

---

# **KBS** TEKNISK RAPPORT

---

**102**

## **Metod att bocka bestrålade bränsle- stavar**

Torsten Olsson

ASEA-ATOM 1978-03-29

METOD ATT BOCKA BESTRÅLADE BRÄNSLESTAVAR

Torsten Olsson

ASEA-ATOM 1978-03-29

Denna rapport utgör redovisning av ett arbete som utförts på uppdrag av KBS. Slutsatser och värderingar i rapporten är författarens och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med uppdragsgivarens.

I slutet av rapporten har bifogats en förteckning över av KBS hittills publicerade tekniska rapporter i denna serie.

## S U M M A R Y

ASEA-ATOM has performed a study including experiments which verifies that it is possible to bend, or rather to wind up irradiated fuel rods to a plane spiral with an outer diameter of about 300 mm.

The fuel rods are inserted into stainless steel containers, each with room for two rods. In the container there is also a band of spring material along the side that will be subjected to tensions in the winding-up process. The container is sealed by welding and then winded up to form a plane spiral.

Chapter 2-4 describe how the fuel rods can be packed and winded up in an industrial scale. Chapters 5-7 describe performed experiments which verify the proposed method.

Distribution KBS	Från/From	Datum/Date	Reg.	Page Sida
	RBA	78-03-29	3851	
Författare/Author				
T Olsson, 1703				
Granskad/Examined			Godkänd/Approved	

Titel/Title  
Metod att bocka bestrålade bränslestavar

Sammanfattning/Abstract

ASEA-ATOM har genomfört en studie, som tillsammans med experiment visar att det är möjligt att bocka eller snarare ihoprulla utbrända bränslestavar, så att dessa får formen av en plan spiral med ytterdiametern ca 300 mm.

Bränslestavar insättes härvid i behållare av rostfritt stål som rymmer två stavar. Behållaren innehåller dessutom en skena av fjäderstål, som täcker den sida av behållaren, som blir utsatt för töjning under efterföljande rullningsoperation.

Efter det att behållaren har tätsvetsats, rullas paketet runt ett centrumrör till en plan spiral.

Kapitel 2-4 beskriver hur stavbockning och därmed sammanhängande stavhantering kan utföras i industriell omfattning. Kapitel 5-7 beskriver provbockningar som genomförts för att verifiera föreslaget förfarande.

Denna handling får ej utan vårt medgivande kopieras. Den får ej heller  
 delgivas annan eller själst obehörigen användas. Överträdelse härav be-  
 ivras med stöd av gällande lag. **ASEA-ATOM**  
 This document must not be copied without our written permission, and the  
 contents thereof must not be imparted to third party nor be used for  
 any unauthorized purpose. Contravention will be prosecuted. **ASEA-ATOM**

Innehåll

1. Målsättning
2. Val av bockningssätt
3. Förfarande
  - 3.1 Demontering av stavknippe
  - 3.2 Överföring av behållare till het cell
  - 3.3 Rengöring av behållare
  - 3.4 Torkning av behållare
  - 3.5 Svetsning av behållare
  - 3.6 Hoprullning av behållare
4. Materialval och dimensionering
  - 4.1 Utrustning och verktyg
  - 4.2 Behållare för stavar
5. Bockningsprov med obestrålade stavar
6. Bockningsprov med bestrålade stavar
7. Fullskaleförsök med obestrålade stavar
8. Diskussion av bockningsförfarande

## 1. Målsättning

Projektets målsättning var att utveckla och demonstrera en metod för bockning av använda bränslestavar, så att de kan placeras i en behållare med längden ca 2 m och innerdiametern ca 0.3 m utan att omgivningen blir kontaminerad av aktiva ämnen. Erforderlig stavhantering i anslutning härtill beskrives.

Förutsättningarna har varit att föreslagen metod skall vara oantastlig ur säkerhetssynpunkt med avseende på överförande av experimentellt förfarande till produktionsfall. Eftersom uppställd tidsplan ej har medgivit optimering av en rad parametrar, som är av betydelse för en ekonomisk utvärdering av denna typ av avfallshandling, kan utförd utredning ej användas för en ekonomisk jämförelse av möjliga metoder för långtidsförvaring av bestrålat kärnreaktorbränsle.

## 2. Val av bockningssätt

För inpackning av stavar i behållare med aktuella mått är bockning av stavar på två skilda sätt intressanta med avseende på det praktiska förfarandet. Dels kan stavar bockas i U-form, så att dess totallängd reduceras till ca 2 m, dels kan stavar rullas till en plan spiral med ytterdiameter ca 0.3 m. För att erhålla acceptabel packningsgrad skulle U-bockningen behöva utföras med olika avstånd mellan skänklarna på respektive U. De smalaste profilerna skulle få en lika snäv bock som innervarvet i den spiralbockade stav som ger samma fyllnadsgrad vid packning i behållare. Eftersom det, såsom visas nedan, är enkelt att rulla upp stavar i plana spiraler och denna bockningsform ger stora möjligheter att välja fördelaktig totalhöjd på ytterbehållare, valdes detta koncept för vidareutveckling.

Om man i framtiden av speciella, nu ej kända skäl, hellre skulle vilja bocka stavarna i U-form, finns inga hinder att tillämpa nedan beskrivna metod för detta ändamål.

### 3. Förfarande

#### 3.1 Demontering av stavknippe

Stavknippe, vars stavar skall avfallsförvaras, flyttas med servicetravers från bassängposition till demonteringsfixtur, som är placerad i avskilt utrymme i bassängen. Servicetraversen har gripanordning för stavknippe av samma principkonstruktion som användes för bränslehantering på kraftstationer. Demonteringsfixturen är placerad i vagn med vertikal återrörelse enligt samma princip som de ombyggnadsriggar för bränsle som standardmässigt användes i bränslebassängen på kraftstationer. Då demonteringsfixtur med stavknippe står i sitt övre läge, är vattentäckningen över knippet 2.5 m. Vagnen kan härifrån köras nedåt 4 m. Demonteringsfixturen är innesluten i en öppningsbar avskärmning som nedtill har avsug till filter. Härigenom säkerställes att en nedåtriktad vattenströmning finnes genom knippet, då stavar drages ut. Den crud som då lossnar från bränslestav följer med vattenströmmen neråt och uppsamlas i filtret. Förfarandet har verifierats vid bränslearbeten på kraftstationer.

Demonteringsfixturen är byggd i form av en balk, som nedtill har en uppställningsring, som passar till stavknippets bottenplatta. Balken har på två motstående sidor pneumatiskt manövrerade spridarhållare, som fixerar spridarna, då stavar utdrages. Under fixturen finns ett pneumatiskt styrt fråshuvud, som kan föras mot stavknippets bottenplatta, så att muttrar tillsammans med utskjutande bärande stavtappar bortfräses.

Isärtagning av knippen sker med följande arbetsmoment:

- a) Stavknippe placeras i fixtur, när denna står i lägsta läge. Spridarhållarna ansättes. Kontroll av att spridarhållarna fixerar spridarna på rätt sätt kan utföras genom fixturens lucka med undervattens-TV.

- b) Vagn med fixtur och stavknippe uppköres till övre läget.
- c) Muttrarna som håller topplattan avskruvas. Då muttrarna lossas, anbringas mothåll på respektive stav med stavtving, som griper om topplugg under topplattan. Mutter och topplatta placeras i avfallsbehållare för stålskrot.
- d) Fråshuvud under fixturens uppställningsring startas och manövreras mot bottenplattan, så att muttrar på bärande stavar bearbetas bort.
- e) Chuckverktyg anbringas på bränslestav. Indikeringsringen på verktyget ger utslag då chuck har gripit om topplugg.
- f) Vagn med stavknippe nedköres till dess gripen stav är fri från knippet. Chuckverktyget är härvid upphängt i säkerhetslina kopplad till en linlastvåg, så att vagnen automatiskt stoppas, om dragkraften överstiger ett förutbestämt värde.
- g) Chuckverktyg med stav föres över till en av de 32 behållare, som står uppställda i vagnens flyttbara lyftfixtur. Behållaren med innermåtten 15 x 27 mm och vägg tjockleken 1 mm rymmer 2 stavar. Behållare innehåller även en stålskena med tjockleken 1 mm, som är svetshäftad till behållarens ena vägg. Nedsättning av stavar sker genom att vagnen med lyftfixtur innehållande behållare körs uppåt, medan chuckverktyg med stav hålles stilla. Chuckverktyget är hela tiden fastgjort i säkerhetslina.
- h) Efter det att samtliga stavar har plockats ur ett stavknippe, loss göres spridare och bottenplatta från fixturen och dessa komponenter överföres till behållare för respektive avfallstyp.



### 3.2 Överföring av behållare till het cell

När ett antal stavbehållare har fyllits med 2 stavar i vardera, förflyttas behållarna in i en het cell. En säker hantering kan utföras om en del av den heta cellen är placerad ovanför ett utrymme i bassängen, som kan avskiljas med en port från övrig bassängdel.

