

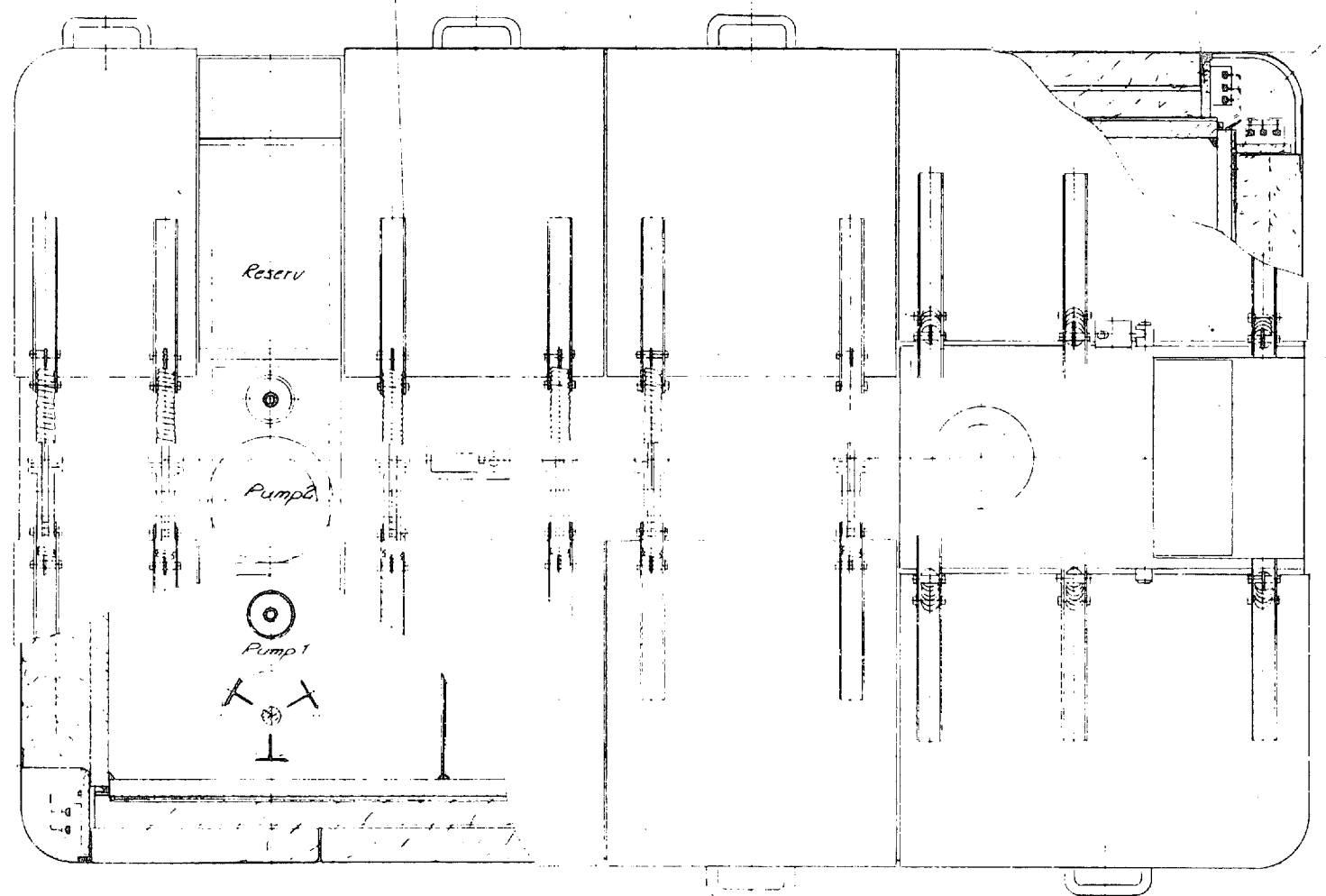
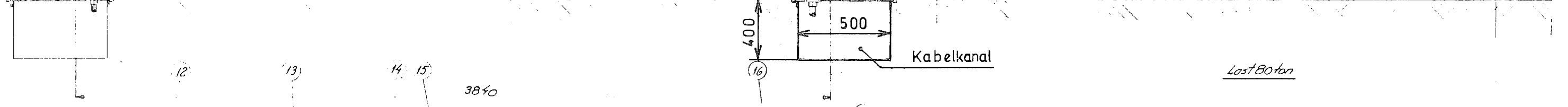
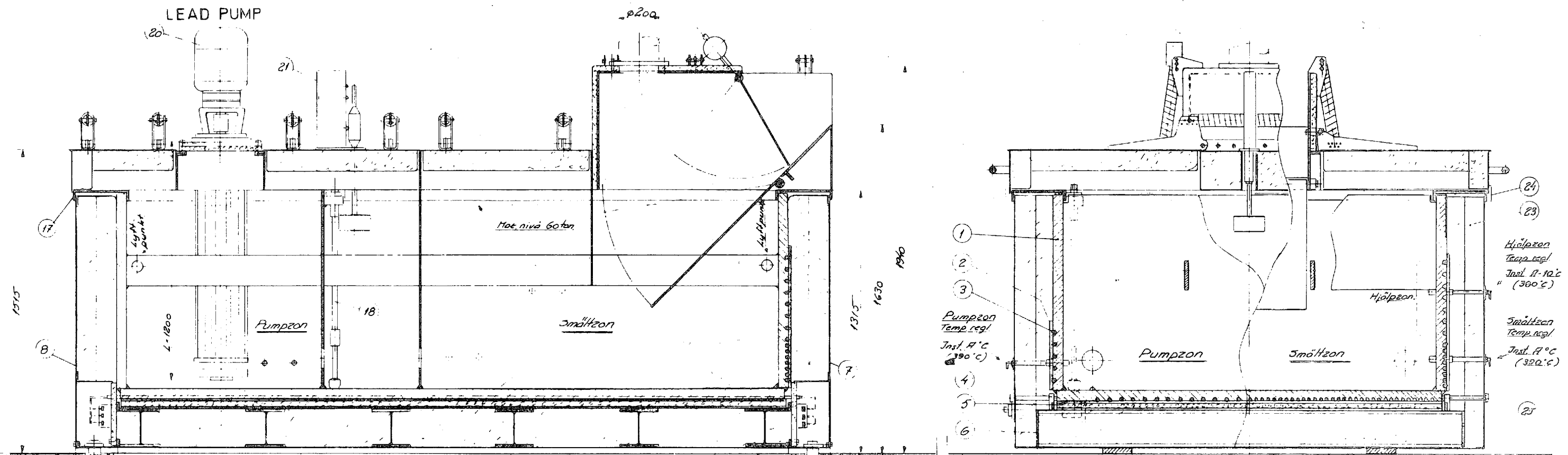
Max. volym.  
 Zon I a II 2,5 m<sup>3</sup>  
 Zon III a IV 0,9 m<sup>3</sup>  
 i 3,4 m<sup>3</sup>

Vid beställning anges  
 1. Vt. R. eller vlt. B.  
 2. Målning resp. skydds målning.

Smältpannan i ladd vlt. B.  
 Styckelista cila nr. P-112

El-element  
 Zon I 2 · 10 st. sidor · 27 st. botten · 10 st. gavel = 57 st a 225 kW = 128 kW  
 Zon II 2 · 10 st. sidor · 10 st. gavel = 30 st a 225 kW = 67,5 kW  
 Zon III 2 · 10 st. sidor · 27 st. botten · 47 st a 650 W = 30,6 kW  
 Zon IV 2 · 10 st. sidor · 20 st. a 650 W = 13 kW

