & Wiksell, Stockholm, 1975.
- [3] M. Just, S. Nitsche, *Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Muffenverbindungen für Kunststoffmantelrohre in Fernwärmeleitungen – Prüfung von Kunststoffmantelrohrmuffen im Sandkastenprüfstand*, IMA Dresden, B89/8, 2000.
- [4] J. Molin, G. Bergström, S. Nilsson: *Kulvertförläggning med befintliga massor*, Fjärrvärmeföreningen FoU 1997:17.
- [5] P. Randlov, *District Heating Handbook*, European District Heating Pipe Manufacturers Association, Fredericia, 1997.
- [6] H. D. Smidt, *Strength and tightness of joints on pre-insulated district heating pipes*, Danish Technological Institute, Aarhus, 2000.
- [7] Svensk Standard SIS 02 71 08, *Geotekniska provningsmetoder, packningsegenskaper, beteckningar och beräkningssätt*, 1975.
- [8] Svensk Standard SIS 02 71 09, *Geotekniska provningsmetoder, packningsegenskaper, laboriepackning*, 1975.
- [9] Svensk standard SS-EN 253, *Fjärrvärmesystem – Förisolerade rörsystem med fast förband mellan värmeisolering och medierör respektive mantelrör för markförlagd distribution av hetvatten – Rörenhet bestående av raka medierör av stål, värmeisolering av hård uretancellplast (PUR-skum) och mantelrör av etenplast (PE)*, 1995.
- [10] Svensk Standard SS-EN 489, *Fjärrvärmesystem – Förisolerade rörsystem med fastförband mellan värmeisolering och medierör respektive mantelrör för markförlagd distribution av hetvatten – Skarvar för rörenheter med medierör av stål, värmeisolering av hård uretancellplast (PUR-skum) och mantelrör av etenplast (PE)*, 1995.
- [11] *Väg 94 – Del 5. Obundna överbyggnadslager*, Vägverket, Publ 1994:25, 1994.
- [12] *Kulvertar – Läggningsanvisningar för fjärrvärmekulvertar*, Värmeverksföreningen, Upphandlingsserien, 1994.

Bilaga A – Resultat från sandlådeförsök

I det följande sammanfattas resultaten från samtliga genomförda sandlådeförsök. För respektive försök redovisas packningsgraden hos kringfyllningen samt dess vattenkvot före och efter provning. De använda grusmaterialen lagrades utomhus mellan försöken och torkade upp något under den tid försöken pågick i SP:s provningshall. Diagrammen visar följande mätvärden som funktioner av antalet genomförda förskjutningscykler:

Absoluttryck i skarv redovisar trycket i skarvutrymmet i absolut mått. Så länge skarven är tät håller sig trycket mer eller mindre konstant runt ca. 70 kPa (motsvarar ett undertryck på ca. 30 kPa relativt atmosfären). Vissa tryckfluktuationer kan emellertid förekomma till följd av luftläckage längs med röret utefter larmträdarna, etc., samt på grund av utdiffusion av blåsgaser från skummet till luftutrymmet i skarven.

Med *kringfyllningstemperatur* avses temperaturen såsom den uppmäts med ett termoelement (typ K) nedstucket i kringfyllningen mellan skarven och trälådans vägg.

Glidfriktion redovisar kraften som krävs för att hålla röret i rörelse, och representerar det glidmotstånd som uppträder i mitten av förskjutningscykeln. De maximalkrafter som uppträder vid vändlägena är således bortfiltrerade. De två kurvorna visar kraften under framåtgående (negativt kraftvärde) respektive tillbakagående (positivt kraftvärde) rörelse.

Skarvtyp	Kringfyllning	Finns på sidan
Skjutmuff	0 – 63	48
	0 – 32	49
	0 – 16	50
Direktskummad skjutmuff	0 – 63	51
Krympmuff	0 – 63	52
	0 – 32	53
	0 – 16	54
Elektrosvetsmuff	0 – 63	55
	0 – 32	56
	0 – 16	57
Skjutmuff med nätmatta	0 – 63	58
	0 – 32	59

Skjutnuff i 0 – 63 mm kringfyllning

Kringfyllningens packningsgrad:

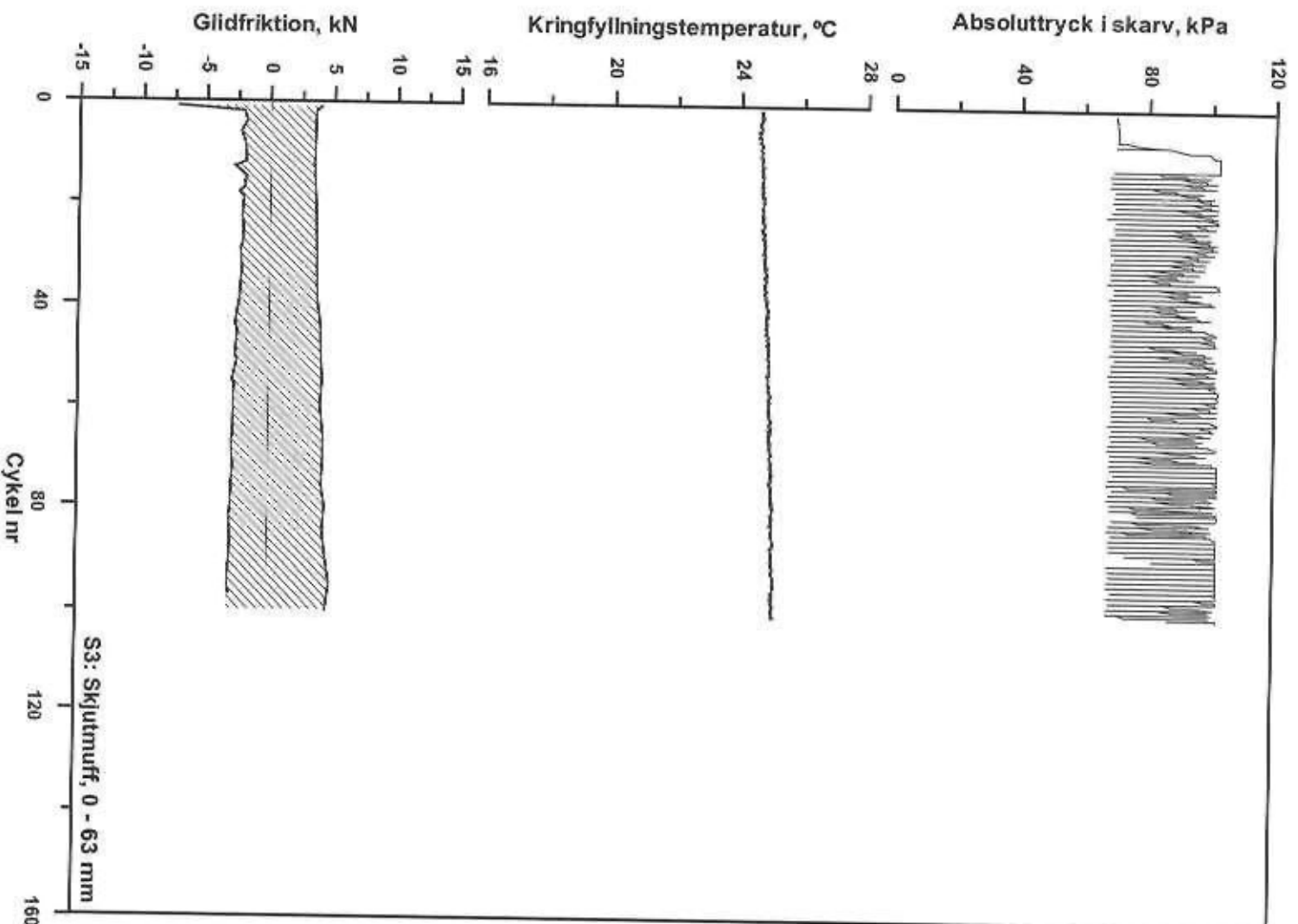
uppgift saknas

Kringfyllningens vattenkvot före provning:

3,6 vikt-%

Kringfyllningens vattenkvot efter provning:

uppgift saknas



Skjutmuff i 0 – 32 mm kringfyllning

Kringfyllningens packningsgrad:

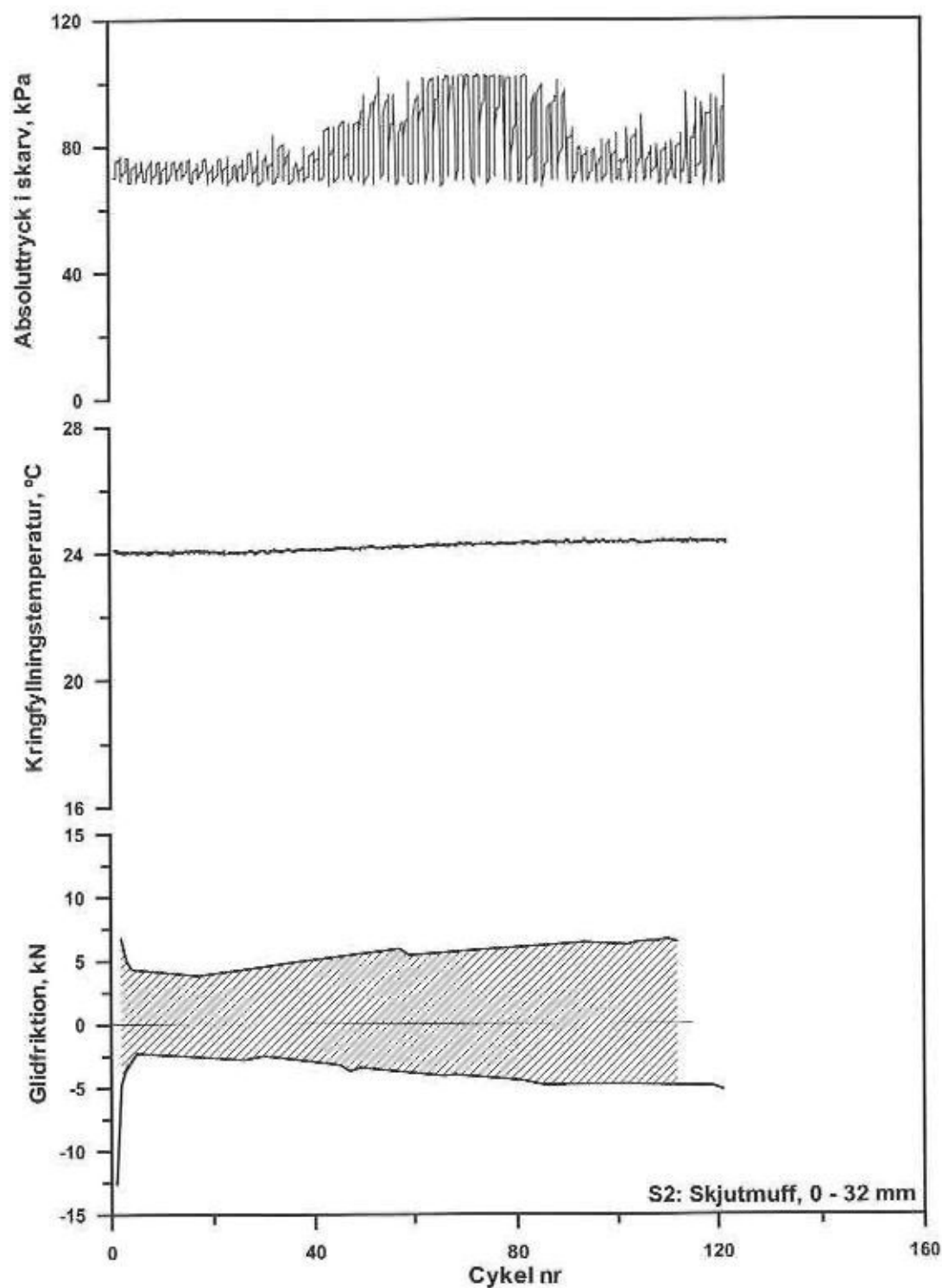
81 %

Kringfyllningens vattenkvot före provning:

2,2 vikt-%

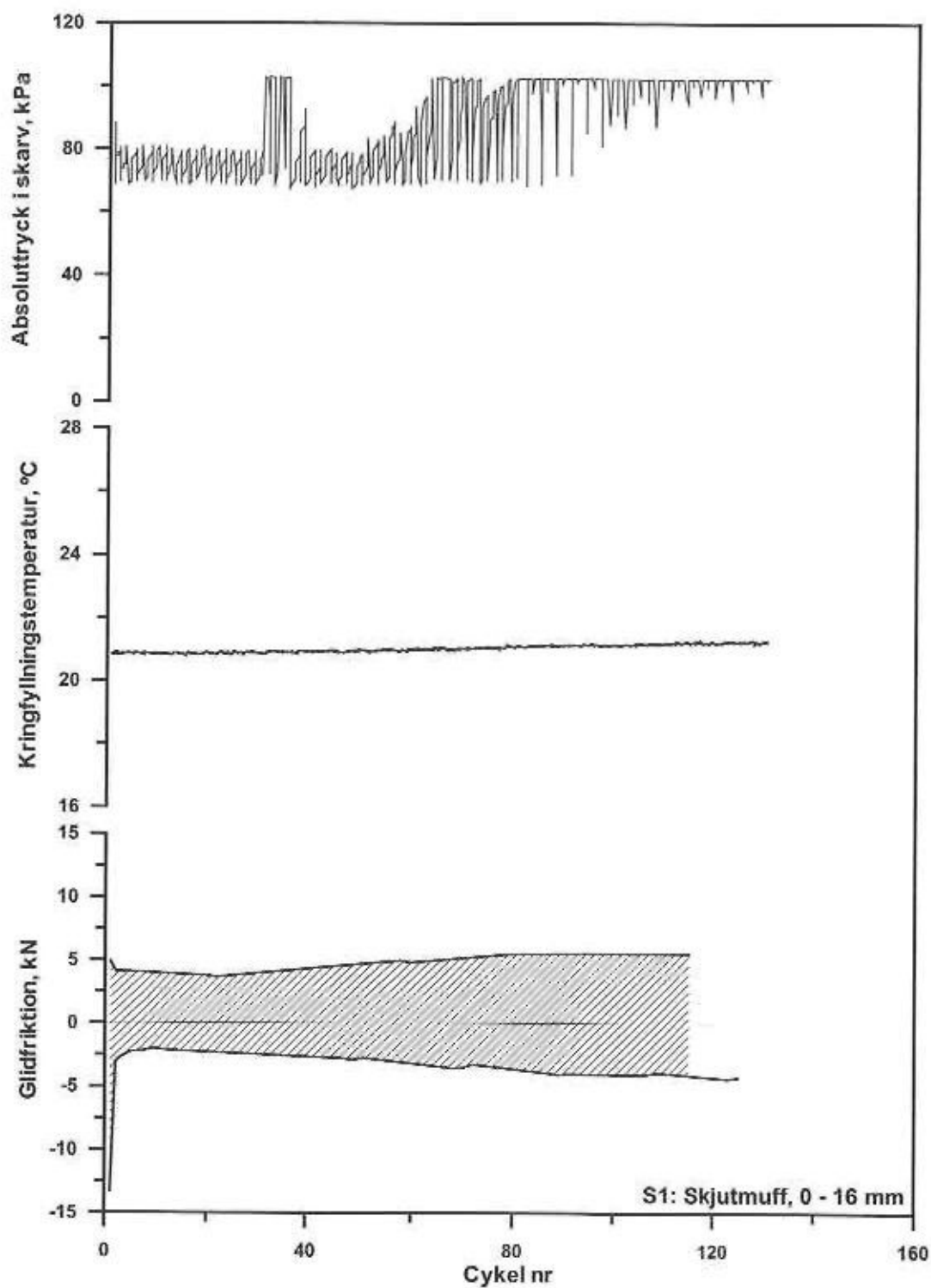
Kringfyllningens vattenkvot efter provning:

1,2 vikt-%



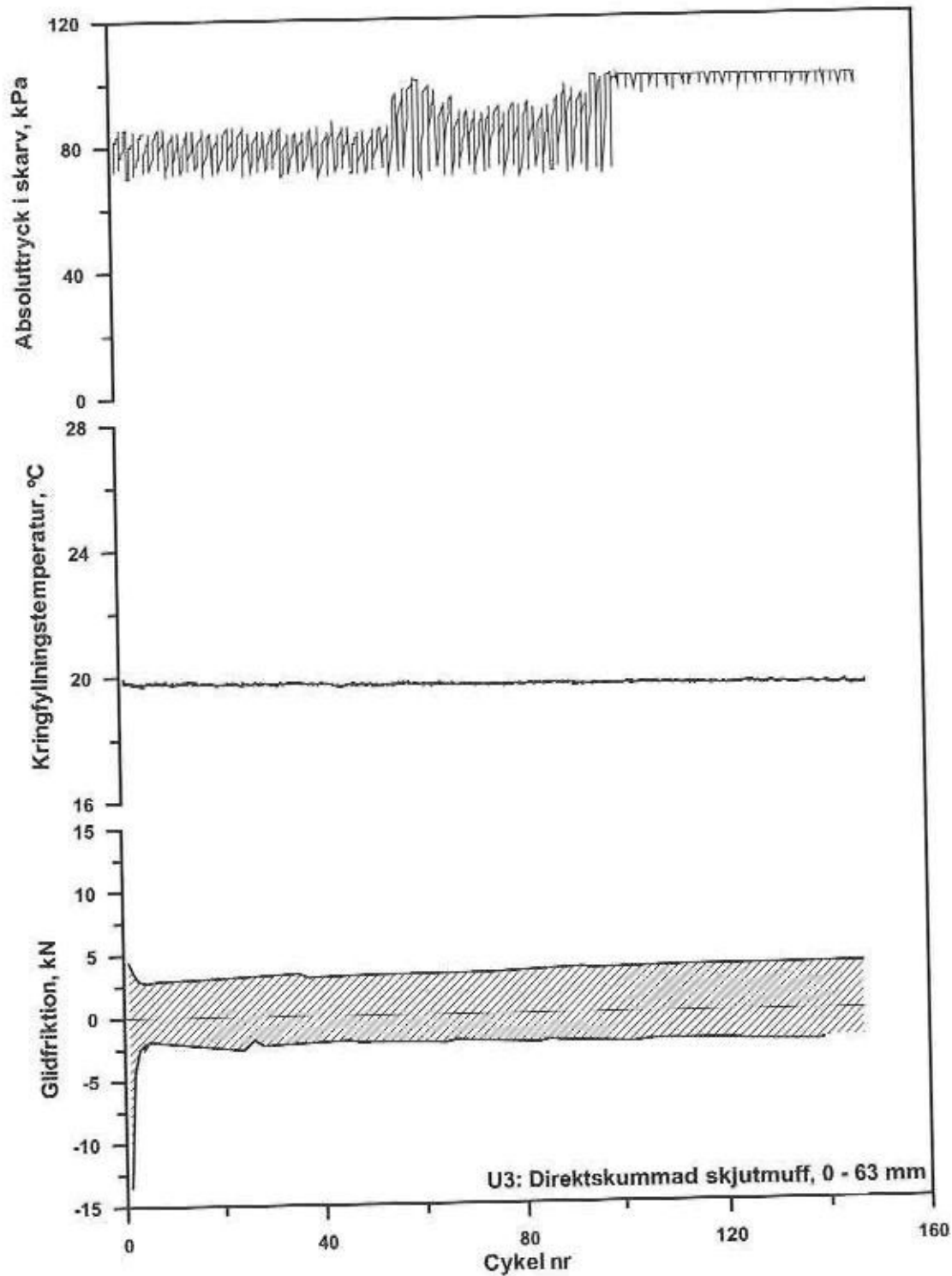
Skjutmuff i 0 – 16 mm kringfyllning

Kringfyllningens packningsgrad:	83 %
Kringfyllningens vattenkvot före provning:	2,4 vikt-%
Kringfyllningens vattenkvot efter provning:	2,4 vikt-%



Direktskummad skjutmuff i 0 – 63 mm kringfyllning

Kringfyllningens packningsgrad:	89 %
Kringfyllningens vattenkvot före provning:	5,7 vikt-%
Kringfyllningens vattenkvot efter provning:	3,2 vikt-%



Krympmuff i 0 – 63 mm kringfyllning

Kringfyllningens packningsgrad:

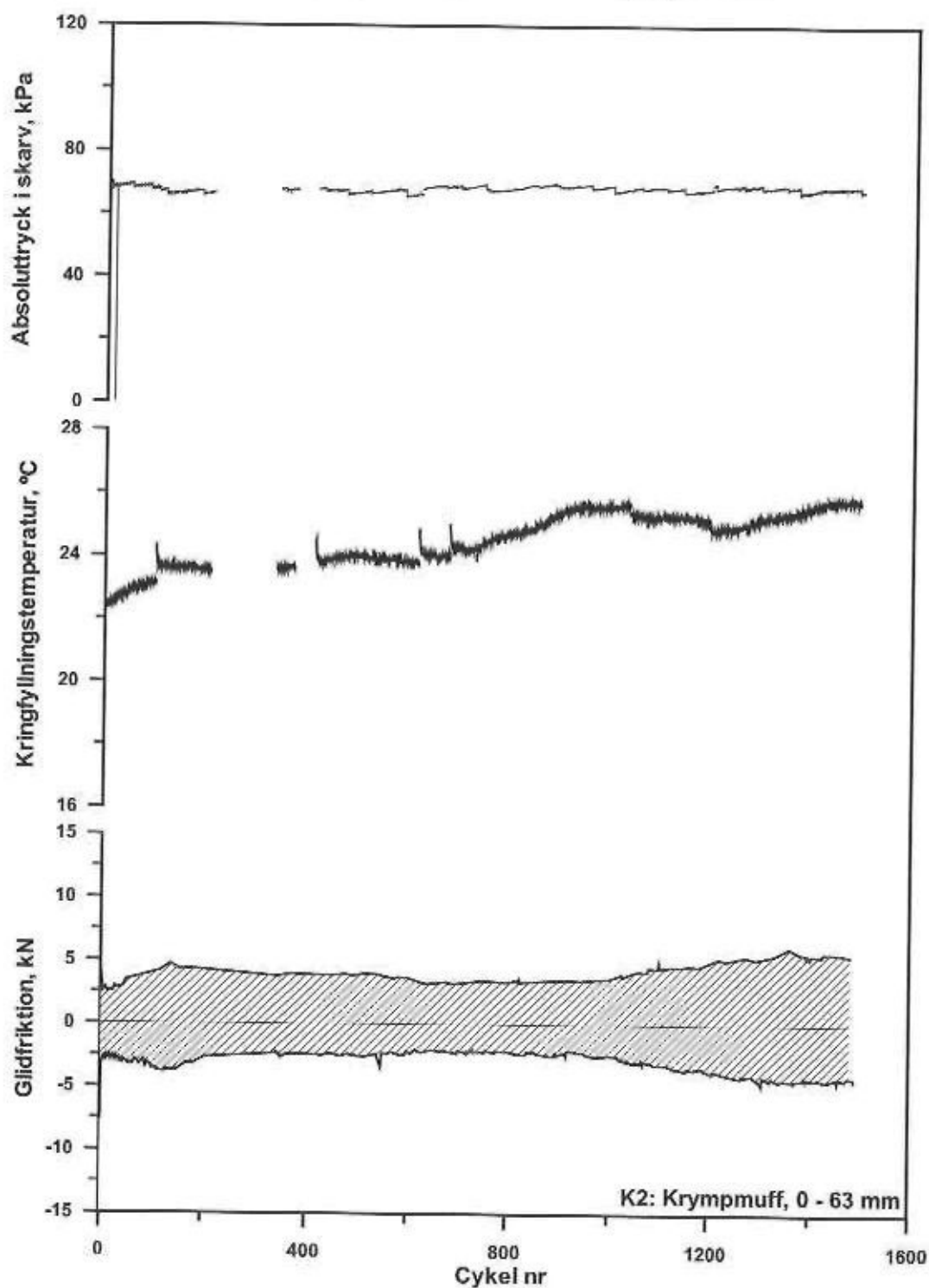
uppgift saknas

Kringfyllningens vattenkvot före provning:

4,9 vikt-%

Kringfyllningens vattenkvot efter provning:

uppgift saknas



Krympmuff i 0 – 32 mm kringfyllning

Kringfyllningens packningsgrad:

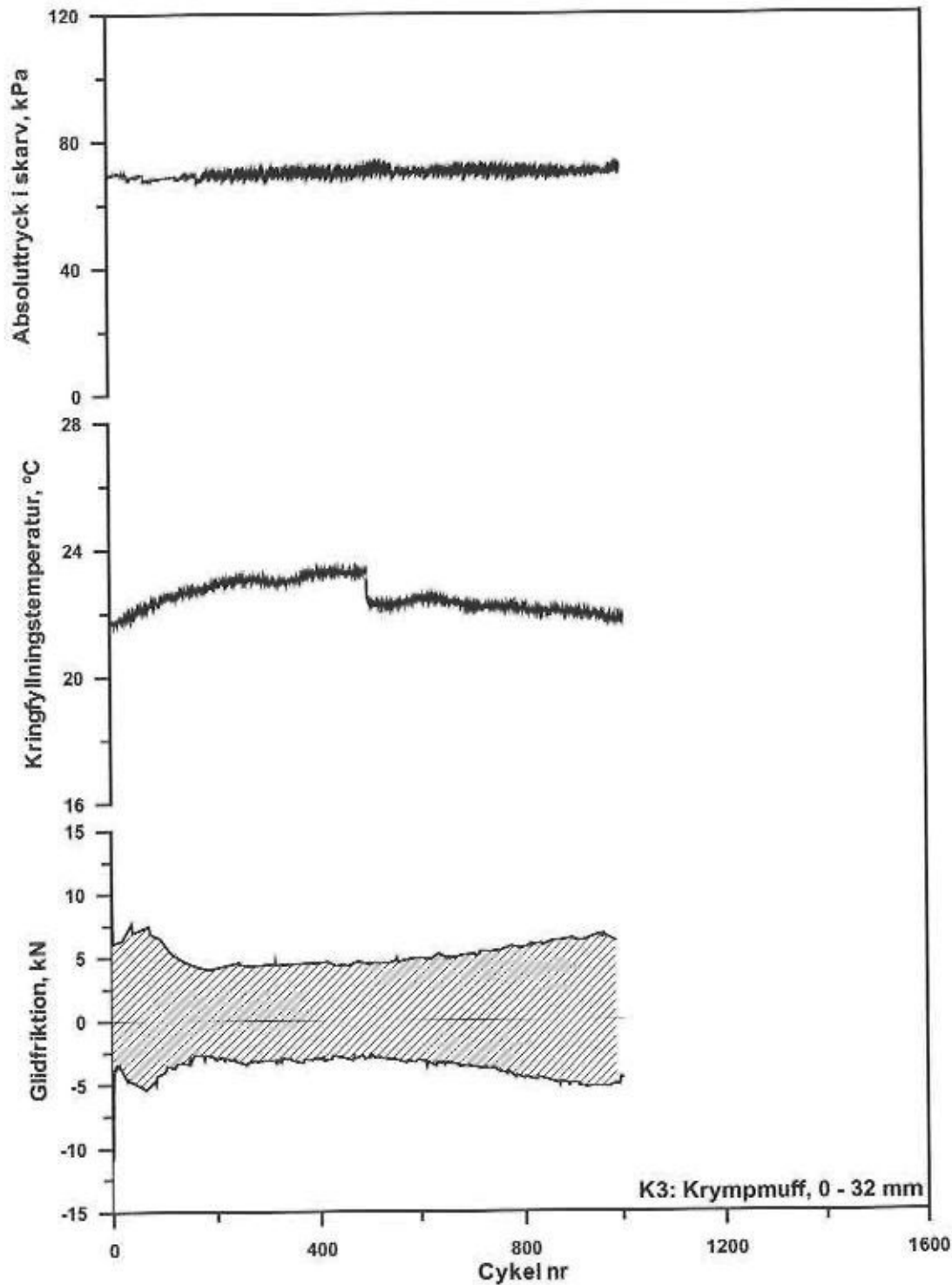
84 %

Kringfyllningens vattenkvot före provning:

1,3 vikt-%

Kringfyllningens vattenkvot efter provning:

0,9 vikt-%



Krympmuff i 0 – 16 mm kringfyllning

Kringfyllningens packningsgrad:

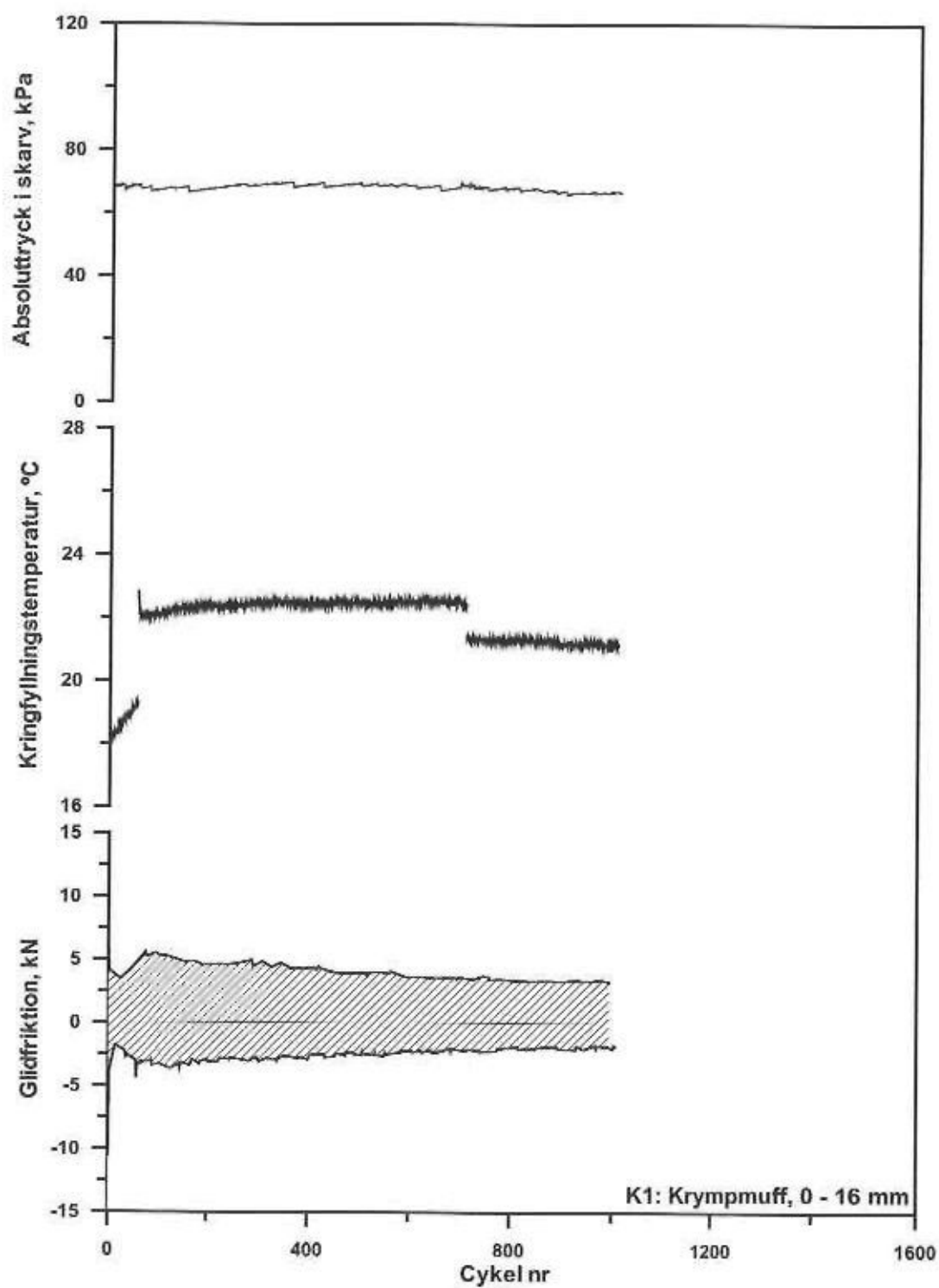
85 %

Kringfyllningens vattenkvot före provning:

5,6 vikt-%

Kringfyllningens vattenkvot efter provning:

4,7 vikt-%



Elektrosvetsmuff i 0 – 63 mm kringfyllning

Kringfyllningens packningsgrad:

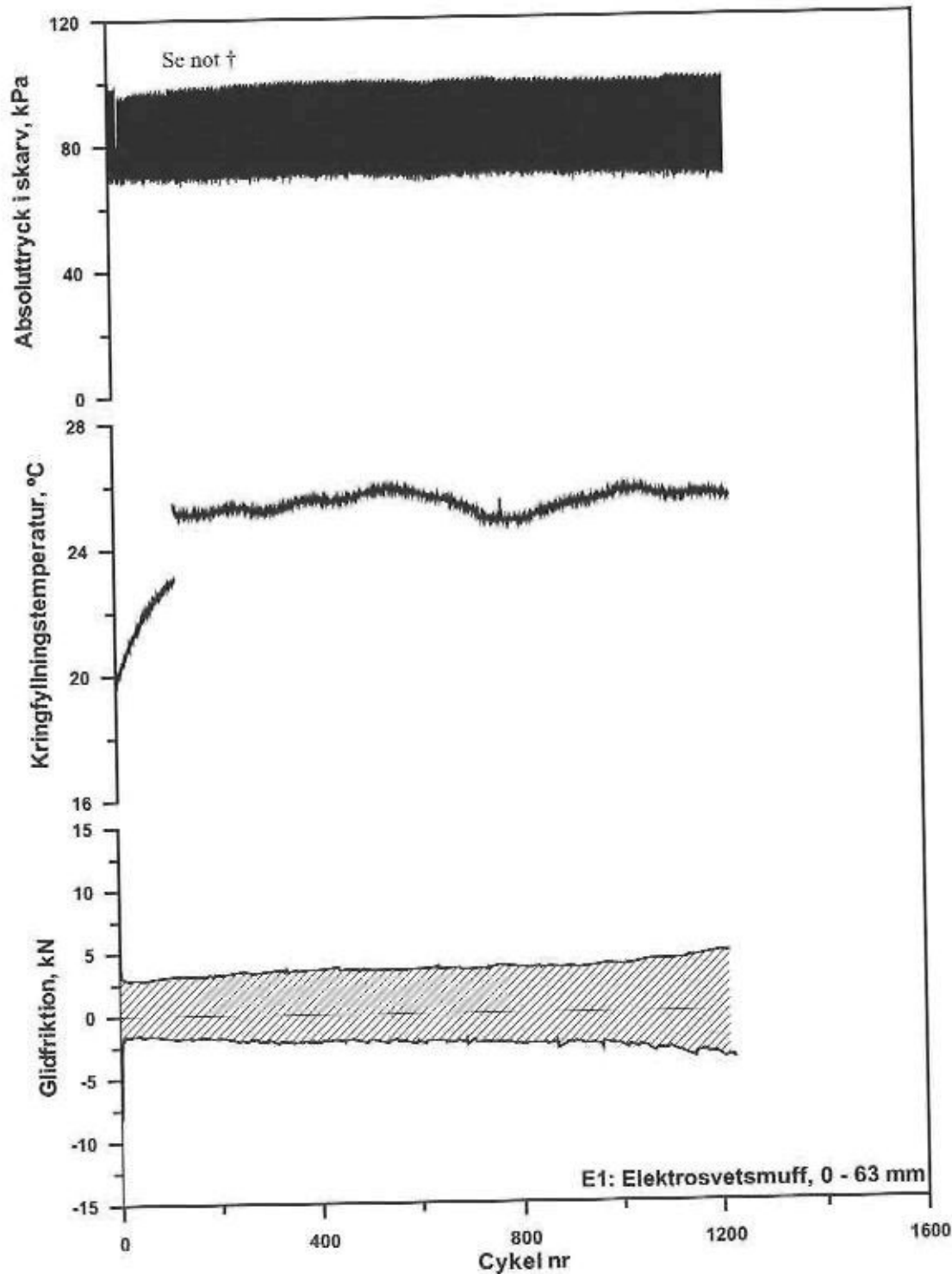
84 %

Kringfyllningens vattenkvot före provning:

4,7 vikt-%

Kringfyllningens vattenkvot efter provning:

3,2 vikt-%

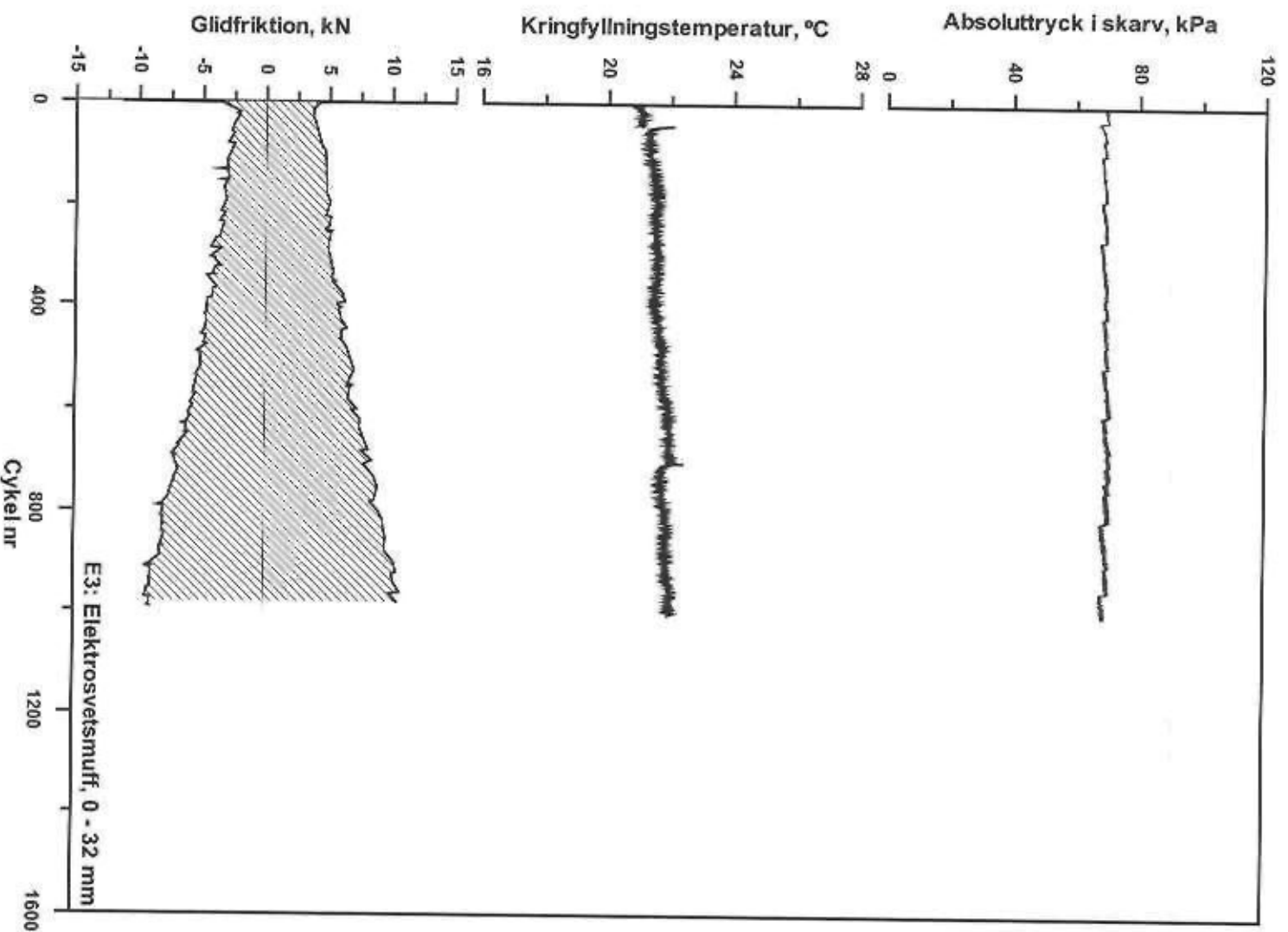


† Av tryckkurvan att döma förefaller skarven läcka under hela försökets gång. Vid efterkontroll med spår-gas och sniffer konstaterades emellertid att skarvförbandet var tätt och att läckaget skett längs med röret utefter larmträdarna.