Lyftfixturen med behållare lyftes på samma sätt som bränsleboxar nu hanteras på kraftverk till en vagn, som står utanför porten till det ovannämnda avgränsade utrymmet. Vagnen köres in i utrymmet under cellen och porten, som utgör strålskydd, stänges. Genom en transportkanal hämtas lyftfixturen upp till en tvättposition belägen i ett avgränsat utrymme i cellen, där en viss kontaminering med förorenat bassängvatten beräknas ske.

### 3.3 Rengöring av behållare

Trots att demonteringen av stavknippe sker i fixtur, där lossnande crud avsuges till filter, kommer en viss försmutsning av bassängvattnet att ske. När behållare med stavar därför lyftes upp i cellen, är behållarna kontaminerade på utsidan av crudpartiklar. För att få renast möjliga miljö längre fram i cellerna, utföres en tvättning av stavbehållarna i en speciell tvättposition. Härvid får även det bassängvatten, som kvarblev i behållarna under intransporten till cellen avrinna genom dränagehål i botten. Tvättningen sker genom att behållarna spolras med rent vatten. Efter bortfiltrering av smutspartiklar i vattnet kan detta återledas till tvättposition.

### 3.4 Torkning av behållare

Efter tvättning flyttas behållare med stavar genom en port in i den del av cellen, som i största möjliga utsträckning skall hållas fri från kontaminering med aktiva ämnen. Behållare insätts här i värmeskåp, där torr luft med temperaturen ca 60°C blåses genom och utanför stavbehållarna.

### 3.5 Svetsning av behållare

När behållare är fri från fukt flyttas den till verktyg, som pressar ihop öppningen i överänden, varefter igensvetsning sker. Svetsmaskinen konstrueras så, att stavarna av mekaniska skäl ej blir åtkomliga för smältning, om svetsmaskinen hanteras felaktigt.

Behållare insättes därefter i en kammare med vakuumsystem, där den tömmas på luft genom dränagehål i bottenänden.

När förutbestämt vakuum har uppnåtts, igensvetsas dränagehål i behållare.

Svetsarnas täthet provas genom att behållare först utsätts för något yttre övertryck av helium, varefter normal heliumläcksökning utföres.

### 3.6 Hoprullning av behållare

Behållare fastskruvas i ena änden till ett centrumrör med yttre diametern ca 90 mm. Bockningen eller snarare hoprullningen utföres genom att centrumröret bringas att rotera i en svarvliknande maskin, varvid fjäderbelastade rullar trycker behållaren mot centrumröret. Härvid sammanpressas behållaren, så att anliggning mot stavarna erhålles. Behållarens yttre tjocklek blir då 15.2 mm. I samband med att behållaren rullas upp till en plan spiral, pressar behållaren även på kortsidorna, så att anliggning mot stavar även här erhålles. Detta resulterar i att behållaren antar en mer rektangulär form med yttre bredden 27 mm. För att upprulla en behållare med längden 4280 mm erfordras 7 varv, vilket ger att rullens ytterdiameter blir ca 300 mm.

Då behållaren med stavar är helt upprullad fästes behållarens ände t ex genom bandning. Kontroll av behållarens täthet efter hoprullning erhålles genom aktivitetsdetektering av cellens atmosfär.

## 4. Materialval och dimensionering

### 4.1 Utrustning och verktyg

All utrustning som skall användas i vattenbassäng tillverkas av elektropolerat rostfritt stål för att därmed underlätta rengöring och service.

### 4.2 Behållare för stavar

Behållare tillverkas av rostfritt stål typ SIS 2333, som tillåter en töjning på minst 45 %, vilket är ungefär 3 gånger så mycket som den sträckning materialet blir utsatt för vid hoprullning av behållare.

Behållarens inre tvärsnittsdimensioner är 15 x 27 mm med rundade hörn, vilket ger innerarean  $3.57 \text{ cm}^2$ . För att erhålla ett kraftigt överdimensionerat utrymme för fissionsgasen göres behållaren 4280 mm lång, trots att bränslestavlängden endast är 3960 mm. Bränslestavar placeras i behållare så att det innersta varvet, som efter hoprullning har medeldiametern 105 mm, ej kommer att innehålla bränslestavar, utan dessa kommer att ligga först i andra varvet, som har medeldiametern 135 mm. Detta kan enkelt säkerställas genom att behållaren i den änden, som skall fästas till centrumröret, tillplattas något, så att stavar ej kan skjutas in för långt. Med 2 stavar med diameter 12.25 mm och längden 3960 mm inneslutna i behållaren blir - då hänsyn tagits till stålskenan i behållaren - tillgänglig volym för fissionsgaser  $480 \text{ cm}^3$ .

I en stav med 3.12 kg  $\text{UO}_2$  som nått utbränningen 3.6 MWd/kg U har  $3400 \text{ cm}^3$  fissionsgaser av normaltryck bildats.

Enligt den modell som ASEA-ATOM använder för beräkning av fissionsgasavgivning frigöres 2 % av i stav bildade gaser vid utbränningar upp till 40 MWd/kg U. Vid den låga längdvarmebelastning ( $< 415 \text{ W/cm}$ ) som gäller för ASEA-ATOMS kraftreaktorbränsle bör detta vara ett realistiskt dimensioneringskriterium.

Uppmätt gasfrigörelse i bestrålade stavar från Oskarshamn 1 tyder härpå. I sådana stavar med utbränningen 23 MWd/kg U har gasavgivningen 0.10-0.15 % uppmätts.

I bestrålade kutsar har en relativt omfattande sprickbildning ägt rum. I samband med hoprullning av behållare kommer en viss fragmentering av kutsar att ske. Härvid kommer glidning i första hand att ske utefter de sprickor som redan finns i kutsarna. För att beakta att nya sprickor i viss omfattning kommer att bildas under hoprullningen och som möjliggör gasavgivning från korngränser förutsättes, att 4 % av fissionsgasmängden kan komma att frigöras. Eftersom det måste förutsättas att stavarna går sönder i samband med hoprullning, erfordras att behållare kan innesluta frigjord gasmängd.

Med 2 stavar i behållare blir frigjord gasmängd  $0.04 \times 2 \times 340.0 = 272 \text{ cm}^3$ . Eftersom behållaren vakuum-pumpas före hoprullning, finns volymen  $480 \text{ cm}^3$  tillgänglig. Behållare blir alltså ej utsatt för inre övertryck.

Med hänsyn till allmän säkerhet vid hantering väljes godstjockleken 1 mm. Behållaren blir då överdimensionerad även med avseende på förpackning av PWR-stavar som före bestrålningen är trycksatta till 40 bar.

Nedtill är behållaren anpassad för fastsättning till den cylinder, som kommer att utgöra centrumrör vid hoprullning. Detta centrumrör är format så, att behållaren vid hoprullningen får önskad spiralform.

Behållaren innehåller dessutom en stålskena med dimensionerna 1 x 27 mm och med samma längd som behållaren, dvs 4280 mm. Stålskenans kanter är något kupade så de passar till behållaren. Figur 1 visar tvärsnitt av behållare med stavar och stålskena. Materialet i stålskenan är fjäderstål SIS 1770, som härdats så att

sträckgränsen är minst  $1330 \text{ N/mm}^2$ , vilket är ungefär en faktor 2 mer än motsvarande hållfasthet i slutbestrålade zircaloystavar. Stålskenan placeras i ytterbehållaren vid den sida, som kommer att utsättas för sträckning vid hoprullning. Såväl stålskena och behållare som rullningsmaskin konstrueras så, att det av mekaniska skäl ej blir möjligt att rulla behållare med fel sida utåt. Stålskenan säkerställer att brustna stavar ej skall skära fast vid behållaren under hoprullning utan glidning över stålskenan skall kunna ske. Det måste nämligen förutsättas att stavar vid hoprullning brister med sprött brott, så att brottytan får skarpa kanter, som skulle kunna skära fast i materialet, som är mjukare än bestrålade Zircaloy och då ge upphov till så stora lokala töjningar, att brott skulle kunna uppstå. För att underlätta glidning mellan behållare och stålskenan är denna på båda sidor belagd med ett tunt grafitskikt.

#### 5. Bockningsprov med obestrålade stavar

Eftersom ett stavpaket som skall rullas upp på ett centrumrör till en plan spiral, får den minsta krökningsradien och därmed störst påkänning i materialet i det innersta varvet är det tillräckligt att med försök visa, att stavar kan bockas till 180-graders böj med aktuell krökningsradie. I ett första steg gällde det därför att visa, att obestrålade stavar inneslutna i plåtpaket kan bockas med krökningsradien 50 mm.

För bockningsprov tillverkades 300 mm långa bränslestavar, som innehöll kutsar av naturligt uran. Bränslestavarna var i övrigt enligt ASEA-ATOMS normalutförande, dvs ytterdiametern var 12.25 mm. Bockningsförsök utfördes på 4 sådana stavar inneslutna i en behållare med plats för 2 stavar. Behållare tillverkades av material SIS 1148 med plåttjocklek 0.5 och 1 mm. Övriga dimensioner enligt figur 2. Två provbockningar utfördes; en med 0.5 mm tjock plåt i behållaren och en med plåttjockleken 1 mm. Två provstavar placerades i vardera

behållaren, vars ändar därefter sammanpressades, så att stavarna förblev inneslutna.