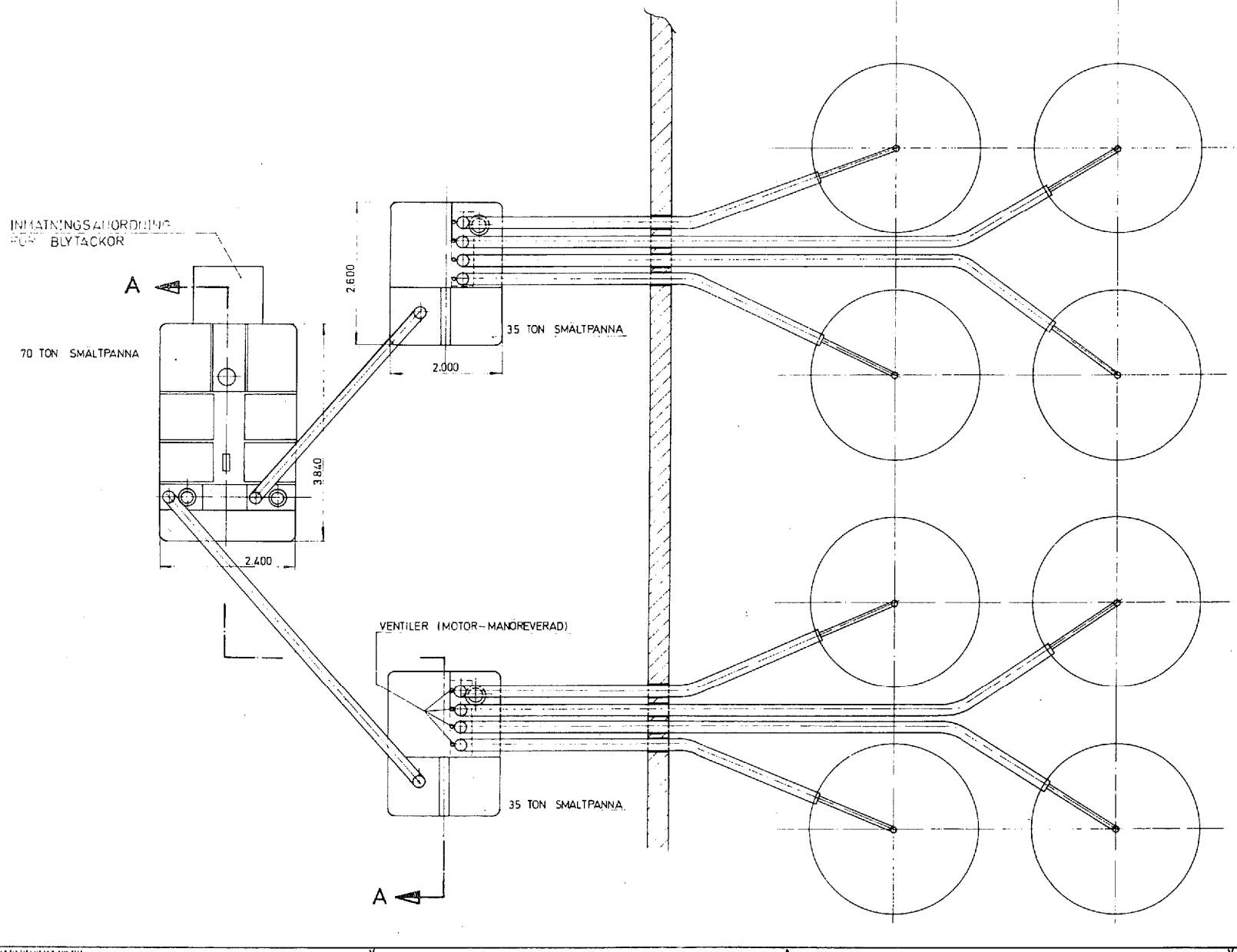
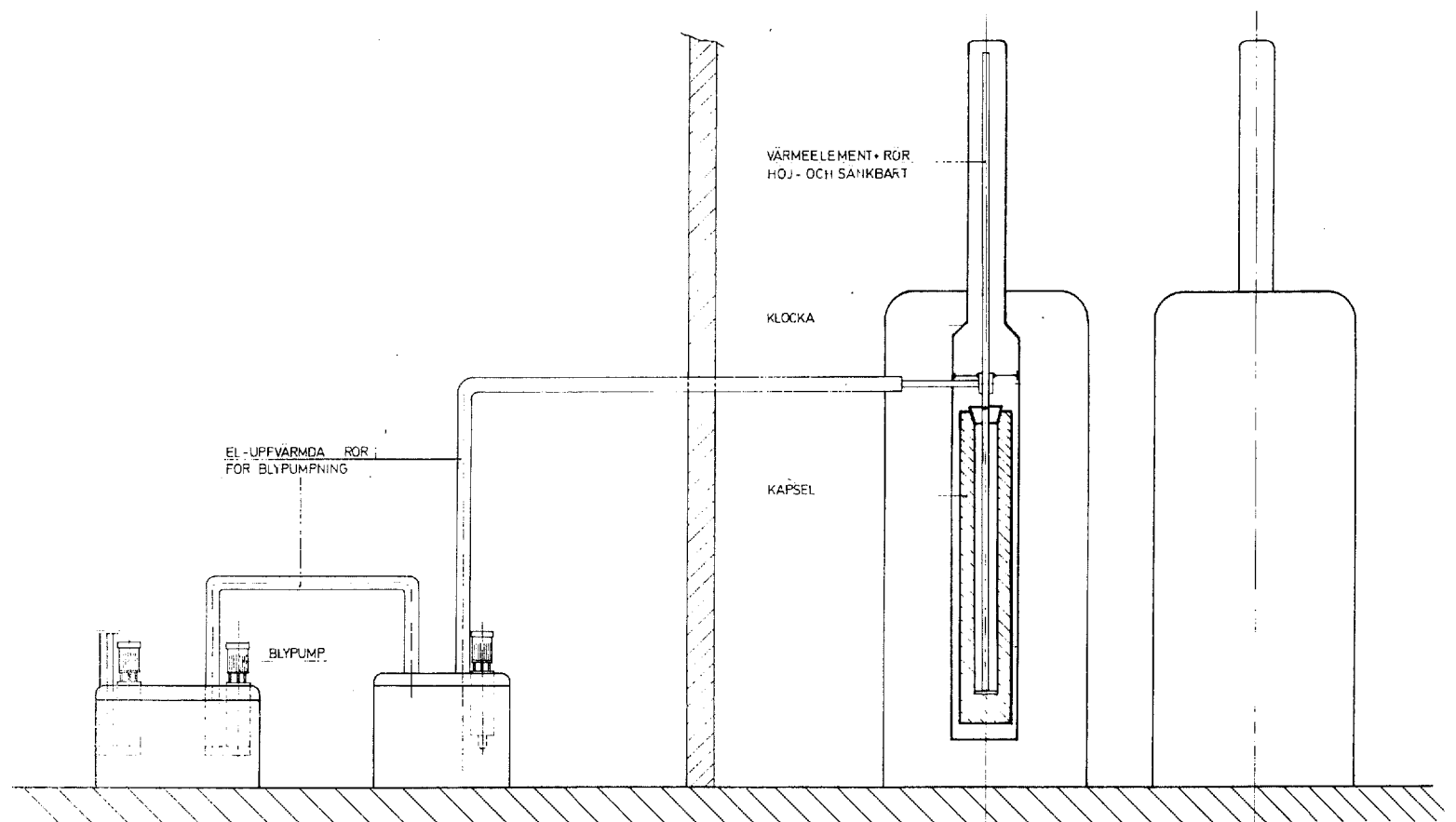
Det. nr	Ant	Benämning	Material	Ant. nr. eller dimension	Ant. nr.
36	1	Smältpanna	35 ton	110	2937
		Styckelista cila nr. P-112			A-6876



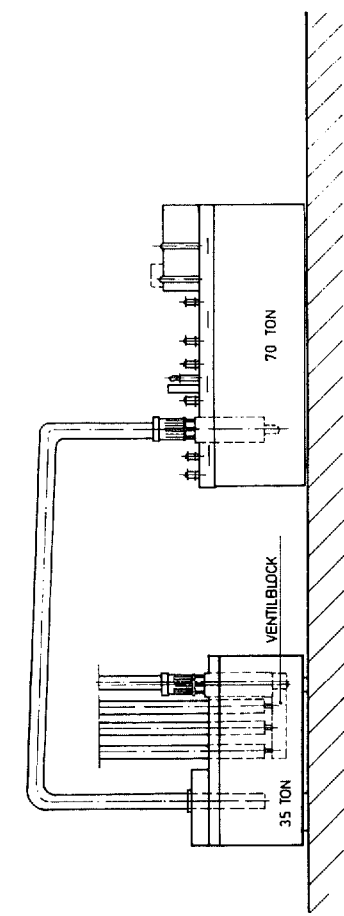
Ritningsförteckning se ritn 400 086

Styckelista se ritn 400 085

Del-nr	Ant	Beskrivning	Material	Mod-nr	Ämte	Dimension	År m.
30	1	Kv	Kopp	Stad	Goch	Skala 1/10	2127
H F SANDELIN AB STOCKHOLM							2127
POT SMÄLTPANNA FÖR KAPSEL-GJUTNING							C-598



SNITT A-A



Det.-nr	Ant.	Benämning				Material	Mod.-nr	Ärens Dimension	Anm.	
Konstr.	Titel	HK	Kap.	Konstr.	Ständ.	Godk.	Skala	1:50	Endrnr	Enhet nr
H. F. SANDELIN AB STOCKHOLM		BLYPUMPSYSTEM FÖR KAPSEL - GJUTNING							Dnr 78-03-01	
No. Ant.		Ändring och/eller medd.-nr		Datum	Inf.	Godk.	Rev.nr A-758			

Tjänsteställe, handläggare

Ugnsteknik/Arne Pettersson/icUGN FÖR BLYGJUTNING I KOPPARKAPSEL

Ritning nr 4 124 036.

Allmänt

Ugnen är avsedd för värmning av en kopparkapsel med dimensionen  $\varnothing$  770 mm och längden 4700 mm, med en öyrekrage av 800 mm diameter, från 20°C till 380 - 400°C på två dygn. I kapseln finns bränslestavar, som av egen energi värms till kapselns temperatur på samma tid.

Värmningen sker under vakuum. När värmningen är fullbordad skall blygjutning kring bränslestavarna utföras. Blygjutningen skall ske under vakuum.

När blygjutningen är avslutad följer en kontrollerad svalning av kapseln ned till 150°C. Svalningen utföres under skyddsgas.

Uppbyggnad och funktion

Ugnens inre del består av en gastät klocka av värmebeständig stålplåt.

Kopparkapseln, som skall värmas, införes i klockan underifrån med en utanför ugnen arbetande chargeringsmaskin.

Bottenplungen utgör uppbärning av kopparkapseln såväl under chargeringsarbetet som i ugnen. Plungens nedre del tätar mot en packning i klockans fläns så, att klockan blir gastät och kan vakuumpumpas. Runt klockans nedre hals finns en vattenkyld ring, som bortför ledningsvärmnet från klockans mantel och därigenom skyddar packningen från för hög temperatur.

Plungen låses mot klockan genom ett antal kilar som manövreras av vridarmar och hydrauliska cylindrar.

Skyddsgasklockan har följande anslutningar:

En anslutning för vakuumpumpning samt till- och avlopp för skyddsgas i klockans nedre del.