Elektrosvetsmuff i 0 – 32 mm kringfyllning

Kringfyllningens packningsgrad:
Kringfyllningens vattenkvot före provning:
Kringfyllningens vattenkvot efter provning:

82 %
2,2 vikt-%
1,1 vikt-%



Elektrosvetsmuff i 0 – 16 mm kringfyllning

Kringfyllningens packningsgrad:

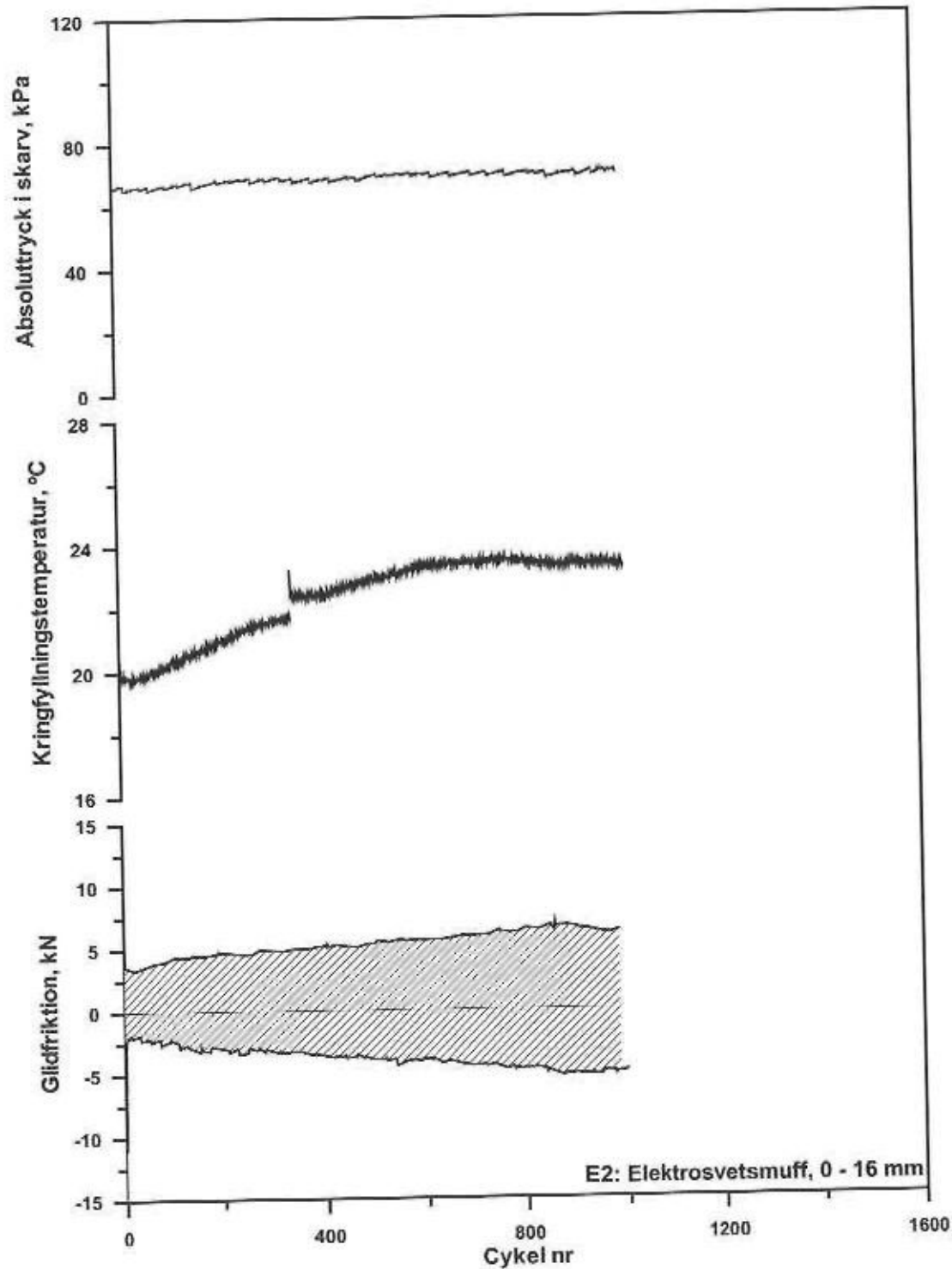
84 %

Kringfyllningens vattenkvot före provning:

4,5 vikt-%

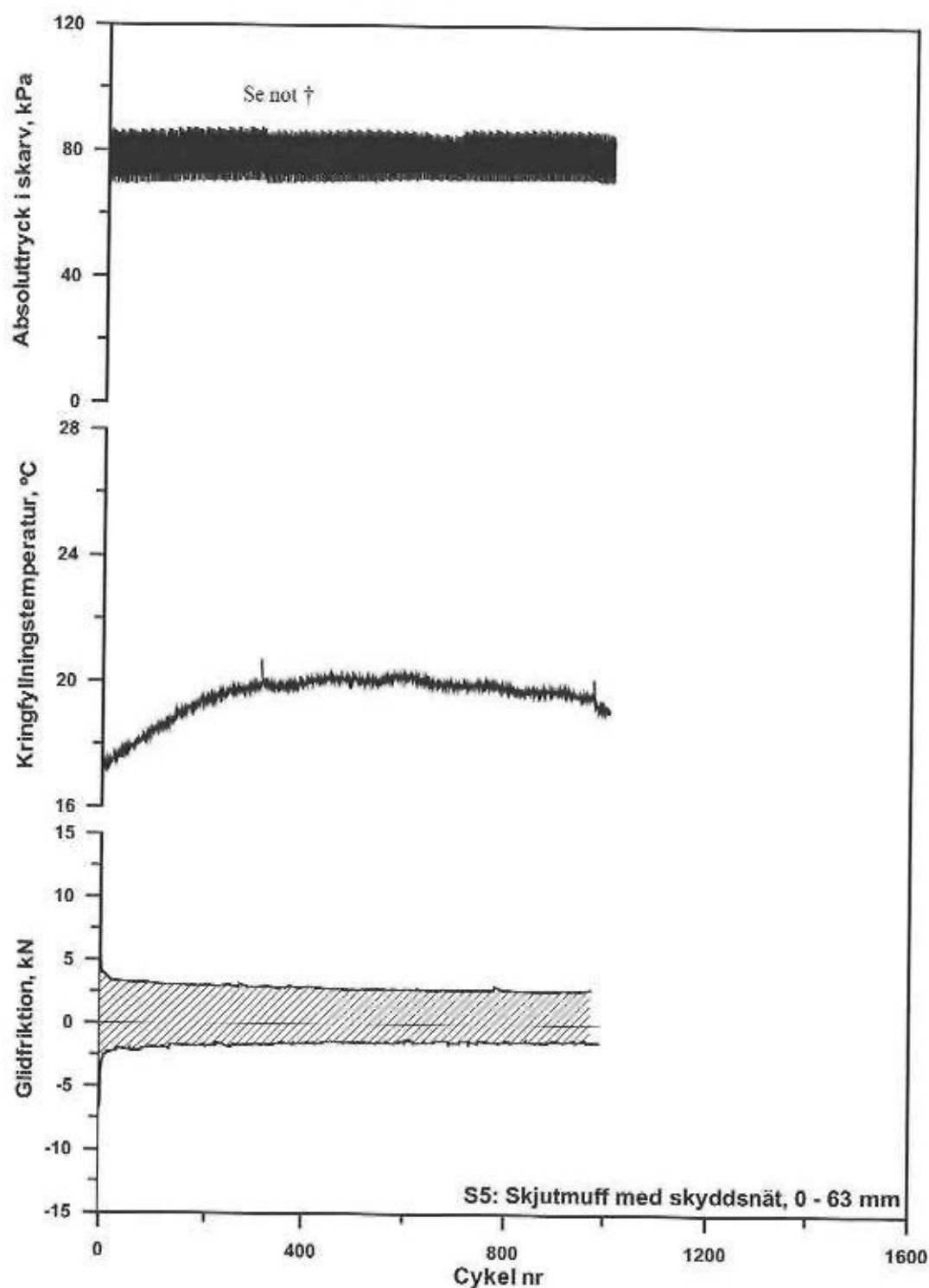
Kringfyllningens vattenkvot efter provning:

2,6 vikt-%



Skjutmuff med nätmatta i 0 – 63 mm kringfyllning

Kringfyllningens packningsgrad:	87 %
Kringfyllningens vattenkvot före provning:	7,8 vikt-%
Kringfyllningens vattenkvot efter provning:	4,2 vikt-%



† Av tryckkurvan att döma förefaller skarven läcka under hela försökets gång. Vid efterkontroll med spår-gas och sniffer konstaterades emellertid att skarvförbandet var tätt och att läckaget skett längs med röret utefter larmtrådarna.

Skjutmuff med nätmatta i 0 - 32 mm kringfyllning

Kringfyllningens packningsgrad:

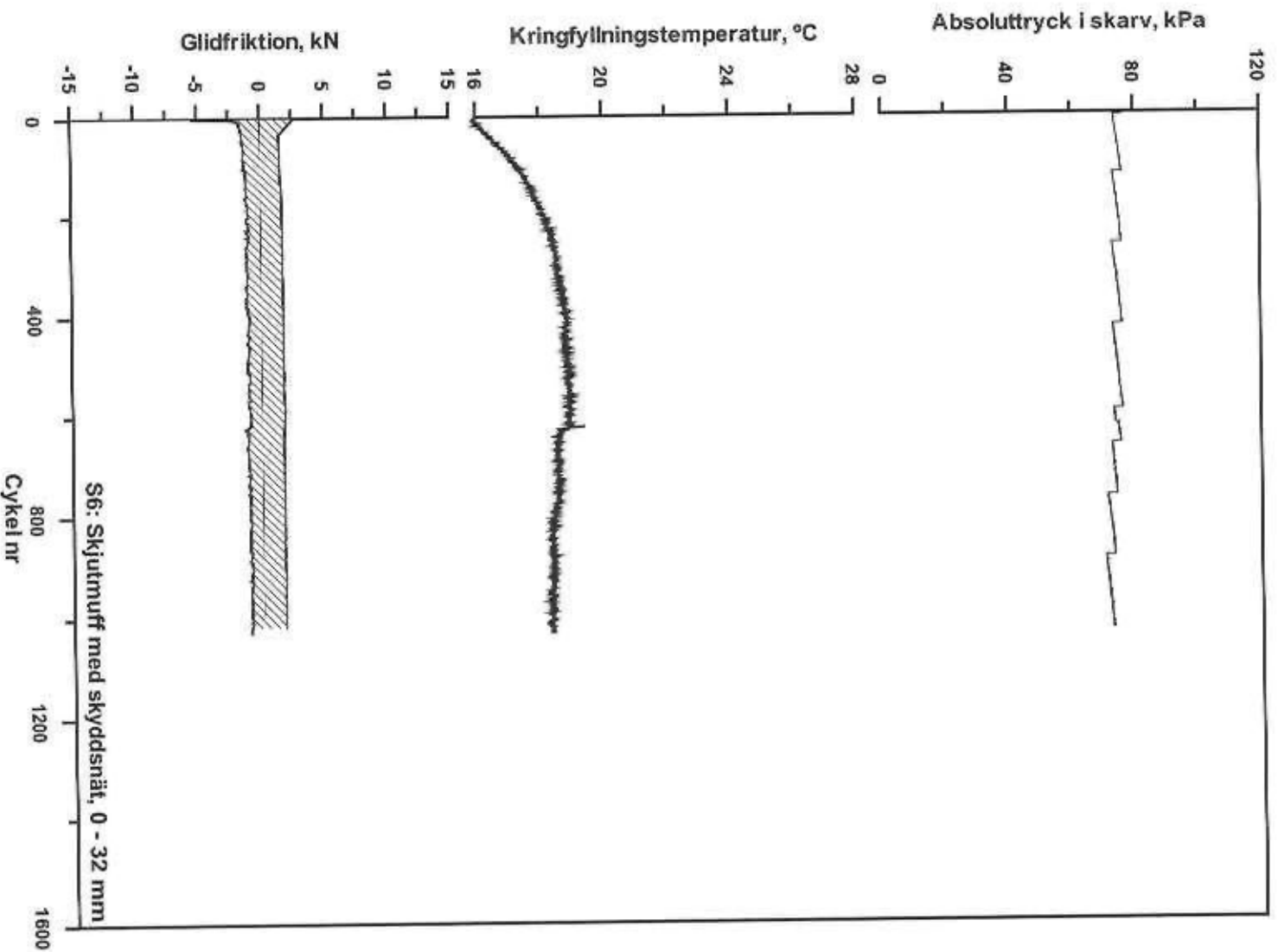
82 %

Kringfyllningens vattenkvot före provning:

2,7 vikt-%

Kringfyllningens vattenkvot efter provning:

2,5 vikt-%



Bilaga B – Tekniska data för provade skarvtyper

Tekniska data angivna nedan är baserade på uppgifter lämnade från respektive tillverkare.

Enkeltätande skjutmuff

Den enkeltätande skjutmuffen bestod av en skarvhylsa som tätades i ändarna med ett öppet krympband invändigt belagt med mastik. En låslapp applicerades över krympbandets omlottskarv för att denna inte skulle glida isär under krympnings-processen.

<i>Hylsa</i>	Material:	HDPE
	Längd:	700 mm
	Tjocklek:	3,5 mm
	Ytterdiameter:	174 mm
<i>Krympband, ryggmaterial</i>	Material:	PEX
	Bredd:	225 mm
	Tjocklek:	0,9 mm
	Draghållfasthet:	24 MPa
	Brottförlängning:	700 %
<i>Krympband, mastik</i>	Tjocklek:	1,3 mm
	Mjukningstemperatur:	85 °C
	Skjuvhållfasthet:	1,35 MPa

Dubbeltätande krympmuff

Den dubbeltätande krympmuffen bestod av en krympbar skarvhylsa med ett invändigt tätskikt av mastik. Hylsan krymptes ned längs hela sin längd och försågs i ändarna med yttre tätningar bestående av krympslangar invändigt belagda med mastik.

<i>Hylsa</i>	Material:	HDPE
	Längd:	700 mm
	Tjocklek:	3,2 mm
<i>Hylsa, mastik</i>		ingen uppgift
<i>Krympslang, ryggmaterial</i>	Material:	PEX
	Bredd:	150 mm
	Tjocklek:	0,6 mm
	Draghållfasthet:	23 MPa
	Brottförlängning:	630 %
<i>Krympband, mastik</i>	Tjocklek:	0,6 mm
	Mjukningstemperatur:	114 °C

Elektrosvetsmuff

Den elektrosvetsade muffen bestod av en HDPE-hylsa vars ändar krymptes ned mot mantelröret genom värmning med gasollåga. Under var ände på krymphylsan hade ett ca. 35 mm brett svetsband av kopparnät spikats fast runt mantelröret. Efter att hylsändarna krympts placerades spännband över dessa varpå svetsbanden spänningssattes. Genom värmen som uppstod i svetsbanden när ström passerade genom dessa smälte mantelrör och hylsa samman.