Bockningsproven utfördes i ett något modifierat standardverktyg för rörbockning som gav bockningsradien 50 mm. Båda stavpaketen kunde utan problem bockas till en 180-graders böj utan sprickbildning i behållarens material.

Även om det gick bra att bocka obestrålade stavar utan någon hård stålskena i behållaren, kan man inte visa, att bockning av bestrålade stavar alltid kan ske på detta sätt, om kapselmaterialet är hårdare än behållaren.

För att verifiera att behållare innehållande stålskena kan bockas problemfritt, utfördes spirallullning av behållare av rörform med 1 stålskena och 1 stav per behållare. Ytter- och innerdiameter på behållare var respektive 16 och 14 mm och längden ca 4000 mm. Materialet var SIS 2333. Stålskenan, som var tillverkad av härdat material SIS 1770, hade tjockleken 1 mm och bredden 12 mm och var av samma längd som behållaren. Stålskenan var kupad så att den passade till rörets innerdiameter, som alltså täcktes av stålskenan till ca en tredjedel av omkretsen.

De bränslestavar som användes innehöll naturligt uran och var i övrigt enligt AAs normalutförande. Efter det att stålskena och stav hade placerats i behållare, igensvetsades denna i båda ändra. Behållarens ena ände svetsades därefter till en ände på en massiv stålcyllinder med diameter 48 mm och längden 380 mm. I en svarv rullades sedan behållaren till en tät lindad spiral med 20 varv på stålcyllindern. Spirallens ytterdiameter blev 78 mm och dess längd 380 mm. Två sådana upprullningar utfördes. I båda fallen gick det att utan problem rulla behållare med stavar till spiraler. Sidor på behållare som hade varit utsatta för töjning inspekterades utan att några sprickor kunde iakttas. Totalt upprullades alltså 40 hela

varv utan missöde. Utseendet på framtagna spiraler framgår av figur 3.

För att kunna genomföra bockningsprov på lika spröd eller sprödare kapsel än den som fås efter bestrålning utprovades en metod att förspröda färsk kapsel genom oxidering vid hög temperatur. Det visade sig att värmning i luft vid  $900^{\circ}\text{C}$  under 1 timme medförde att kapselmaterialet vid böjning gav brott med utomordentligt låg duktilitet. Provstavar, 6 st 300 mm långa med försprödad kapsel, framtogs. Stavarna var fyllda med kutsar av naturligt uran och för övrigt av AAs normalutförande.

I samband med provbockning av bränslestavar med försprödad kapsel provades även en metod att sammanpressa stavar för att därmed möjliggöra effektivare utnyttjning av utrymme i förvaringskärl. Denna sammanpressning av stavar tillgick så, att två provstavar först placerades i en innerbehållare av 0.5 mm tjock stålplåt av SIS 1148. Behållarens ändar sammanveks, varefter behållaren sammanpressades genom lätta hammarslag, så att stavarnas ytterdiameter minskades från 12.25 till 11.25 mm. Denna behållare med sammanpressade stavar insattes sedan i en ytterbehållare, som också var tillverkad av 0.5 mm tjock plåt av SIS 1148 och som innehöll en stålskena av härdat fjäderstål med tjockleken 1 mm enligt figur 4. Två sådana provpaket innehållande stavar med försprödad kapsel framtogs. I båda fallen kunde bockning till 180-graders böj med bockningsradien 50 mm utföras utan svårighet.

## 6. Bockningsprov med bestrålade stavar

Även om kapsel som är försprödad genom oxidering ej avviker från bestrålningsförsprödad är det alltid önskvärt att ett verifikationsförsök kan utföras med autentiskt material. Genom att AA bedrev efterbestrålningundersökning på bestrålade bränslestavar från Oskarshamn 1 i heta celler i Studsvik vid aktuell tidpunkt, var det möjligt att genomföra bockningsprov på högt bestrålade bränslestavar från en kraftreaktor.

En bränslestav av AAs normalutförande med medelutbränningen 23 MWd/kg U kapades till 300 mm långa provstavar. Provstavarna kapades från bränslestavens mittparti. För att hindra att kutsar under hanteringen skulle fall ut, infördes material av bomull i provstavarnas ändar.

Samma bockningsförsök som tidigare utförts på obestrålat men försprödat kapselmateriel genomfördes med dessa bestrålade bränslestavar. Även verktygen som användes i Studsvik var desamma som använts tidigare.

Två provstavar placerades alltså i en innerbehållare enligt figur 2. Behållarens ändar pressades ihop, så att stavarna förblev inneslutna. Detta var således ej någon gastät förpackning. Behållaren pressades därefter så att en reduktion av stavdiametrar med 1 mm erhöles. Den pressade innerbehållaren placerades sedan i en ytterbehållare enligt figur 4, som innehöll en grafitbelagd härdad stålskena av material SIS 1770. Ytterbehållarens ändar veks ihop på samma sätt som tidigare gjorts med innerbehållaren. Bockning till 180-graders böj genomfördes därefter utan problem. Två identiska stavpaket framtogs och bockades. Efter bockningen undersöktes det bockade området under stereoperiskop. Någon sprickbildning i materialet kunde härvid ej upptäckas.

## 7. Fullskaleförsök med obestrålade stavar

För att ytterligare verifiera utarbetat förpackningsförfarande har ett fullskaleförsök utförts med inpackning och hoprullning av två obestrålade stavar av AAs normalutförande.

Behållare för 2 stavar tillverkades av rostfritt stål SIS 2333. Längden på behållaren var 4280 mm och vägg-tjockleken 1 mm. Ett tvärsnitt av behållaren visas på figur 1.



Till den delen av behållaren som skulle fästas till centrumröret fastsvetsades ett inre fäste som var format så att det passade både till behållaren och till centrumröret. Den delen av fästet som sköt in i behållaren var fastskruvad till en 1 mm tjock stödskena av härdat fjäderstål SIS 1770 som vid rullningen skulle upptaga alla krafter från bränslet. Stödskenan hade bredden 20 mm och samma längd som behållaren. Efter att inre fästet med stödskena monterats placerades två bränslestavar i behållaren.

För att erhålla hårdast möjliga provningsförhållanden placerades stavarna direkt mot inre fästet så att stavarna skulle bockas redan under först rullningsvarvet. Stavarnas anliggning mot inre fästet säkerställdes genom att tomma kapselrör placerades över stavarna så att dessa ej kunde förflyttas under hantering före ihoprullningen.

Efter iläggning av stavar tillplattades den öppna delen på behållaren. Denna ände var tillverkad avsmalnande på sträckan 60 mm så att behållaren i tillplattat tillstånd ej blev bredare än 26 mm. Till denna avsmalnande del var ett 1050 mm långt, 20 mm brett och 1.5 mm tjockt band av SIS 2333 svetsat. Efter tillplattningen igensvetsades änden så att en tät förslutning erhöles. Utseendet på igensvetsad behållare med inre fäste framgår av figur 5.

Före ihoprullningen svetsades behållarens inre fäste till ett centrumrör av SIS 2333 med ytterdiametern 80 mm och innerdiametern 53 mm. Med tjockleken 15 mm på behållaren blev medeldiametern på det innersta varvet således 95 mm.

Upprullningen utfördes i en 8-tums standardvarv. Det till behållarens inre fäste fastsvetsade centrumröret inspändes i svarvens spindel. Behållaren styrdes ca 100 mm framför centrumröret av ett gaffelliknande styrverktyg som tryckte behållaren mot centrumröret efter hand som upprullningen fortgick. I detta verktyg

ihoppressades även behållaren från kortsidorna så att yttermåttan efter passage genom detta verktyg var 15.5 mm x 27 mm.

Eftersom den relativt provisoriska utrustningen ej medgav att styrverktyget flyttades i takt med rullens tillväxt på centrumröret kunde ej upprullningen utföras utan avbrott. Då upprullningen stoppades för justering av styrverktygets placering verkade den upplindade behållaren som en spiralfjäder som strävade att vrida spindeln baklänges.

Svarven hade ej tillräcklig bromsverkan för att förhindra att spindeln vid varje stopp vreds något baklänges vilket medförde att den från början på centrumröret hårt upplindade behållaren lösgjordes så att spel mellan varven uppstod. När sedan upprullningen åter igångsattes efter ett stopp blev behållaren p g a friktion mellan varven ej lika hårt upprullad som den varit efter första lindningen. Detta resulterade i att diametern på den färdiga rullen blev 310 mm vilket är några mm större än vad den skulle bli enligt beräkningarna. Med en specialbyggd maskin för upprullning kan dock diametern 300 mm lätt innehållas.

Den färdigrullade plana spiralen säkrades mot upprullning genom att det 20 mm breda och 1.5 mm tjocka stålbandet drogs en gång runt rullen och ihopsvetsades. Efter låsning med detta band är rullens diameter 314 mm och dess höjd 27 mm. Efter genomförd upprullning avstacks centrumröret till samma höjd som behållaren. Utseendet av den plana spiralen framgår av figur 6.

Den färdiga spiralen inspekterades på alla sidor under mikroskop. Onormala materialtöjningar eller sprickbildningar kunde ej upptäckas.