Tjänsteställe, handläggare

Ugnsteknik/Arne Pettersson/ic

UGN FÖR BLYGJUTNING I KOPPARKAPSEL (forts)

En anslutning för till- och avlopp för skyddsgas i klockans övre del.

En anslutning av rör för blygjutning.

Ett uttag i klockans topp avsett för införsel dels av utrustning för mätning av bränslestavarnas temperatur i kopparkapseln, dels värmeelement att brukas i samband med blygjutningen runt bränslestavarna.

Anslutningarna för vakuumpumpning, skyddsgas och blygjutning är placerade i klockans nedre del och har genomföringar genom ugnens undre del, som är bultad till hela ugnsanläggningens bottenplatta.

Anslutning i klockans topp tätas mot ugnsrummet genom en packbox som tillåter expansionsrörelser mellan klockan och ugnsstommen.

Runt om skyddsgasklockan finns värmningsugnen, som består av en cylindrisk del, en bottendel och ett lock.

Ugnsstommen består av kraftig stålplåt. De tre delarna är infodrade med eldfast isolertegel och isolerblock och har genomföringar för termoelement.

Ugnens cylindriska del är försedd med elektriska värmeelement, som är upphängda på krokar av värmebeständigt stål, fastsatta i det eldfasta isolerteglet.

Värmningselementen har anslutningar genom ugnsväggen till kopplingskåp på plåtmantelns utsida. För reglering av värmningsförloppet är värmningselementen sammanförda till tre zoner i ugnens höjddel.

Varje zon är individuellt reglerad av en reglerutrustning, som via tyristorer reglerar erforderlig effekt till värmningselementen.

Varje zon har skyddsutrustning för övertemperatur.

Ugn med skyddsgasklocka är monterad till en enhet och kan lyftas på plats med lyftöron i ugnens lock.

Ugnens värmningdel och lock kan lyftas av från ugnen i övrigt. Därvid blir skyddsgasklockan och ugnens bottendel kvar på fundamentet.

10/ V.L.P.-press, Västergås 1377

## UGN FÖR BLYGJUTNING I KOPPARKAPSEL (forts)

Rörledningar för skyddsgas, vakuumpumpning, bly, kylvatten till- och avlopp och hydraulik framdrages och anslutes till ugnen från respektive aggregat, placerade utanför ugnshallen. Detsamma gäller ugnens el-försörjning och regleringsutrustning.

### Referenser

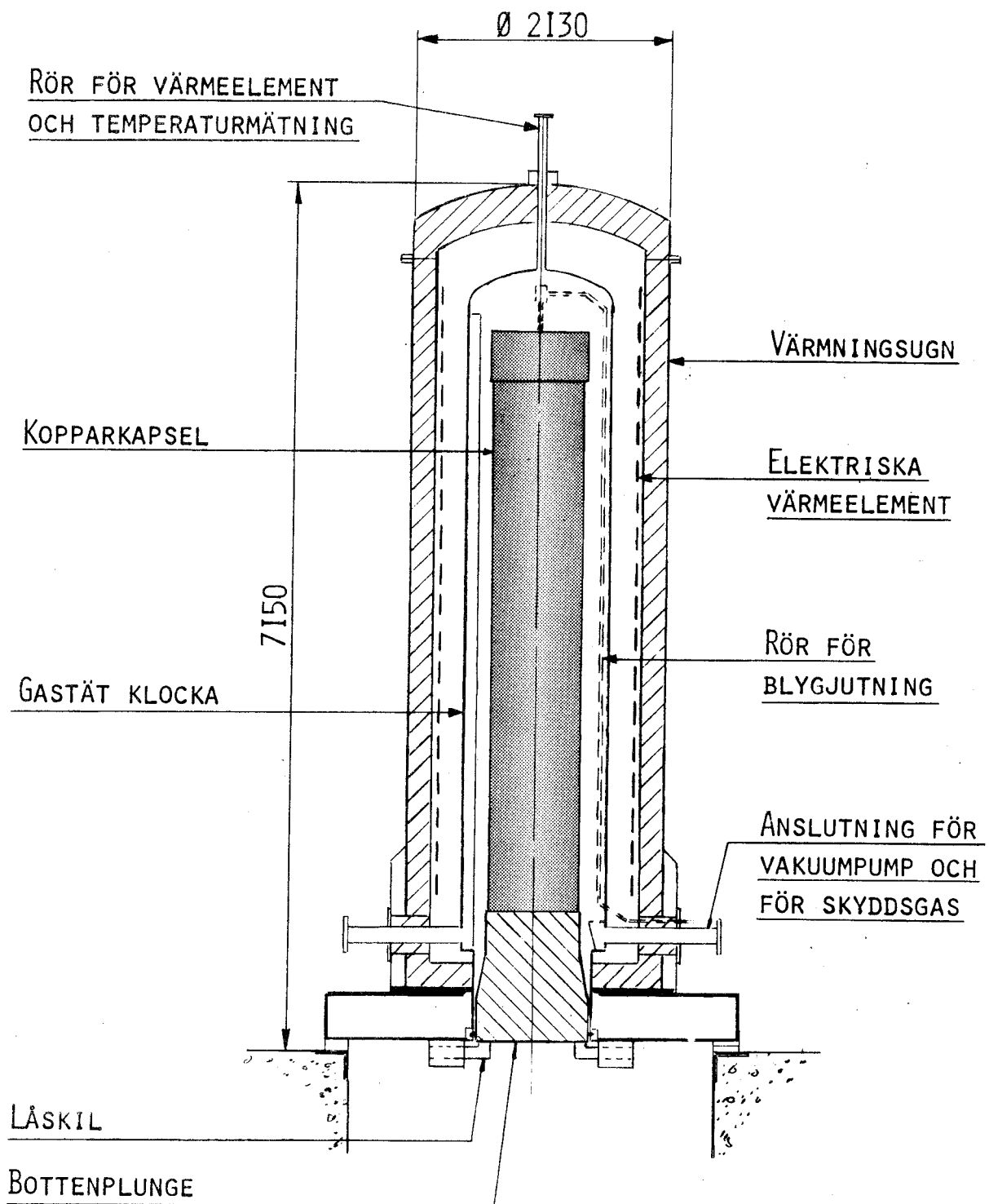
Liknande ugnsanläggningar har tidigare installerats hos

ASEA-ATOM Bränslefabriken

Söderfors Bruk

AB Järnförädling, Hälleforsnäs

AB Överums Bruk



UGN FÖR BLYGJUTNING I KOPPARKAPSEL

## Introduction

This document provides some brief technical information on the various elements comprising the Viewdata system being developed at the time of publication.

## The Computer

Pilot Trial Computer : GEC4080\*  
Disc Store : 70Mb (expandable)  
Configured for 24 hour operation with standby

## Components of Operational Configuration

1 'GEC4080' CPU  
2 x 64K Store Unit  
1 9.6 Mb disc and controller  
1 teletype  
2 16 port MCCCUs  
1 70 Mb disc and controller

## The Terminal

Page format 24 lines x 40 characters ie maximum per page – 960 chs.  
Character definition 7 x 5 dot matrix normally.  
Colours red, green, yellow, blue, cyan, magenta and white.  
Connection to telephone network : via jack plug and socket.  
User interaction: by hand held keypad (numeric or alpha numeric) or from a keyboard.  
Safety and protection : Equipment meets British Standard BS415 requirements.  
Telephone line protection to British Post Office standards (reference : PO technical guides, as reflected in Requirements and Standards for

Privately Supplied Viewdata Terminals').  
Full range of cursor facilities available.

## Transmission and related aspects

### Bit Transmission Rate

1200 bit/s receive, 75 bit/s transmit from the user terminal.

### Coding

Start/stop asynchronous

### Character envelope

10 bits

1 start (binary 0) ; 7 data, 1 even parity, (binary 1)

### Data modulation

FSK in both directions standards to CCITT V23

### Character set

see Code Table (figure 1)  
ISO compatible including escape techniques for possible future international/multilingual working.  
Addressing : sequential character using line by line addressing.  
Automatic dialling of the computer by terminal user at the press of a button.  
Auto disconnect facility after 30 seconds.

## The Editing System

The on-line Update Facility allows an information provider to update his section of the database using a Viewdata terminal equipped with a full alpha-numeric keyboard.  
The facilities available are

- enter : a new page is created
  - delete : a page is removed from the database
  - amend : the contents of a page are altered
  - overwrite : the contents of a page and the choices from it are altered.
  - copy : an existing page is amended and placed elsewhere in the database.
- All frames are accessible to Viewdata users while they are being altered (the old versions)

## Calling Sequence

A typical sequence is :

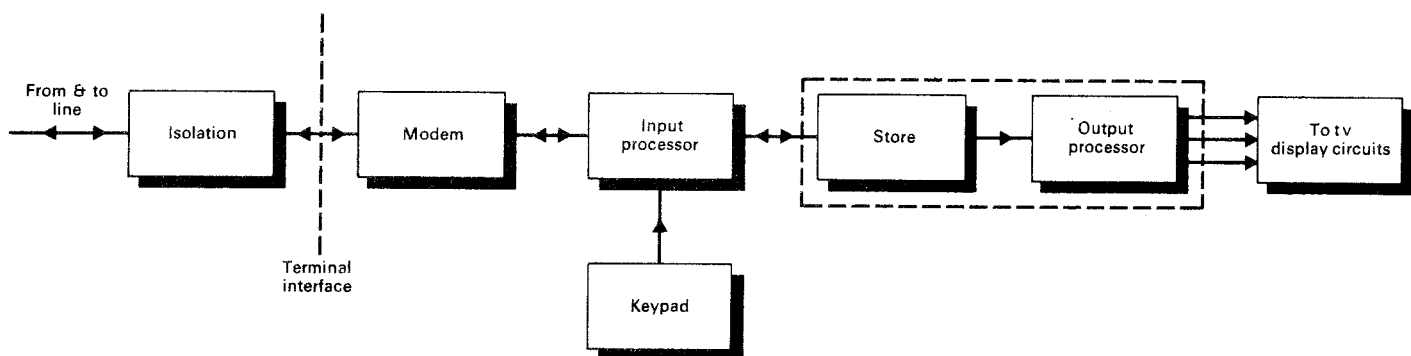
- A call initiate button on the keypad is operated. Dial Tone is returned from the exchange.
  - Following a second operation of the call button the dialling digits are automatically transmitted to call the Viewdata system.
  - Ring tone is heard on the terminal loud speaker and the call is automatically answered and a steady tone (1300 Hz) is received on the terminal loudspeaker.
  - The terminal is now switched to the data mode of operation, and the information search may begin.
- NB The details of terminal operation are variable and depend on individual terminal designs.