<i>Hylsa</i>	Material:	HDPE
	Längd:	775 mm
	Tjocklek:	5,0 mm
<i>Svetsband</i>	Typ:	Finmaskigt nät
	Bredd:	35 mm

Rapportförteckning

Samtliga rapporter kan beställas hos Fjärrvärmeföreningens Förlagsservice.
Telefon: 08 - 677 26 00, Telefax: 026 - 24 90 10

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
FORSKNING OCH UTVECKLING - RAPPORTER			
1	Inventering av skador på befintliga skarvar med CFC-blåsta respektive CFC-fria fogskum	Hans Torstensson	maj-96
2	Tryckväxlare - Status hösten 1995	Bror-Arne Gustafson Lena Olsson	maj-96
3	Bevakning av internationell fjärrvärmeforskning	Sture Andersson Gunnar Nilsson	maj-96
4	Epoxirelining av fjärrvärmerör	Jarl Nilsson	sep-96
5	Effektivisering av konventionella fjärrvärmecentraler (abonnentcentraler)	Lena Råberger Håkan Walltun	okt-96
6	Auktorisation av montörer för montage av skarvhylsor och isolering Former och utvärdering	Lars-Åke Cronholm	okt-96
7	Direkt markförlagda böjar i fjärrvärmeledningar	Jan Molin Gunnar Bergström	dec-96
8	Medierör av plast i fjärrvärmesystem	Håkan Walltun Heimo Zinko	dec-96
9	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisoler- ing av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	dec-96
10	Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov	Sven Werner	mars-97
11	Torkning av tvätt i fastighetstvättstugor med fjärrvärme	H. Andersson J. Ahlgren	maj-99
12	Omgivningsförhållandenas betydelse vid val av strategi för ombyggnad och underhåll av fjärrvärmenät. Insamlingsfasen	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-97
13	Svensk statlig fjärrvärmeforskning 1981-1996	Mikael Henriksson Sven Werner	dec-97
14	Korrosionsrisker vid användning av stål- och plaströr i fjärrvärmesy- stem - en litteraturstudie	Peeter Tarkpea	dec-97
15	Värme- och masstransport i mantelrör till ledningar för fjärrkyla och fjärrvärme	Daniel Eriksson Bengt Sundén	dec-97
16	Utvärdering av fuktinträngning och gasdiffusion hos gamla kulvertrör "Hisings-Backa"	Ulf Jarfelt	dec-97
17	Kulvertförläggning med befintliga massor	Jan Molin Gunnar Bergström Stefan Nilsson	dec-97
18	Värmeåtervinning och produktion av frikyla - två sätt att öka markna- den för fjärrvärmedrivna absorptionskylmaskiner	Peter Margen	dec-97
19	Projekt och Resultat 1994-1997	Anders Tvärne	mars-98

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
20	Analys av befintliga fjärrkylakunders kylbehov	Stefan Aronsson Per-Erik Nilsson	mars-98
21	Statusrapport Trycklösa Hetvattenackumulatorer	Mats Lindberg Leif Breitholtz	maj-98
22	Round Robin test av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ulf Jarfelt	maj-98
23	Mätvärdesinsamling från inspektionsbrunnar i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun	juni-98
24	Fjärrvärmerörens isolertekniska långtidsegenskaper	Ulf Jarfelt Olle Ramnäs	juni-98
25	Termisk undersökning av koppling av köldbärarkretsar till fjärrkylanät	Erik Jonson	juni-98
26	Reparation utan uppgrävning av skarvar på fjärrvärmerör	Jarl Nilsson Tommy Gudmundson	juni-98
27	Effektivisering av fjärrvärmecentraler – metodik, nyckeltal och användning av driftövervakningssystem	Håkan Walletun	apr-99
28	Fjärrkyla. Teknik och kunskapsläge 1998	Paul Westin	juli-98
29	Fjärrkyla – systemstudie	Martin Forsén Per-Åke Franck Mari Gustafsson Per-Erik Nilsson	juli-98
30	Nya material för fjärrvärmerör. Förstudie/litteraturstudie	Jan Ahlgren Linda Berlin Morgan Fröling Magdalena Svanström	dec-98
31	Optimalt val av värmemätarens flödesgivare	Janusz Wollerstrand	maj-99
32	Miljöanpassning/återanvändning av polyuretanisolerade fjärrvärmerör	Morgan Fröling	dec-98
33	Övervakning av fjärrvärmenät med fiberoptik	Marja Englund	maj-99
34	Undersökning av golvvärmesystem med PEX-rör	Lars Ehrlén	apr-99
35	Undersökning av funktionen hos tillsatser för fjärrvärmevatten	Tuija Kaunisto Lcena Carpcn	maj-99
36	Kartläggning av utvecklingsläget för ultraljudsflödesmätare	Jerker Delsing	nov-99
37	Förbättring av fjärrvärmecentraler med sekundärnät	Lennart Eriksson Håkan Walletun	maj-99
38	Ändgavlar på fjärrvärmerör	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	sept-99
39	Användning av lågtemperaturfjärrvärme	Lennart Eriksson Jochen Dahm Heimo Zinko	sept-99
40	Tätning av skarvar i fjärrvärmerör med hjälp av material som sväller i kontakt med vatten	Rolf Sjöblom Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm	nov-99

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
41	Underlag för riskbedömning och val av strategi för underhåll och förnyelse av fjärrvärmeledningar	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-99
42	Metoder att nå lägre returtemperatur med värmeväxlardimensionering och injusteringsmetoder. Tillämpning på två fastigheter i Borås.	Stefan Petersson	mars-00
43	Vidhäftning mellan PUR-isolering och medierör. Har blästring av medieröret någon effekt?	Ulf Jarfelt	juni-00
44	Mindre lokala produktionscentraler för kyla med optimal värmeåtervin-ningsgrad i fjärrvärmesystemen	Peter Margen	juni-00
45	Fullskaleförsök med friktionsminskande additiv i Herning, Danmark	Flemming Hammer Martin Hellsten	feb-01
46	Nedbrytningen av syrereducerande medel i fjärrvärmenät	Henrik Bjurström	okt-00
47	Energimarknad i förändring Utveckling, aktörer och strategier	Fredrik Lagergren	nov-00
48	Strömförsörjning till värmemätare	Henrik Bjurström	nov-00
49	Tensider i fjärrkylennät - Förstudie	Marcus Lager	nov-00
50	Svensk sammanfattning av AGFWs slutrapport "Neuartige Wärmeverteilung"	Heimo Zinko	jan-01
51	Vattenläckage genom otät mantelrörsskarv	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	jan-01
52	Direktförlagda böjar i fjärrvärmeledningar Påkänningar och skadegränser	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	jan-01
53	Korrosionsmätningar i PEX-system i Landskrona och Enköping	Anders Thorén	feb-01
54	Sammanlagring och värmeförluster i närvärmenät	Jochen Dahm Jan-Olof Dalenbäck	feb-01
55	Tryckväxlare för fjärrkyla	Lars Eliasson	mars-01
56	Beslutsunderlag i svenska energiföretag	Peter Svahn	sept-01
57	Skarvtätning baserad på svällande material	Henrik Bjurström Pal Kalbantner Lars-Åke Cronholm	okt-01
58	Täthet hos skarvar vid återfyllning med befintliga massor	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	okt-01

FORSKNING OCH UTVECKLING – ORIENTERING

1	Fjärrkyla: Behov av forskning och utveckling	Sven Werner	jan-98
2	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för perioden 23/5 – 30/9 1996.	Lars Lindgren Conny Nikolaisen	jan-98

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
3	Symposium om Fjärrvärmeforskning på Ullinge Wårdshus i Eksjö kommun, 10-11 december 1996	Lennart Thörnqvist	jan-98
4	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534, Mätvärdesinsamling för period 2, 1/1 – 31/12 1997.	Conny Nikolaisen	juli-98
5	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisoler- ing av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	sept-99

Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB och Statens Energi-
myndighet bedriver forskningsprogram inom området fjärrvärme
hetvattenteknik och fjärrkyla.

SVENSKA FJÄRRVÄRMEFÖRENINGENS SERVICE AB

101 53 STOCKHOLM

Besöksadress: Olof Palmes gata 31, 6 tr

Telefon 08 - 677 25 50, Telefax 08 - 677 25 55

Förlagsservice, beställning av trycksaker:

Telefon 026 - 24 90 00, Telefax 026 - 24 90 10