## 8. Diskussion av bockningsförfarande

Huvuddelen av de arbetsoperationer som ingår i ovan beskrivna förfarande för hoprullning av stavar har i samband med bränslearbete utförts i stor skala inom ASEA-ATOM. Detta gäller t ex hantering av bestrålade knippen och isärtagning av dessa samt hantering av enskilda bränslestavar i bränslebassängen på kraftstationer. ASEA-ATOM har i dessa fall en väl utvecklad, och av berörda myndigheter godkänd teknik, som möjliggör säker hantering av stavar efter en avklingningstid av 10 dygn. ASEA-ATOM har - utan att erhålla brott på någon bränslestav - hanterat över 4000 enskilda bestrålade bränslestavar enligt detta förfarande. Hantering i bassäng av enskilda stavar med flera års avklingning kan därför på utprovat sätt ske med försumbara riskmoment.

ASEA-ATOM har också tillsammans med AB Atomeneri i samband med efterbestrålningundersökning på bestrålade stavar erhållit stor erfarenhet av hantering av sådana stavar i heta celler.

Det enda mer okonventionella arbetsmoment som erfordras i samband med beskrivet stavpackningsförfarande är hoprullning av stavpaket.

Eftersom de säkerhetsmässiga aspekterna prioriteras så kraftigt i detta projekt, kommer förfarandet att vinna utrymme genom att sammanpressa stavarna ej att tillämpas.

Jämfört med provbockningarna av försprödade stavar och bestrålat bränsle innebär prefererat förfarande att säkerheten har ökats genom att materialet i stavbehållaren kommer att vara rostfritt (SIS 2333) med tjockleken 1 mm istället för kolstål med tjockleken 0.5 mm i försöken.

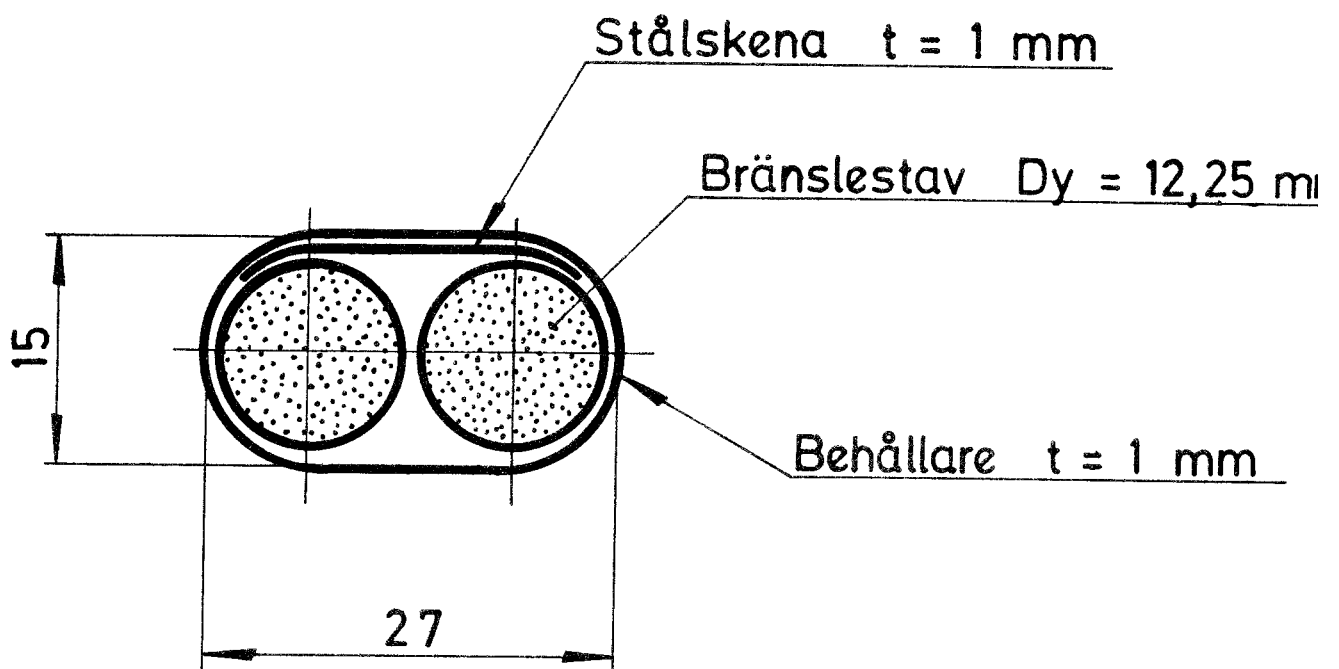
Förhållandet att provbockningar av stavar med försprödad kapsel utförts med stavarna inneslutna i en 0.5 mm tjock innerbehållare har ej medfört minskad påkänning på stålskena och ytterrör. Innerbehållaren hade nämligen endast till uppgift att innesluta kutsfragment om stavarna knäcktes vid sammanpressningen. Vid bockning av försprödade stavar uppstår så spröda brott, att den mjuka innerbehållaren som ligger pressad mot stavarna snabbt brister på grund av stora lokala töjningar. Den härdade stålskenan däremot är hårdare och har dubbla hållfastheter jämfört med kapselmaterialet, vilket medför att brottytor på staven ej kan nypa fast i stålskenan utan kapselmaterialet deformerar av denna.

Med hänsyn till kutsarna är det enklare att bocka bestrålade stavar än färska, eftersom kutsar under bestrålning erhåller ett väl utbildat sprickmönster.

Eftersom den hoprullade behållaren som innehåller två stavar har höjden 27 mm, kommer med hänsyn till vissa staplingsfel mellan de plana spiralerna ca 72 behållare, dvs 144 stavar, att rymmas inom höjden 2000 mm.

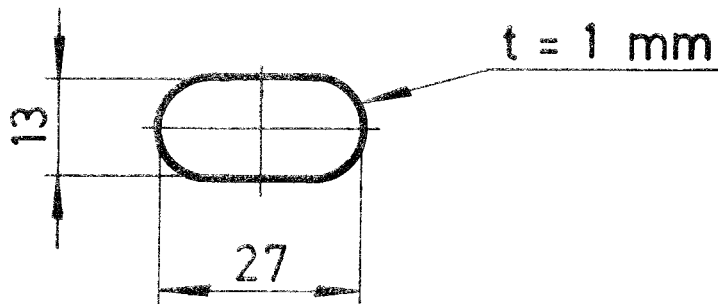
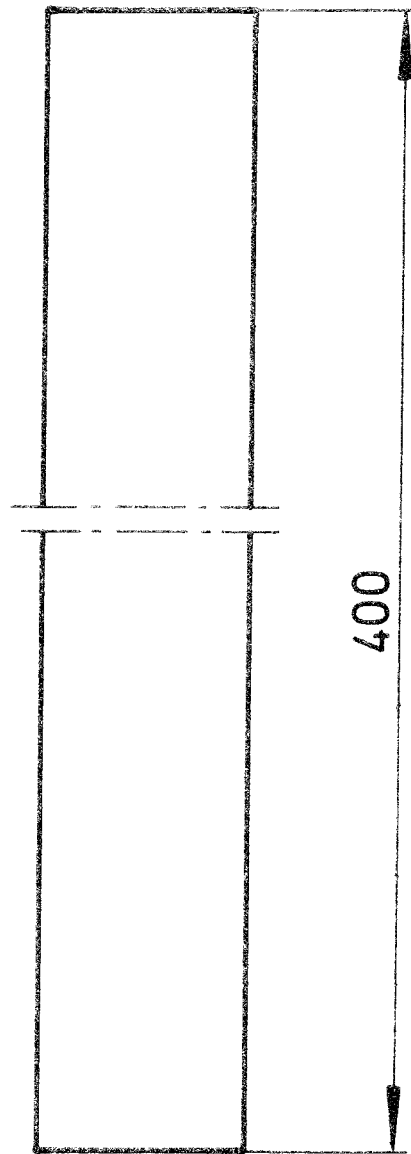
Tvärsnitt av behållare före hoprullning