## System Security

By hardware terminal identifier number (software password enhancement is possible).

\*GEC Computers Ltd  
Borehamwood  
Herts  
England

## Block Schematic of Terminal



Viewdata Marketing  
UK Post Office  
Telecommunications Headquarters  
Room 600 Lutyens House  
1-6 Finsbury Circus  
LONDON  
EC2M 7LY.

# Viewdata Transmission Codes

Bits		b <sub>7</sub>	b <sub>6</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	Col	0	1	2	2a	3	3a	4	4a	5	5a	6	6a	7	7a
Row		0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	
0	0 0 0 0	0	NUL															P		—		p	
	0 0 0 1	1		Cursor DC1 On					!						A	Alpha <sup>n</sup> Red	Q	Graphics Red	a		q		
	0 0 1 0	2							"						B	Alpha <sup>n</sup> Green	R	Graphics Green	b		r		
	0 0 1 1	3							£						C	Alpha <sup>n</sup> Yellow	S	Graphics Yellow	c		s		
	0 1 0 0	4		Cursor DC4 Off					\$						D	Alpha <sup>n</sup> Blue	T	Graphics Blue	d		t		
	0 1 0 1	5	ENQ						%						E	Alpha <sup>n</sup> Magenta	U	Graphics Magenta	e		u		
	0 1 1 0	6							&						F	Alpha <sup>n</sup> Cyan	V	Graphics Cyan	f		v		
	0 1 1 1	7							'						G	Alpha <sup>n</sup> White	W	Graphics White	g		w		
	1 0 0 0	8	Cursor ← BS		CAN				(						H	Flash	X	Conceal Display	h		x		
	1 0 0 1	9	Cursor → HT						)						I	Steady	Y	Contig Graphics	i		y		
	1 0 1 0	10	Cursor ↓ LF						*	:					J		Z	Separated Graphics	j		z		
	1 0 1 1	11	Cursor ↑ VT		ESC				+	;					K		←		k	¼			
	1 1 0 0	12	Cursor Home & Clear FF						.	<					L	Normal Height	½	Black Background	l		½		
	1 1 0 1	13	Cursor ← CR						-	=					M	Double Height	→	New Background	m		¾		
	1 1 1 0	14		Cursor RS Home					.	>					N		↑	Hold Graphics	n		·		
	1 1 1 1	15							/	?					O		↕	Release Graphics	o				

Till ATOM/TK Lönnerberg(3) KYD KYD Karlsson KYDD KYDP	Från KYDP	Datum 77-09-27	Rapport nr LR KYDP 1120-7162
	Utfärdare, tfn-nr G Nilsson / L Karlsson		Reg. 1120
Ärende Kopparkapsel. Ultraljudprovning av koppar och elektronstrålesvets i koppar	Godkänt av L Unneberg		Uppdragsgivare ATOM/TK Lönnerberg
	Ordernr L 7192.0150-001		

Allmänt

Koppar smidd eller valsat kan vid större godstjocklek visa sig vara svår att prova medelst ultraljud.

När det gäller kontroll av svets i koppar betraktas ultraljudmetoden överhuvudtaget som ej användbar.

För elektronstrålesvets bör det dock finnas vissa möjligheter att kunna prova denna typ av svets. Svetsmetoden innebär ju en liten värmeförsel till materialet och ger en smal fog med relativt liten kornstorlek.

Några enkla försök i syfte att undersöka möjligheten till kontroll av material och elektronstrålesvets har här utförts.

Sammanfattning

Det här använda materialet erbjuder inga svårigheter vid ultraljudkontroll.

Felskönjbarheten bör vara god.

Elektronstrålesvetsen går också bra att prova med en felskönjbarhet som är acceptabel.

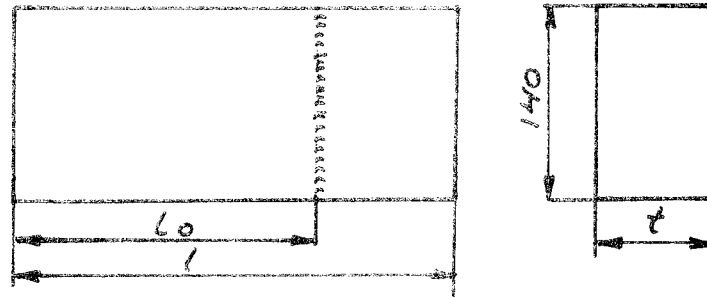
Undersökningen visar framför allt att det är grundmaterialets struktur, kornstorlek, som är avgörande för svetsens provbarhet.

Svetsförsöken visar att det är möjligt att svetsa upp till en godstjocklek av 50 mm med använd elektronstråleutrustning.

Provmaterial

Kopparplåt material 2 5010 t = 50 mm och 65 mm.

5 st prov har svetsats så att olika avstånd från plåtkant och till svets erhållits. Detta med avsikt att erhålla olika ljudvägar fram till svets.



Prov	Lo	L	t
1	150	230	t = 65
2	35	50	
3	50	200	
4	100	300	t = 50
5	150	200	
4	200	300	

1  
Svetsförsök

Svetsförsöken genomfördes i Stal Lavals elektronstrålesvetsmaskin av märke Sciaky. Elektronkanonens maximala effekt är 30 kW, 500 mA och 60 kV. Svetsningen sker i vakuum,  $p \sim 1,33 \cdot 10^{-2}$  Pa ( $10^{-4}$  torr).

Svetsförsöken utfördes på godstjocklek 50 och 65 mm, med och utan fogberedning av grundmaterialet.

Genomgående svetsar erhöles på 50 mm godstjocklek med följande svetsdata:

Kanonens avstånd till objektet: 112 mm  
 Acc-spänning: 55 kV  
 Svetsström: 490 mA  
 Svetshastighet: 230 mm/min  
 Fokus: 5.46 A

Vid svetsförsök på 65 mm erhöles ej genomsvetsning.

För att förenkla efterföljande ultraljudkontroll utfördes en hastig svetsavslutning, vilket resulterade i en kraftig krater med storleken ungefär motsvarande svetsens djup och bredd.

Figur 1, bilaga 1, visar ett tvärsnitt genom svetsen. Svetsens bredd är ca 2 mm. Topp och rotsida blir något ojämna, vilket är normalt vid elektronstrålesvetsning av koppar.

Vid kontroll av kornstorleken över svetsförbandet, uppmättes följande värden: ( $t = 50$ )

- grundmaterial  $\sim 0,1$  mm
- värmepåverkad zon  $\sim 0,1-0,2$  mm
- svetsgodset  $\sim 0,2$  mm

#### Ultraljudprovning

Ultraljudprovningen utfördes med US-apparat fabr Lehfelddt MPT 10 sökare frekvens 2 MHz och 4MHz  $d = 15$  mm.

För samtliga prov erhöles en god ljudgenomgång genom materialet. Se bilaga 2 bild 1. (För material  $t = 65$  mm dock vid en sökarfrekvens av max 2 MHz).

Elektronstrålesvetsen gav ingen nämnvärd reduktion av bottenekot. Defekter i svetsen har kunnat indikeras (se bilaga 2, bild 2).

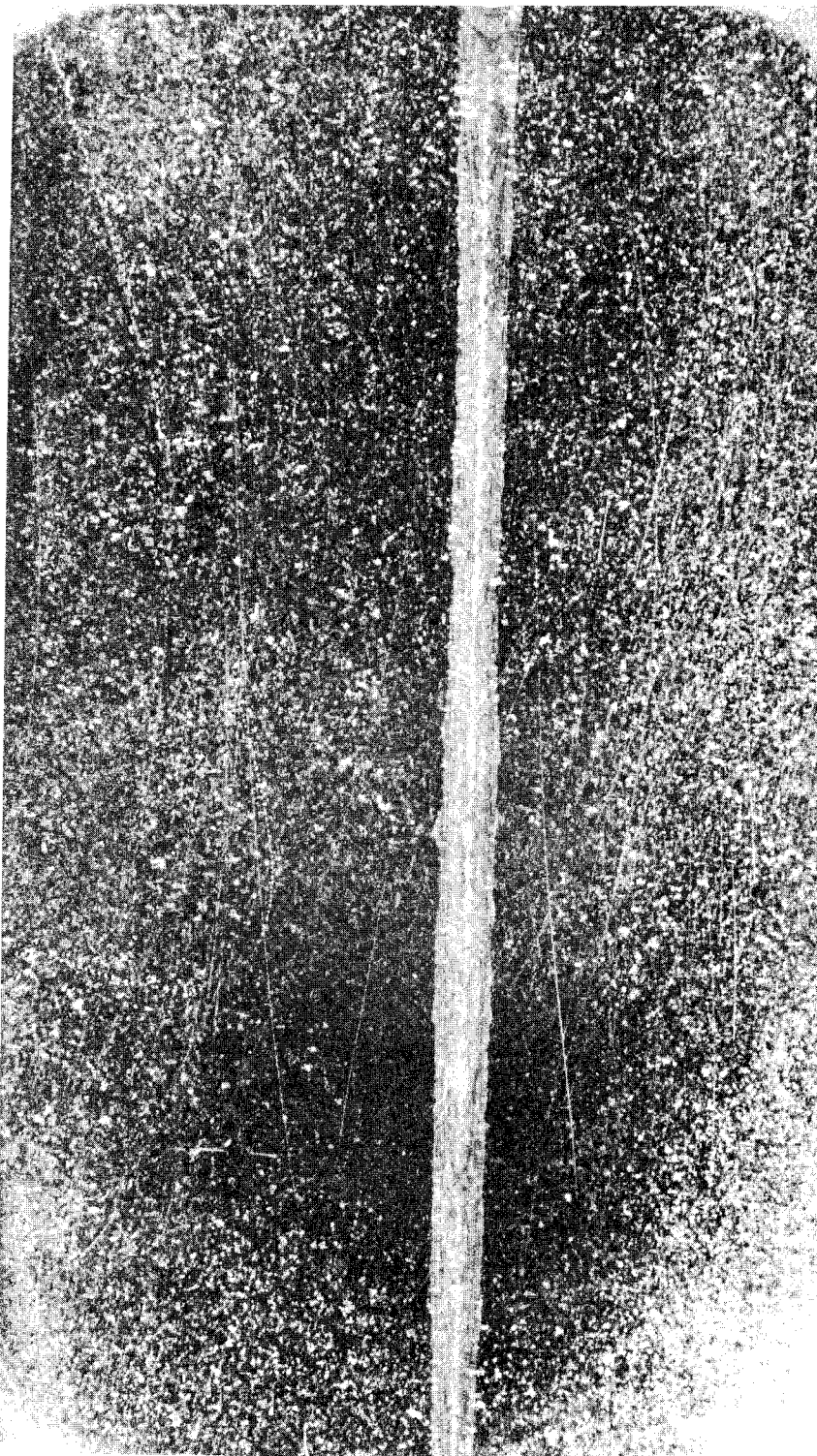
Vid en förhöjd förstärkning ger svetsen en indikation, utan att något fel i svetsen existerar. Se bilaga 3, bild 1 och 2 och bilaga 1 som visar ett tvärsnitt av elektronstrålesvetsen.

#### Slutsatser

Materialets kornstorlek är avgörande för materialets provbarhet. Möjligheterna att prova smidd koppar i dimensioner upp till 200 mm kan antas vara goda. Genom en sänkning av sökarfrekvensen ökas materialets provbarhet dock på bekostnad av felskönjbarheten.

Elektronstrålesvetsen i sig självt utgör inget problem vid provningen. Avgörande för provbarhet med acceptabel felskönjbarhet är grundmaterialets kornstorlek.

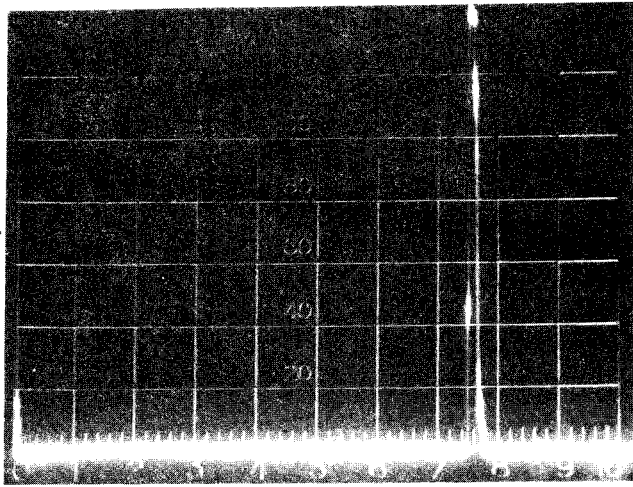




Figur 1. Elektronstrålesvets i material 2 5010. x 4

Denna handling får ej utan vårt medgivande kopieras. Den får ej heller delgivas annan eller ejest obehörigen användas. Överträdelse härav beivras med stöd av gällande lag. ASEA

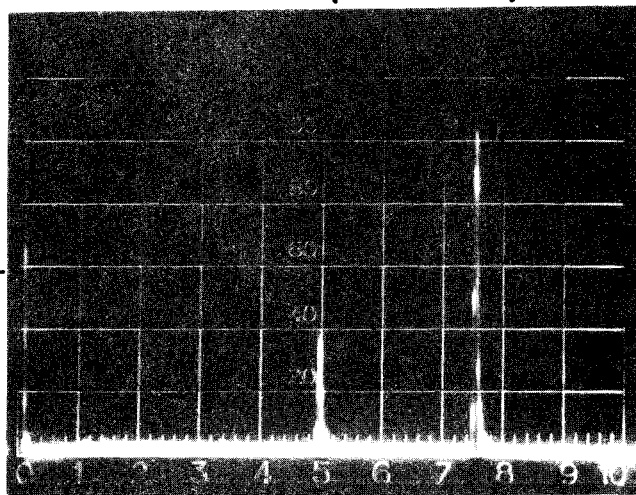
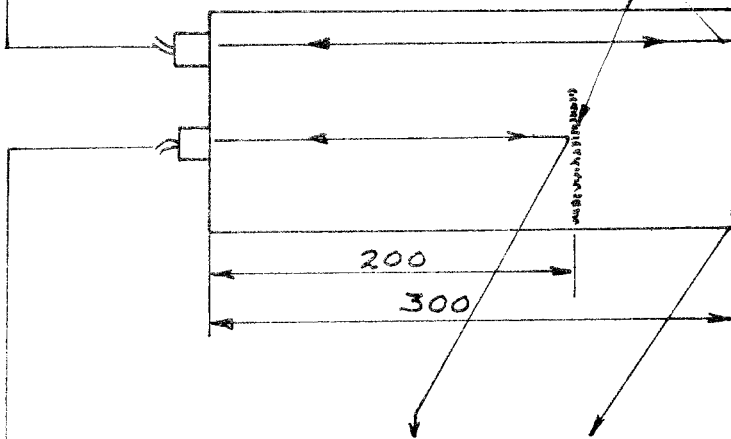
Ultraljudprovning.



4MHz

40dB

Bild 1 Botteneko Svets

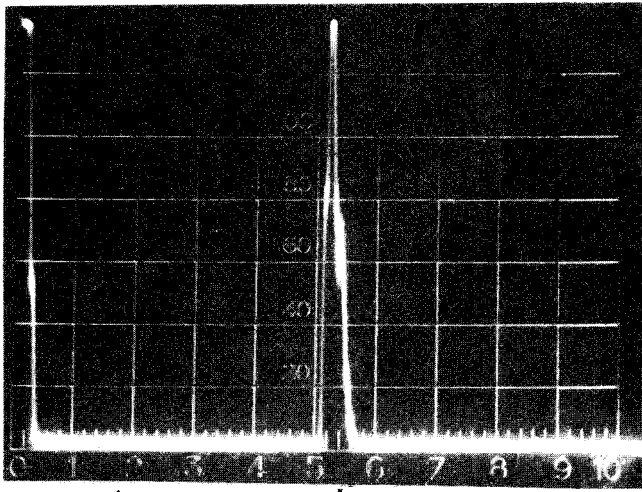


4MHz

42dB

Bild 2 Botteneko  
Feleko

Ultraljudprovning.

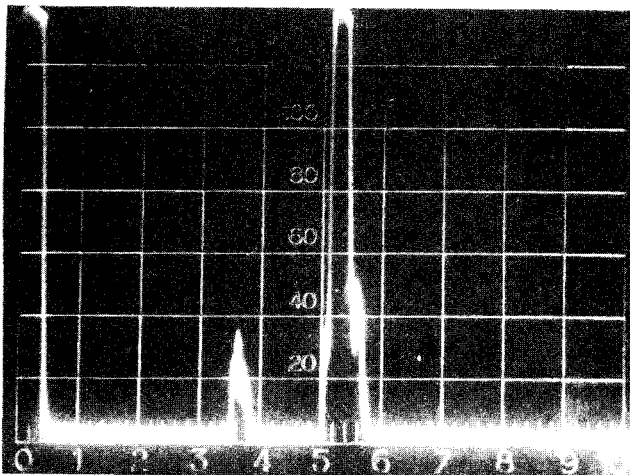
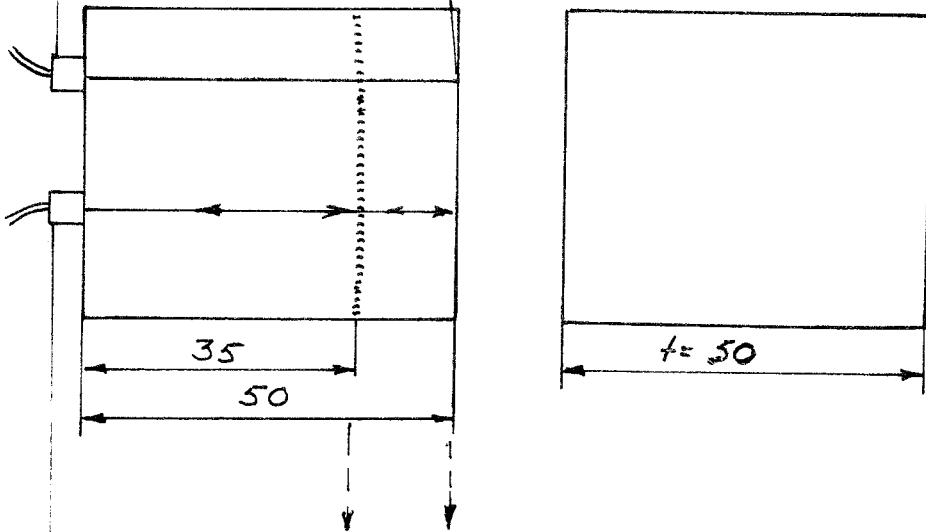


4 MHz

48 dB

Bild 1

Botteneko



4 MHz

56 dB

Bild 2.