Skala 2:1

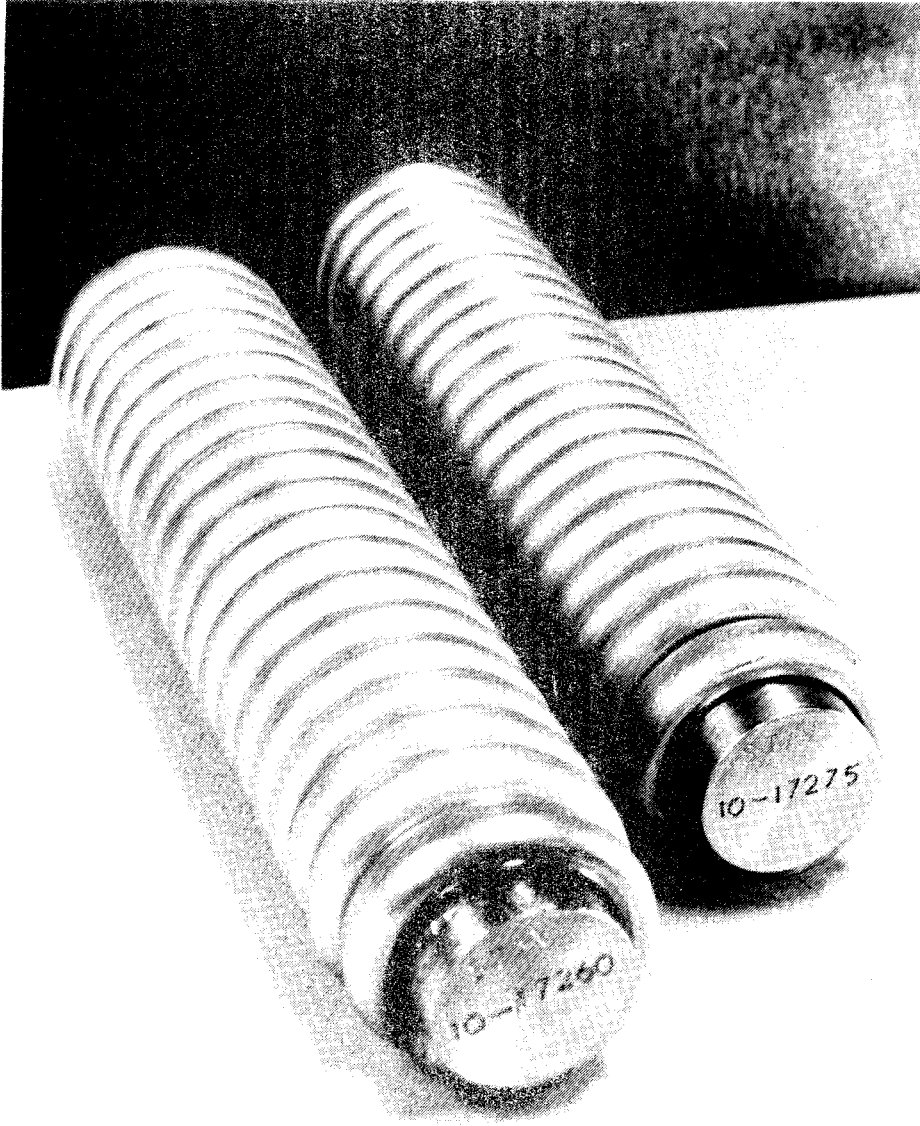


Innermått

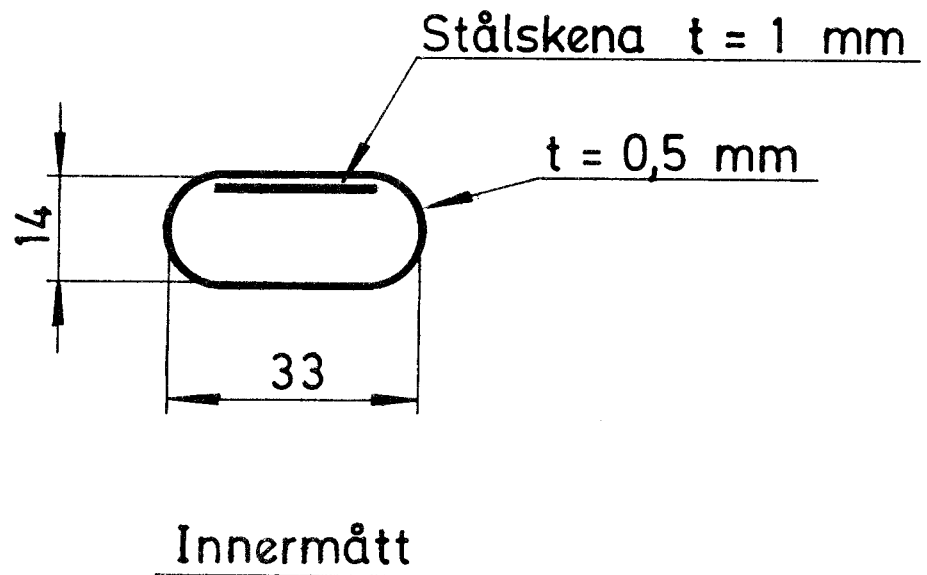
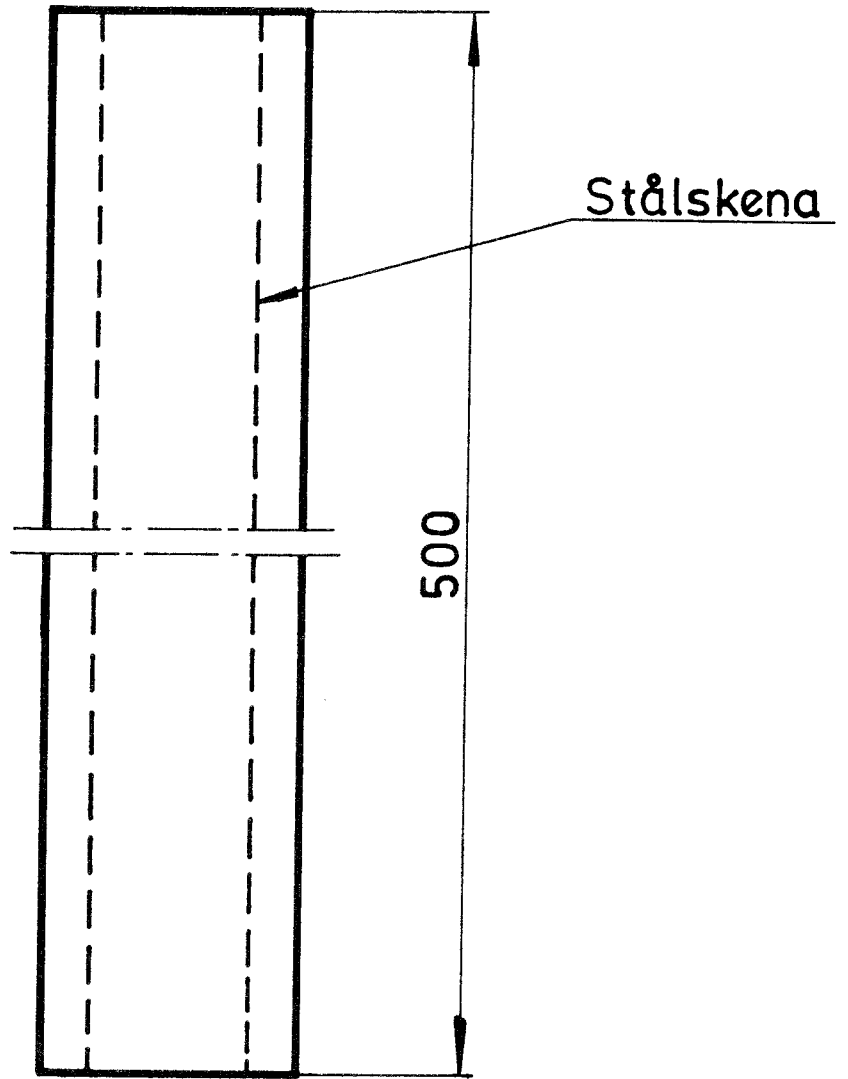
Behållare för provbockning



Innermått

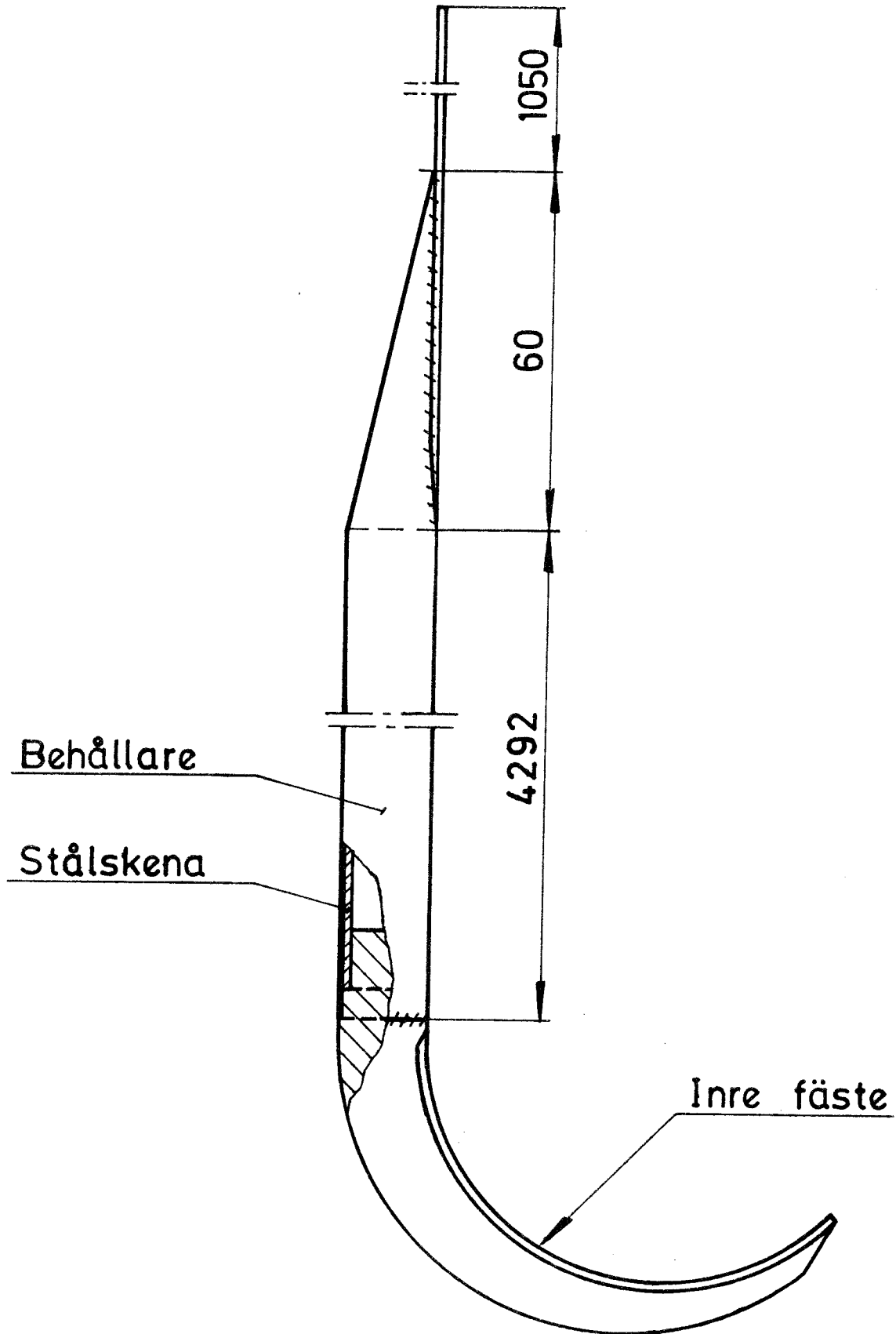


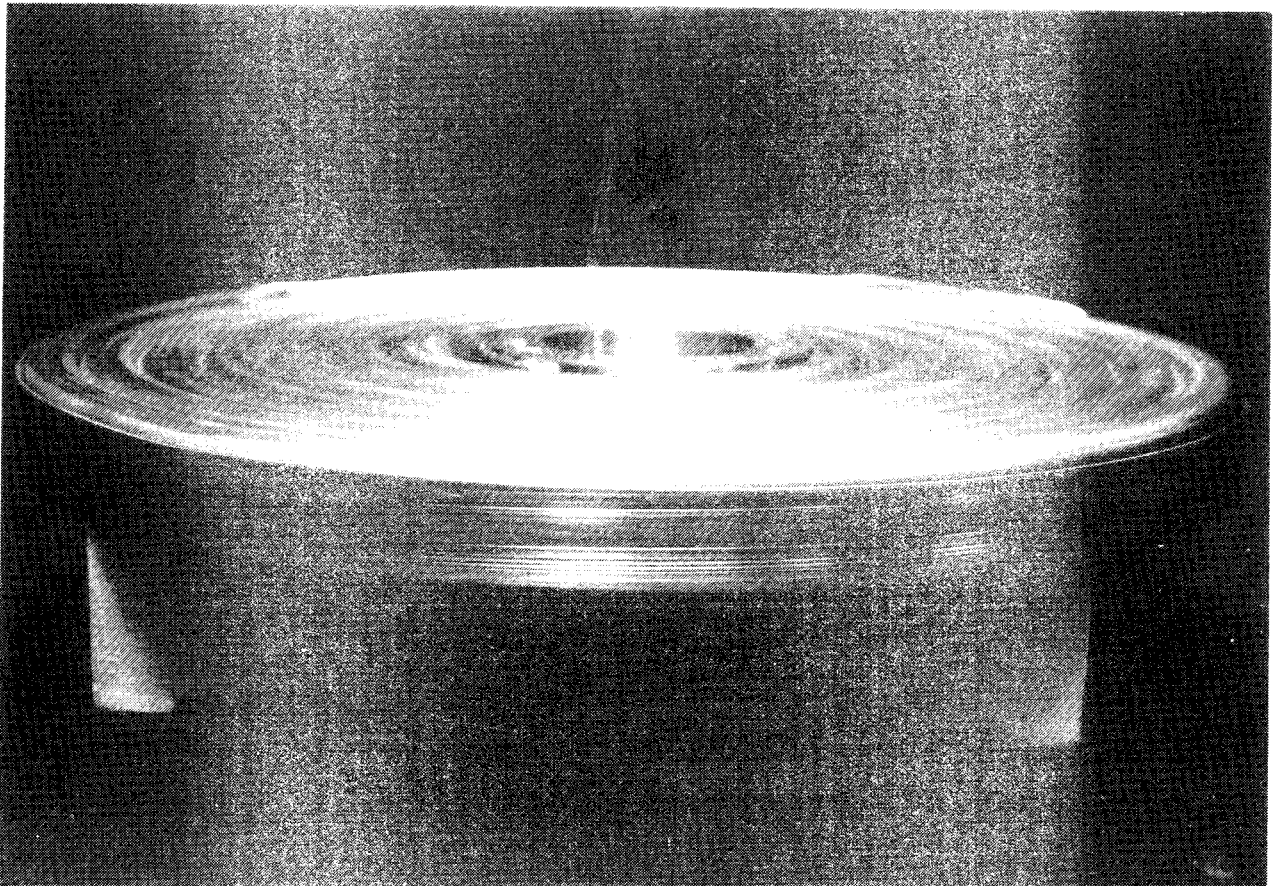
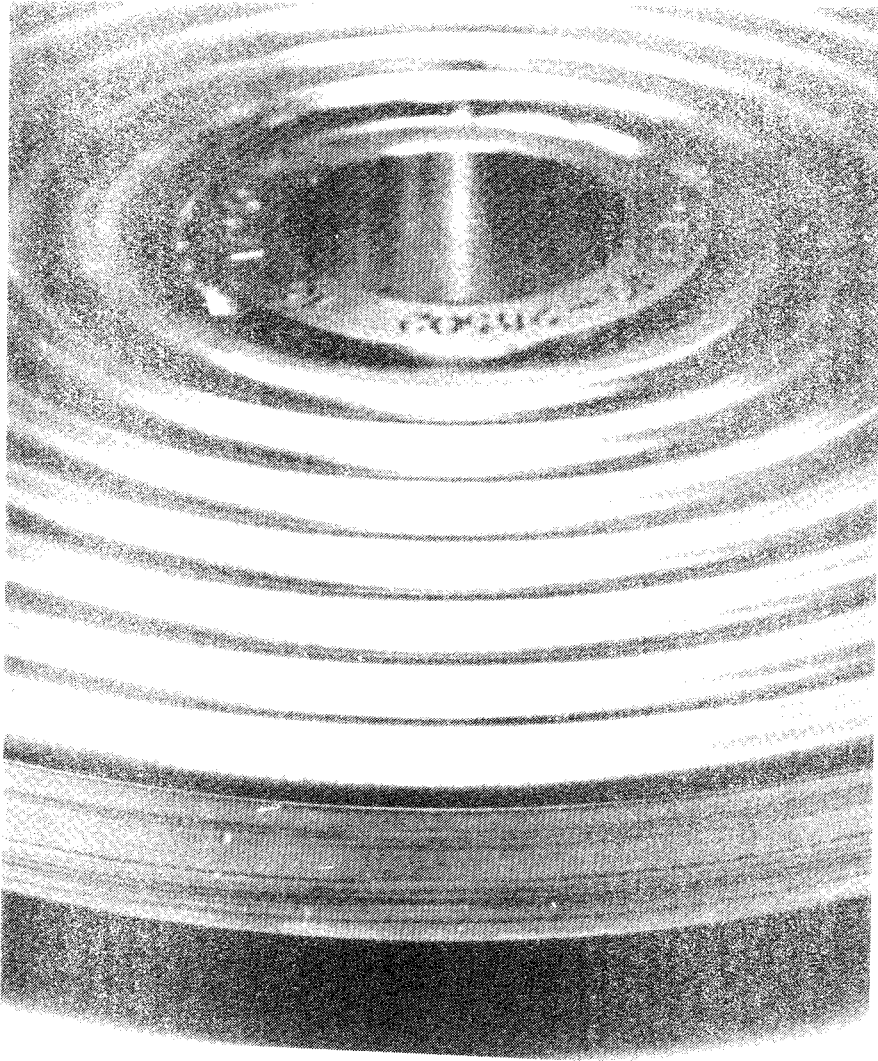
Ytterbehållare för provbockning