Eko från svets

ASEA-ATOM

MEDDELANDE

RF 78-222

Till	Från	Datum	Reg.	Blad
	RFC	78-05-22	3840	1
Utfärdare, tfn-nr				
K Lundgren 6021		K		

SLUK - Betongkokiller med bränsledelar innehållande neutron-inducerad aktivitet - Strålskärmsberäkningar

### Förutsättningar

Bränsledelar innehållande neutroninducerad aktivitet och som ej tänkes medfölja bränslet till slutförvaret skall förvaras i betongkokiller. Det utrymme i kokillen som ej uppfylles av bränsledetaljerna tänkes utfyllas med betong. Förvaringen i kokiller tänkes ske 40 år efter uttag ur reaktorn. Strålskärmsberäkningar har utförts för följande typer av kokiller och avfall:

1

#### Kokill för BWR-detaljer

Dimensioner utvändigt (1.6 m)<sup>3</sup>  
invändigt (0.8 m)<sup>3</sup>

Innehåller material från 109 BWR-patroner:

- Topplattor m handtag	175 kg
- Bottenplattor	131 kg
- Spridare	109 kg
- Spridarhållarstavar	88 kg.

Gammakällstyrkor är beräknade utgående från referens 1. Följande volymkällstyrkor erhöles:

- E(MeV)	0.79	1.25
- S <sub>v</sub> (MeV/cm <sup>3</sup> , s)	1.95(5)	7.78(6)

2

#### Kokill för BWR-boxar

Dimensioner utvändigt (1.6 m)<sup>3</sup>  
invändigt (1.0 m)<sup>3</sup>

Innehåller 50 st BWR-boxar:

- Höljerör (Zircaloy 4)	1800 kg.
- Övergångsstycken (SS 2333)	250 kg.

Gammakällstyrkor är beräknade utgående från referens 2. Följande volymkällstyrkor erhöles:

- E(MeV)	1.25
- S <sub>v</sub> (MeV/cm <sup>3</sup> , s)	6.6(5).

3

Kokill för PWR-detaljer

Dimensioner utvändigt	(1.6 m) <sup>3</sup>
invändigt	(0.8 m) <sup>3</sup>

Innehåller material från 13 PWR-patroner:

- Topplattor (SS 304)	104 kg
- Bottenplattor (SS 304)	74 kg
- Spridare (Inconel)	78 kg
- Styrstavsledrör (Zircaloy)	117 kg.

Gammakällstyrkor har beräknats utgående från beräkningsresultat med datorprogrammet ORIGEN, vilka erhållits från AB Atomenergi. Följande volymkällstyrkor erhöles:

- E(MeV)	1.25
- S <sub>v</sub> (MeV/cm <sup>3</sup> ,s)	1.9(7)

4

Kokill för PWR-borglasstavar

Dimensioner utvändigt	(1.6 m) <sup>3</sup>
invändigt	(0.8 m) <sup>3</sup> .

Innehåller borglasstavar från ca 40 PWR-patroner.

Gammakällstyrkor har beräknats utgående från beräkningsresultat med datorprogrammet ORIGEN, vilka erhållits från AB Atomenergi. Följande volymkällstyrkor erhöles:

- E(MeV)	1.25
- S <sub>v</sub> (MeV/cm <sup>3</sup> ,s)	1.2(7).

Resultat

Gammatransportberäkningar är utförda med datorprogrammet CYLGAM, referens 3. Vid homogenisering av källregionen har antagits att innehållet både kan vara betongingjutet eller ej, det sista som en konservativ uppskattning för fallet att betongen ej helt utfyller mellanrummen i kokillen. Förutom kontaktdosraten har även dosraten 1 m från kokillens yta beräknats. Följande dosrater erhöles:

1

Kokill för BWR-detaljer

	<u>Betongingjutet</u>	<u>Ej betongingjutet</u>
- På ytan	220 mrem/h	640 mrem/h
- 1 m från	53 "	150 "-

2

Kokill för BWR-boxar

	<u>Betongingjutet</u>	<u>Ej betongingjutet</u>
- På ytan	67 mrem/h	120 mrem/h
- 1 m från	18 "	32 "

3  
Kokill för PWR-detaljer

	<u>Betongingjutet</u>	<u>Ej betongingjutet</u>
- På ytan	590 mrem/h	1960 mrem/h
- 1 m från	140 "	470 "

4  
Kokill för PWR-borglasstavar

	<u>Betongingjutet</u>	<u>Ej betongingjutet</u>
- På ytan	350 mrem/h	1160 mrem/h
- 1 m från	84 "	280 "

Referenser

1. K Lundgren  
Beräkning av neutroninducerad aktivitet i konstruktionsmaterial i bränslestavknippe  
PM RF 78-48 (1978).
2. K Lundgren  
Beräkning av neutroninducerad aktivitet i interna delar i en BWR av ASEA-ATOM-typ  
TR RF 76-43 (1976).
3. K Lundgren  
CYLGAX, CYLGAM och GAMEN - FORTY-program för gammatransportberäkningar runt cylindriska källfördelningar  
TR RF 75-194 (1975).

Distribution RF RFA RFC TQB T Hannerz RBA Olsson RBB Vesterlund	Från/From	Datum/Date	Reg.	Page
	RFC	78-02-07	3840	Sida 1
	Författare/Author K Lundgren 6021		<i>KL</i>	
Granskad/Examined		Godkänd/Approved		

Titel/Title  
Beräkning av neutroninducerad aktivitet i konstruktionsmaterial i bränslestavknippe

Sammanfattning/Abstract

Neutroninducerad aktivitet i konstruktionsmaterial i bränslestavknippen utgör en icke obetydande del av avfallet från ett kärnkraftverk. I denna PM beräknas den neutroninducerade aktiviteten i ett bränslestavknippe av ASEA-ATOM-typ. Antaget är att bränslestavknippet uppnått en medelutbränning på 28 500 MWd/tU under fyra års drift.

Den inducerade aktiviteten i konstruktionsmaterialen i ett bränslestavknippe är 1500, 190, 45 samt 0.74 Ci efter avklingningstiderna 1, 10, 100 resp 1000 år. Efter 10 år dominerar nukliderna Fe-55, Co-60 och Ni-63 medan efter 100 år Ni-63 är den helt dominerande. Den kvarvarande aktiviteten efter 1000 år består av C-14, Ni-59, Ni-63, Zr-93/Nb-93 m samt Nb-94.

Detta dokument är ett tekniskt dokument. Övertidande härrör be-  
 hövs 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 a third party nor be used for  
 any unauthorized purpose. Contravention will be prosecuted. ASEA-ATOM

Innehållsförteckning

1. Materialdata.
  2. Neutronflödestätheter.
  3. Aktiveringsberäkningar.
  4. Referenser.
- Diagram 1-5.

veřejnosť unimou einer seiner oekonomien anwender. Uverwachteidat hdrov b  
livrat 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 a third party nor be used for  
any unauthorized purpose. Contravention will be prosecuted. ASEA-ATOM



1  
Materialdata

Beträffande sammansättning hos de i bränslestavknippet ingående konstruktionsmaterialen har vår målsättning varit, att använda så realistiska värden som möjligt. De använda sammansättningarna har i de flesta fallen bildats ur medelvärden från ett antal materialtyg. För de viktigaste materialen anges den använda sammansättningen i tabell 1, där även materialspecifikationsgränserna finns angivna. Osäkerheten i materialsammansättning bidrar till osäkerheten i aktivitetsberäkningarna. Speciellt känsligt ämne är kobolt (Co)-halten.