Behållare med inre fäste





## FÖRTECKNING ÖVER KBS TEKNISKA RAPPORTER

- 01 Källstyrkor i utbränt bränsle och högaktivt avfall från en PWR beräknade med ORIGEN  
Nils Kjellbert  
AB Atomenergi 77-04-05
- 02 PM angående värmeledningstal hos jordmaterial  
Sven Knutsson  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 77-04-15
- 03 Deponering av högaktivt avfall i borrhål med buffertsubstans  
Arvid Jacobsson  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 77-05-27
- 04 Deponering av högaktivt avfall i tunnlar med buffertsubstans  
Arvid Jacobsson  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 77-06-01
- 05 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall, Rapport 1  
Roland Blomqvist  
AB Atomenergi 77-03-17
- 06 Groundwater movements around a repository, Phase 1, State of the art and detailed study plan  
Ulf Lindblom  
Hagconsult AB 77-02-28
- 07 Resteffekt studier för KBS  
Del 1 Litteraturgenomgång  
Del 2 Beräkningar  
Kim Ekberg  
Nils Kjellbert  
Göran Olsson  
AB Atomenergi 77-04-19
- 08 Utlakning av franskt, engelskt och kanadensiskt glas med högaktivt avfall  
Göran Blomqvist  
AB Atomenergi 77-05-20

- 09 Diffusion of soluble materials in a fluid filling a porous medium  
Hans Häggblom  
AB Atomenergi 77-03-24
- 10 Translation and development of the BNWL-Geosphere Model  
Bertil Grundfelt  
Kemakta Konsult AB 77-02-05
- 11 Utredning rörande titans lämplighet som korrosionshärdig kapsling för kärnbränsleavfall  
Sture Henriksson  
AB Atomenergi 77-04-18
- 12 Bedömning av egenskaper och funktion hos betong i samband med slutlig förvaring av kärnbränsleavfall i berg  
Sven G Bergström  
Göran Fagerlund  
Lars Rombén  
Cement- och Betonginstitutet 77-06-22
- 13 Urlakning av använt kärnbränsle (bestrålad uranoxid) vid direktdeponering  
Ragnar Gelin  
AB Atomenergi 77-06-08
- 14 Influence of cementation on the deformation properties of bentonite/quartz buffer substance  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 77-06-20
- 15 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall  
Rapport 2  
Roland Blomquist  
AB Atomenergi 77-05-17
- 16 Översikt av utländska riskanalyser samt planer och projekt rörande slutförvaring  
Åke Hultgren  
AB Atomenergi augusti 1977
- 17 The gravity field in Fennoscandia and postglacial crustal movements  
Arne Bjerhammar  
Stockholm augusti 1977
- 18 Rörelser och instabilitet i den svenska berggrunden  
Nils-Axel Mörner  
Stockholms Universitet augusti 1977
- 19 Studier av neotektonisk aktivitet i mellersta och norra Sverige, flygbildsgenomgång och geofysisk tolkning av recenta förkastningar  
Robert Lagerbäck  
Herbert Henkel  
Sveriges Geologiska Undersökning september 1977

- 20 Tektonisk analys av södra Sverige, Vättern - Norra Skåne  
Kennert Röshoff  
Erik Lagerlund  
Lunds Universitet och Högskolan Luleå september 1977
- 21 Earthquakes of Sweden 1891 - 1957, 1963 - 1972  
Ota Kulhánek  
Rutger Wahlström  
Uppsala Universitet september 1977
- 22 The influence of rock movement on the stress/strain  
situation in tunnels or bore holes with radioactive con-  
sistors embedded in a bentonite/quartz buffer mass  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 1977-08-22
- 23 Water uptake in a bentonite buffer mass  
A model study  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 1977-08-22
- 24 Beräkning av utlakning av vissa fissionsprodukter och akti-  
nider från en cylinder av franskt glas  
Göran Blomqvist  
AB Atomenergi 1977-07-27
- 25 Blekinge kustgnejs, Geologi och hydrogeologi  
Ingemar Larsson KTH  
Tom Lundgren SGI  
Ulf Wiklander SGU  
Stockholm, augusti 1977
- 26 Bedömning av risken för fördröjt brott i titan  
Kjell Pettersson  
AB Atomenergi 1977-08-25
- 27 A short review of the formation, stability and cementing  
properties of natural zeolites  
Arvid Jacobsson  
Högskolan i Luleå 1977-10-03
- 28 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av bentonit/pitesilt  
Sven Knutsson  
Högskolan i Luleå 1977-09-20
- 29 Deformationer i sprickigt berg  
Ove Stephansson  
Högskolan i Luleå 1977-09-28
- 30 Retardation of escaping nuclides from a final depository  
Ivars Neretnieks  
Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm 1977-09-14
- 31 Bedömning av korrosionsbeständigheten hos material avsedda  
för kapsling av kärnbränsleavfall. Lägesrapport 1977-09-27  
samt kompletterande yttranden.  
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp

- 32 Egenskaper hos bentonitbaserat buffertmaterial  
Long term mineralogical properties of  
bentonite/quartz buffer substance  
Arvid Jacobsson  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 1978-06-10
- 33 Required physical and mechanical properties of buffer  
masses  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 1977-10-19
- 34 Tillverkning av bly-titan kapsel  
Folke Sandelin AB  
VBB  
ASEA-Kabel  
Institutet för metallforskning  
Stockholm november 1977
- 35 Project for the handling and storage of vitrified high-  
level waste  
Saint Gobain Techniques Nouvelles October, 1977
- 36 Sammansättning av grundvatten på större djup i  
granitisk berggrund  
Jan Rennerfelt  
Orrje & Co, Stockholm 1977-11-07
- 37 Hantering av buffertmaterial av bentonit och kvarts  
Hans Fagerström, VBB  
Björn Lundahl, Stabilator  
Stockholm oktober 1977
- 38 Utformning av bergrumsanläggningar  
Alf Engelbrektson, VBB  
Arne Finné, KBS  
Stockholm december 1977
- 39 Konstruktionsstudier, direktdeponering  
ASEA-ATOM  
VBB  
Västerås
- 40 Ekologisk transport och stråldoser från grundvattenburna  
radioaktiva ämnen  
Ronny Bergman  
Ulla Bergström  
Sverker Evans  
AB Atomenergi 1977-12-20
- 41 Säkerhet och strålskydd inom kärnkraftområdet.  
Lagar, normer och bedömningsgrunder  
Christina Gyllander  
Siegfried F Johnson  
Stig Rolandson  
AB Atomenergi och ASEA-ATOM 1977-10-13

- 42 Säkerhet vid hantering, lagring och transport av använt kärnbränsle och förglasat högaktivt avfall  
Ann-Margret Ericsson  
Kemakta november 1977
- 43 Transport av radioaktiva ämnen med grundvatten från ett bergförvar  
Bertil Grundfelt  
Kemakta november 1977
- 44 Beständighet hos borsilikatglas  
Tibor Lakatos  
Glasteknisk Utveckling AB
- 45 Beräkning av temperaturer i ett envånings slutförvar i berg för förglasat radioaktivt avfall Rapport 3  
Roland Blomquist  
AB Atomenergi 1977-10-19
- 46 Temperaturberäkningar för slutförvar för använt bränsle  
Taivo Tarandi  
VBB
- 47 Teoretiska studier av grundvattenrörelser  
John Stokes  
Roger Thunvik  
Inst för kulturteknik KTH maj 1978
- 48 The mechanical properties of the rocks in Stripa, Kråkemåla, Finnsjön and Blekinge  
Graham Swan  
Högskolan i Luleå 1977-09-14
- 49 Bergspänningsmätningar i Stripa gruva  
Hans Carlsson  
Högskolan i Luleå 1977-08-29
- 50 Lagningsförsök med högaktivt franskt glas i Studsvik  
Göran Blomqvist  
AB Atomenergi november 1977
- 51 Seismotectonic risk modelling for nuclear waste disposal in the Swedish bedrock  
F Ringdal  
H Gjøystdal  
E S Husebye  
Royal Norwegian Council for scientific and industrial research
- 52 Calculations of nuclide migration in rock and porous media, penetrated by water  
H Häggblom  
AB Atomenergi 1977-09-14
- 53 Mätning av dissusionshastighet för silver i lera-sand-blandning  
Bert Allard  
Heino Kipatsi  
Chalmers tekniska högskola 1977-10-15

- 54 Groundwater movements around a repository
- 54:01 Geological and geotechnical conditions  
Håkan Stille  
Anthony Burgess  
Ulf E Lindblom  
Hagconsult AB september 1977
  - 54:02 Thermal analyses  
Part 1 Conduction heat transfer  
Part 2 Advective heat transfer  
Joe L Ratigan  
Hagconsult AB september 1977
  - 54:03 Regional groundwater flow analyses  
Part 1 Initial conditions  
Part 2 Long term residual conditions  
Anthony Burgess  
Hagconsult AB oktober 1977
  - 54:04 Rock mechanics analyses  
Joe L Ratigan  
Hagconsult AB september 1977
  - 54:05 Repository domain groundwater flow analyses  
Part 1 Permeability perturbations  
Part 2 Inflow to repository  
Part 3 Thermally induced flow  
Joe L Ratigan  
Anthony S Burgess  
Edward L Skiba  
Robin Charlwood
  - 54:06 Final report  
Ulf Lindblom et al  
Hagconsult AB oktober 1977
- 55 Sorption av långlivade radionuklider i lera och berg,  
Del 1  
Bert Allard  
Heino Kipatsi  
Jan Rydberg  
Chalmers tekniska högskola 1977-10-10
- 56 Radiolys av utfyllnadsmaterial  
Bert Allard  
Heino Kipatsi  
Jan Rydberg  
Chalmers tekniska högskola 1977-10-15
- 57 Stråldoser vid haveri under sjötransport av kärnbränsle  
Anders Appelgren  
Ulla Bergström  
Lennart Devell  
AB Atomenergi 1978-01-09
- 58 Strålrisker och högsta tillåtliga stråldoser för människan  
Gunnar Walinder  
FOA 4 november 1977