Tabell 1 Materialsammansättningar

Zircaloy 2	Enl spec min	max	Använda medel- värden ur analys
Sn	1.20 W/o	1.70 W/o	1.45 W/o
Fe	0.07	0.20	0.15
Cr	0.05	0.15	0.10
Ni	0.03	0.08	0.05
Zr	Balans		Balans
Al	ppm	75 ppm	50 ppm
C		270	120
Cl		20	20
Co		20	2
Cu		50	50
Hf		200	100
Mg			10
Mn		50	30
Mo			5
N		80	40
Na			20
O	1000	1600	1300
Si		200	50
Ti		50	50
W		100	50

Örigens nämnd eller självst behörigen användas. Överfördele härav  
 luras 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 a third party nor be used for  
 any unauthorized purpose. Contravention will be prosecuted. ASEA-ATOM

Inconel X-750	Enl spec		Använda medel-
	min	max	värden ur analys
Cr	14.0 w/o	17.0 w/o	15.8 w/o
Fe	5.0	9.0	7.0
Ni	Balans		Balans
C	w/o	0.08 w/o	0.02 w/o
Si		0.5	0.3
S		0.01	0.005
Ti	2.25	2.75	2.5
Al	0.40	1.0	0.6
Co		0.1	0.03
Cu		0.5	0.05
Nb	} 0.70	} 1.20	0.9
Ta			0.1

SIS 2331	Enl spec		Använda medel-
	min	max	värden ur analys
C	w/o	0.12 w/o	0.1 w/o
Si		1.0	0.8
Mn		2.0	1.1
N			0.04
P		0.045	0.012
S		0.030	0.015
Cr	17.0	19.0	18.3
Co		0.05	0.03
Mo			0.025
Ni	7.0	9.5	9.0
Fe	Balans		Balans

SIS 2333	Enl spec		Använda medel-
	min	max	värden ur analys
C	w/o	0.05 w/o	0.04 w/o
Si		1.0	0.8
Mn		2.0	1.1
N			0.04
P		0.045	0.012
S		0.030	0.015
Cr	17.0	20.0	18.3

Ikrav 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 a third party nor be used for  
 any unauthorized purpose. Contravention will be prosecuted. ASEA-ATOM

SIS 2333	Enl spec		Använda medel- värden ur analys
	min	max	
Co	w/o	0.05 w/o	0.03 w/o
Mo			0.025
Ni	8.0	12.0	10.4
Fe	Balans		Balans

**2**  
Neutronflödestätheter

Representativa medelvärden på neutronflödestäthetsparametrarna i bränslestavknippets olika delar har tagits ur referens 1. Värdena har valts så, att med 7200 full-effekttimmar (EFPH) per år uppnås efter 4 års drift medelutbränningen 28 500 MWd/tU.

**3**  
Aktiveringsberäkningar

Aktiveringsberäkningarna har utförts med datorprogrammet AKTGAMMA, referens 2.

Materialen antas bestrålade i totalt 4 år, antaget 7200 EFPH per driftår. Enligt vad som sades i avsnitt 2 svarar detta mot medelutbränningen 28 500 MWd/tU. Aktiviteten per gram material efter sista årets bestrålning har beräknats för avklingningstiderna 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 samt 1000 år. Resultaten redovisas i diagrammen 1 - 5 för kapslingsrör (Zircaloy 2), spridare (Inconel X-750), fjädrar (SIS 2331), topplatta med handtag (SIS 2333) samt bottenplattan (SIS 2333). Förutom summaaktiviteten som funktion av avklingningstiden redovisas också bidragen från olika nuklider.

I tabell 2 finns en sammanställning över de olika delarna i ett bränslestavknippe med resp dels vikt angiven. Med hjälp av diagrammen 1 - 5 och de i tabellen angivna vikterna har den i de olika delarna inducerade aktiviteten bestämts för avklingningstiderna 1, 10, 100 samt 1000 år. Dessa aktiviteter samt summaaktiviteten för allt konstruktionsmaterial i ett bränslestavknippe anges också i tabell 2. Av resultaten framgår, att den lilla mängden spridarmaterial bidrar med relativt stor del av summaaktiviteten (ca 75 % vid avklingningstiden 100 år).

Tabell 2 Neutroninducerad aktivitet i konstruktionsmaterial i ett bränslestavknippe

Komponent	Material	Vikt (kg)	Avklingningstid	Aktivitet (Ci)
Kapslingsrör + ändplugger	Zircaloy 2	51	1 år	550
			10 år	11
			100 år	1.5
			1000 år	0.12

Inrets 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 a third party nor be used for  
 any unauthorized purposes. Confidentiality will be protected. ASEA-ATOM

Komponent	Material	Vikt (kg)	Avklingningstid	Aktivitet (Ci)
Spridare + div fjädrar	Inconel X-750	0.85	1 år	220
			10 år	81
			100 år	34
			1000 år	0.48
Fjädrar	SIS 2331	2.0	1 år	420
			10 år	55
			100 år	4.7
			1000 år	0.075
Topplatta med handtag	SIS 2333	1.6	1 år	170
			10 år	22
			100 år	2.1
			1000 år	0.033
Bottenplatta	SIS 2333	1.2	1 år	180
			10 år	24
			100 år	2.3
			1000 år	0.036
Summa			1 år	1500
			10 år	190
			100 år	45
			1000 år	0.74

I tabell 3 ges slutligen den inducerade aktiviteten i ett bränslestavknippe uppdelat på olika nuklider. Detta göres för avklingningstiderna 1, 10, 100 samt 1000 år. Efter 10 år dominerar Fe-55, Co-60 och Ni-63 aktivitetsmässigt, medan efter 100 år Ni-63 dominerar ensamt. Den kvarvarande aktiviteten efter 1000 år består av C-14, Ni-59, Ni-63, Zr-93/Nb-93 m samt Nb-94.

Tabell 3 Aktiviteten (Ci) i konstruktionsmaterial i ett bränslestavknippe uppdelat på olika nuklider

Dominerande nuklider	Avklingningstider (år)			
	1	10	100	1000
C-14	6.3(-2)	6.3(-2)	6.3(-2)	5.6(-2)
S-35	7.4(-3)	-	-	-
Mn-54	1.8(1)	9.6(-3)	-	-
Fe-55	7.6(2)	7.6(1)	-	-
Co-58	3.6(1)	-	-	-
Co-60	9.9(1)	3.0(1)	2.3(-4)	-

This document must not be copied without our written permission, and the contents thereof must not be imported to a third party nor be used for any unauthorized purpose. Control copies will be preserved. ASEA-ATOM

Dominerande nuklider	Avklingningstider (år)			
	1	10	100	1000
Ni-59	5.7(-1)	5.7(-1)	5.7(-1)	5.6(-1)
Ni-63	9.2(1)	8.6(1)	4.4(1)	5.0(-2)
Zr-93	3.0(-2)	3.0(-2)	3.0(-2)	3.0(-2)
Zr-95	1.5(2)	-	-	-
Nb-93 m	4.0(-3)	1.4(-2)	3.0(-2)	3.0(-2)
Nb-94	1.3(-2)	1.3(-2)	1.3(-2)	1.3(-2)
Nb-95	3.1(2)	-	-	-
Sn-113	2.2(1)	-	-	-
Sn-119 m	1.7(0)	1.5(-4)	-	-
Hf-175	2.6(-1)	-	-	-
Ta-182	4.6(1)	-	-	-
W-185	3.6(-1)	-	-	-
<b>Totalt</b>	<b>1.5(3)</b>	<b>1.9(2)</b>	<b>4.5(1)</b>	<b>7.4(-1)</b>

4

Referenser

1. K Lundgren  
Neutronflödestätheter i och utanför reaktorhärden att användas vid aktiveringsberäkningar PM RF 76-383 (1976).
2. K Lundgren  
Omarbetning och uppdatering av datorprogrammet AKTGAMMA TR RF 76-263 (1976).

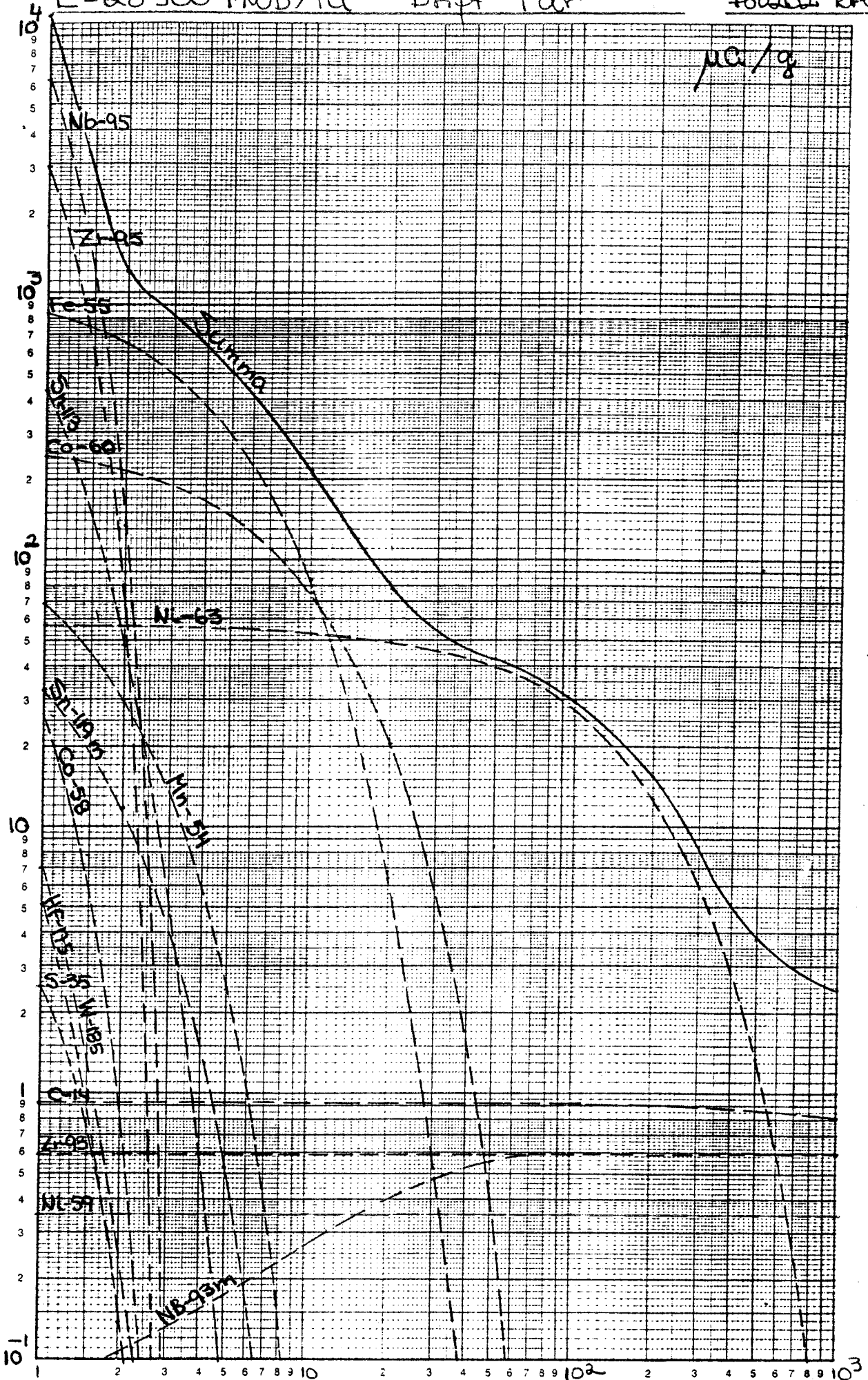
Inom med stöd av gällande lag. ASEA-ATOM  
 This document must not be copied without our written permission, and the contents thereof must not be imparted to a third party nor be used for any unauthorized purpose. Conventions will be protected. ASEA-ATOM