- 59 Tectonic Lineaments in the Baltic from Gävle to Simrishamn  
Tom Flodén  
Stockholms Universitet 1977-12-15
- 60 Förarbeten för platsval, berggrundsundersökningar  
Sören Scherman
- Berggrundvattenförhållande i Finnsjöområdets  
nordöstra del  
Carl-Erik Klockars  
Ove Persson  
Sveriges Geologiska Undersökning januari 1978
- 61 Permeabilitetsbestämningar  
Anders Hult  
Gunnar Gidlund  
Ulf Thoregren
- Geofysisk borrhålmätning  
Kurt-Åke Magnusson  
Oscar Duran  
Sveriges Geologiska Undersökning januari 1978
- 62 Analyser och åldersbestämningar av grundvatten på stora  
djup  
Gunnar Gidlund  
Sveriges Geologiska Undersökning 1978-02-14
- 63 Geologisk och hydrogeologisk grunddokumentation av  
Stripa försöksstation  
Andrei Olkiewicz  
Kenth Hansson  
Karl-Erik Almén  
Gunnar Gidlund  
Sveriges Geologiska Undersökning februari 1978
- 64 Spänningsmätningar i Skandinavisk berggrund - förutsättningar  
resultat och tolkning  
Sten G A Bergman  
Stockholm november 1977
- 65 Säkerhetsanalys av inkapslingsprocesser  
Göran Carleson  
AB Atomenergi 1978-01-27
- 66 Några synpunkter på mekanisk säkerhet hos kapsel för  
kärnbränsleavfall  
Fred Nilsson  
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm februari 1978
- 67 Mätning av galvanisk korrosion mellan titan och bly samt  
mätning av titans korrosionspotential under  $\gamma$ -bestrålning  
3 st tekniska PM  
Sture Henrikson  
Stefan Poturaj  
Maths Åsberg  
Derek Lewis  
AB Atomenergi januari-februari 1978

- 68 Degraderingsmekanismer vid bassänlagring och hantering av utbränt kraftreaktorbränsle  
Gunnar Vesterlund  
Torsten Olsson  
ASEA-ATOM 1978-01-18
- 69 A three-dimensional method for calculating the hydraulic gradient in porous and cracked media  
Hans Häggblom  
AB Atomenergi 1978-01-26
- 70 Lakning av bestrålat  $UO_2$ -bränsle  
Ulla-Britt Eklund  
Roland Forsyth  
AB Atomenergi 1978-02-24
- 71 Bergspricktätning med bentonit  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 1977-11-16
- 72 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av kompakterad bentonit  
Sven Knutsson  
Högskolan i Luleå 1977-11-18
- 73 Self-injection of highly compacted bentonite into rock joints  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 1978-02-25
- 74 Highly compacted Na bentonite as buffer substance  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 1978-02-25
- 75 Small-scale bentonite injection test on rock  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 1978-03-02
- 76 Experimental determination of the stress/strain situation in a sheared tunnel model with canister  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 1978-03-02
- 77 Nuklidvandring från ett bergförvar för utbränt bränsle  
Bertil Grundfelt  
Kemakta konsult AB, Stockholm
- 78 Bedömning av radiolys i grundvatten  
Hilbert Christenssen  
AB Atomenergi 1978-02-17
- 79 Transport av oxidants and radionuclides through a clay barrier  
Ivar Neretnieks  
Kungsl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-02-20

- 80 Utdiffusion av svårösliga nuklider ur kapsel efter kapselgenombrott  
Karin Andersson  
Ivars Neretnieks  
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-07
- 81 Tillverkning av kopparkapsel  
Kåre Hannerz  
Stefan Sehlstedt  
Bengt Lönnerberg  
Liberth Karlson  
Gunnar Nilsson  
ASEA, ASEA-ATOM
- 82 Hantering och slutförvaring av aktiva metalldelar  
Bengt Lönnerberg  
Alf Engelbrektsson  
Ivars Neretnieks  
ASEA-ATOM, VBB, KTH
- 83 Hantering av kapslar med använt bränsle i slutförvaret  
Alf Engelbrektsson  
VBB Stockholm april 1978
- 84 Tillverkning och hantering av bentonitblock  
Alf Engelbrektsson  
Ulf Odebo  
ASEA, VBB
- 85 Beräkning av kryphastigheten hos ett blyhölje innehållande en glaskropp under inverkan av tyngdkraften  
Anders Samuelsson
- Förändring av krypegenskaperna hos ett blyhölje som följt av en mekanisk skada  
Göran Eklund  
Institutet för Metallforskning september 1977 - april 1978
- 86 Diffusivitetmätningar av metan och väte i våt lera  
Ivars Neretnieks  
Christina Skagius  
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-01-09
- 87 Diffusivitetmätningar i våt lera Na-lignosulfonat,  $Sr^{2+}$ ,  $Cs$   
Ivars Neretnieks  
Christina Skagius  
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-16
- 88 Ground water chemistry at depth in granites and gneisses  
Gunnar Jacks  
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm april 1978
- 89 Inverkan av glaciation på en deponeringsanläggning belägen i urberg 500 m under markytan  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 1978-03-16

- 90 Koppar som kapslingsmaterial för icke upparbetat kärnbränsleavfall - bedömning ur korrosionssynpunkt  
Lägesrapport 1978-03-31  
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp
- 91 Korttidsvariationer i grundvattnets trycknivå  
Lars Y Nilsson  
Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm september 1977
- 92 Termisk utvidgning hos granitoida bergarter  
Ove Stephansson  
Högskolan i Luleå april 1978
- 93 Preliminary corrosion studies of glass ceramic code 9617 and a sealing frit for nuclear waste canisters  
I D Sundquist  
Corning Glass Works 78-03-14
- 94 Avfallsströmmar i upparbetningsprocessen  
Birgitta Andersson  
Ann-Margret Ericsson  
Kemakta mars 1978
- 95 Separering av C-14 vid upparbetningsprocessen  
Sven Brandberg  
Ann-Margret Ericsson  
Kemakta mars 1978
- 96 Korrosionsprovning av olegerat titan i simulerade deponeringsmiljöer för upparbetat kärnbränsleavfall  
Sture Henrikson  
Marian de Pourbaix  
AB Atomenergi 1978-04-24
- 97 Colloid chemical aspects of the "confined bentonite concept"  
Jean C Le Bell  
Ytkemiska Institutet 1978-05-07
- 98 Sorption av långlivade radionuklider i lera och berg  
Del 2  
Bert Allard  
Heino Kipatsi  
Börje Torstenfelt  
Chalmers Tekniska Högskola 1978-04-20
- 99 Lakning av högaktivt franskt glas  
Lägesrapport 1978-06-01  
Göran Blomqvist  
AB Atomenergi
- 100 Dos och dosintekning från grundvattenburna radioaktiva ämnen vid slutförvaring av använt kärnbränsle  
Ronny Bergman  
Ulla Bergström  
Sverker Evans  
AB Atomenergi

- 101 Utläckning av Ni-59 från ett bergförvar  
Ivars Neretnieks  
Karin Andersson  
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-04-24
- 102 Metod att bocka bestrålade bränslestavar  
Torsten Olsson  
ASEA-ATOM 1978-03-29
- 103 Some aspects on colloids as a means for transporting  
radio nuclides  
Ivars Neretnieks  
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm
- 104 Finit elementanalys av bentonitfyllt bergförvar  
Ove Stephansson  
Kenneth Mäki  
Tommy Groth  
Per Johansson  
Högskolan i Luleå
- 105 Neutroninducerad aktivitet i bränsleelementdetaljer  
Nils A Kjellbert  
AB Atomenergi 1978-03-30
- 106 Strålningsnivå och till vatten deponerad strålnings-  
energi utanför kapslar i slutförvaret  
Klas Lundgren  
ASEA-ATOM 1978-05-29
- 107 Blyinfodrad titankapsel för upparbetat och glasat  
kärnbränsleavfall - Bedömning ur korrosionssynpunkt  
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp. Slutrapport  
1978-05-25
- 108 Criticality in a spent fuel repository in wet crystalline  
rock  
Peter Behrenz  
Kåre Hannerz  
ASEA-ATOM 1978-05-30
- 109 Läckningsbar spaltaktivitet  
Lennart Devell  
Rolf Hesböl  
AB Atomenergi
- 110 Finita elementanalyser  
O Stephansson  
Högskolan i Luleå
- 111 Nuklidhalter i använt LWR-bränsle och i högaktivt  
avfall från återcyklning av plutonium i PWR  
Nils Kjellbert  
AB Atomenergi
- 112 Säkerhetsanalys av hanteringsförfarandet vid inkapsling  
av utbränt bränsle i kopparkapsel  
Erik Nordesjö  
ASEA-ATOM 1978-03-20