Kapslingsrör Zircaloy 2

Diagram 1

E=28500 MWd/TU Drift 4 år

780202 RFC/KL



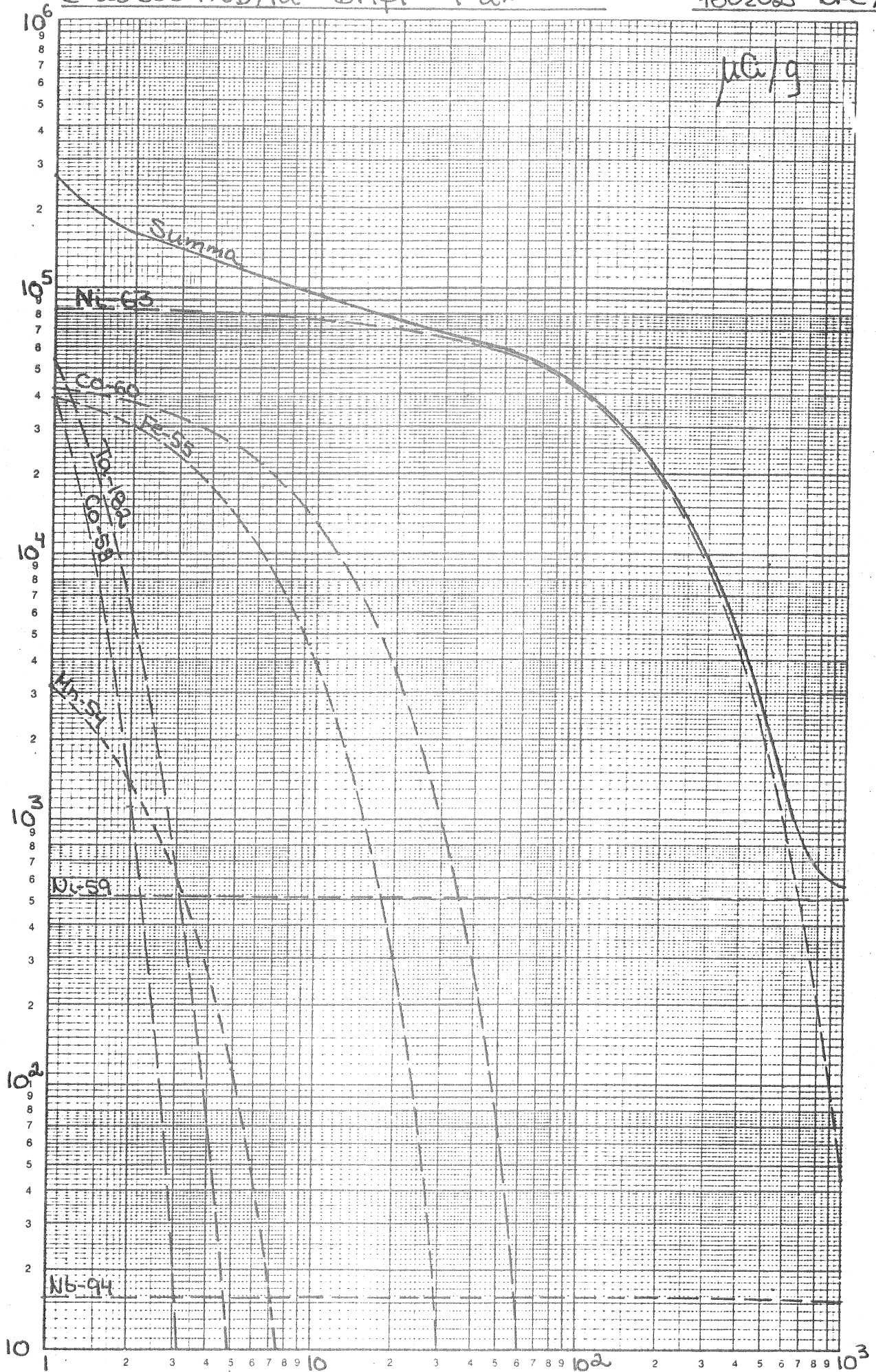
Avklingningstid (år)

Spridare Inconel X-750

Diagram 2

E=28500 MWd/tU Drift 4 år

780202 RFE/KL



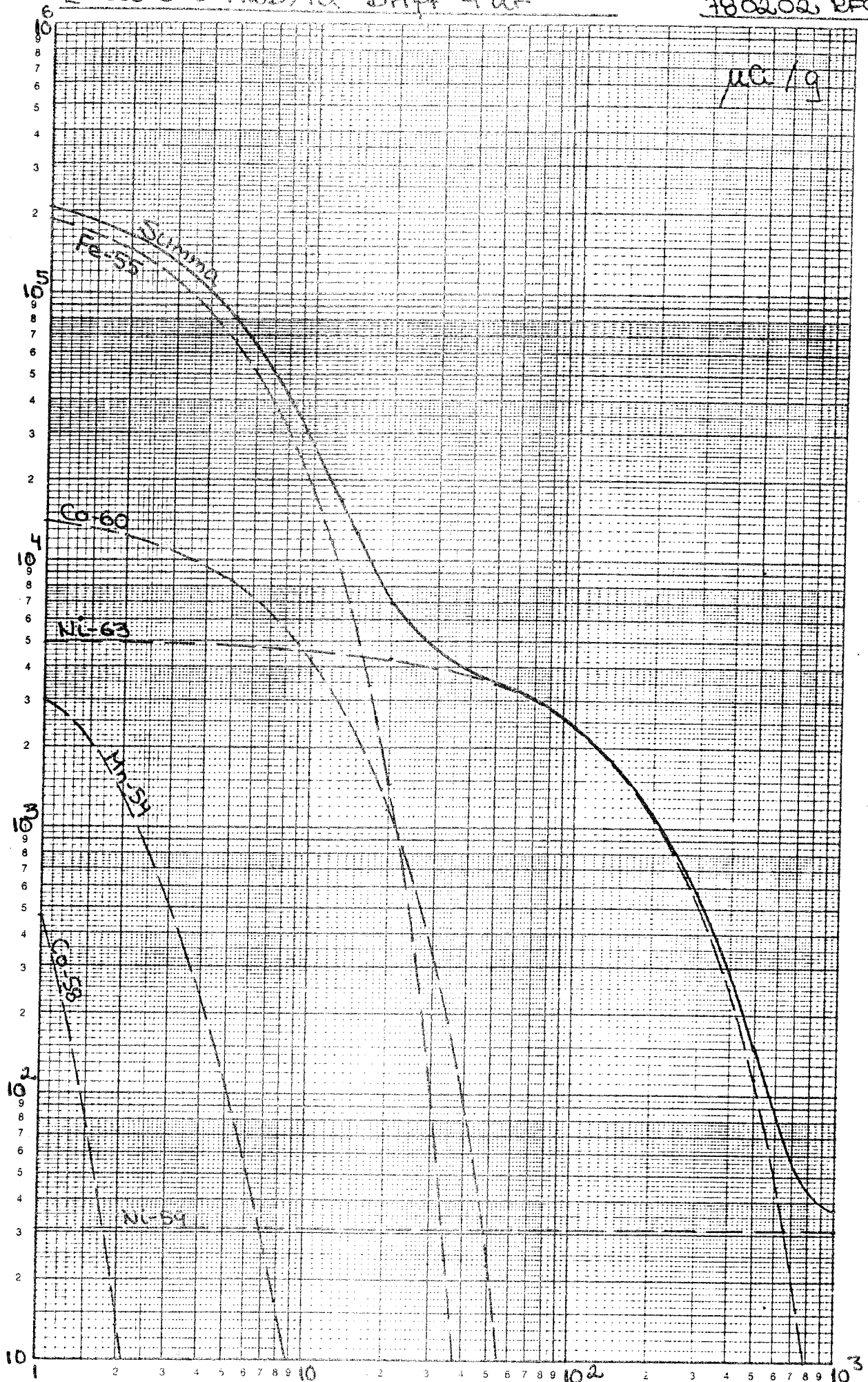
Avklingsningstid (år)

Tjäderar D13 2531

Diagram 3

E=28 500 MWD/TU Drift 4 år

780202 RFC/KL



År

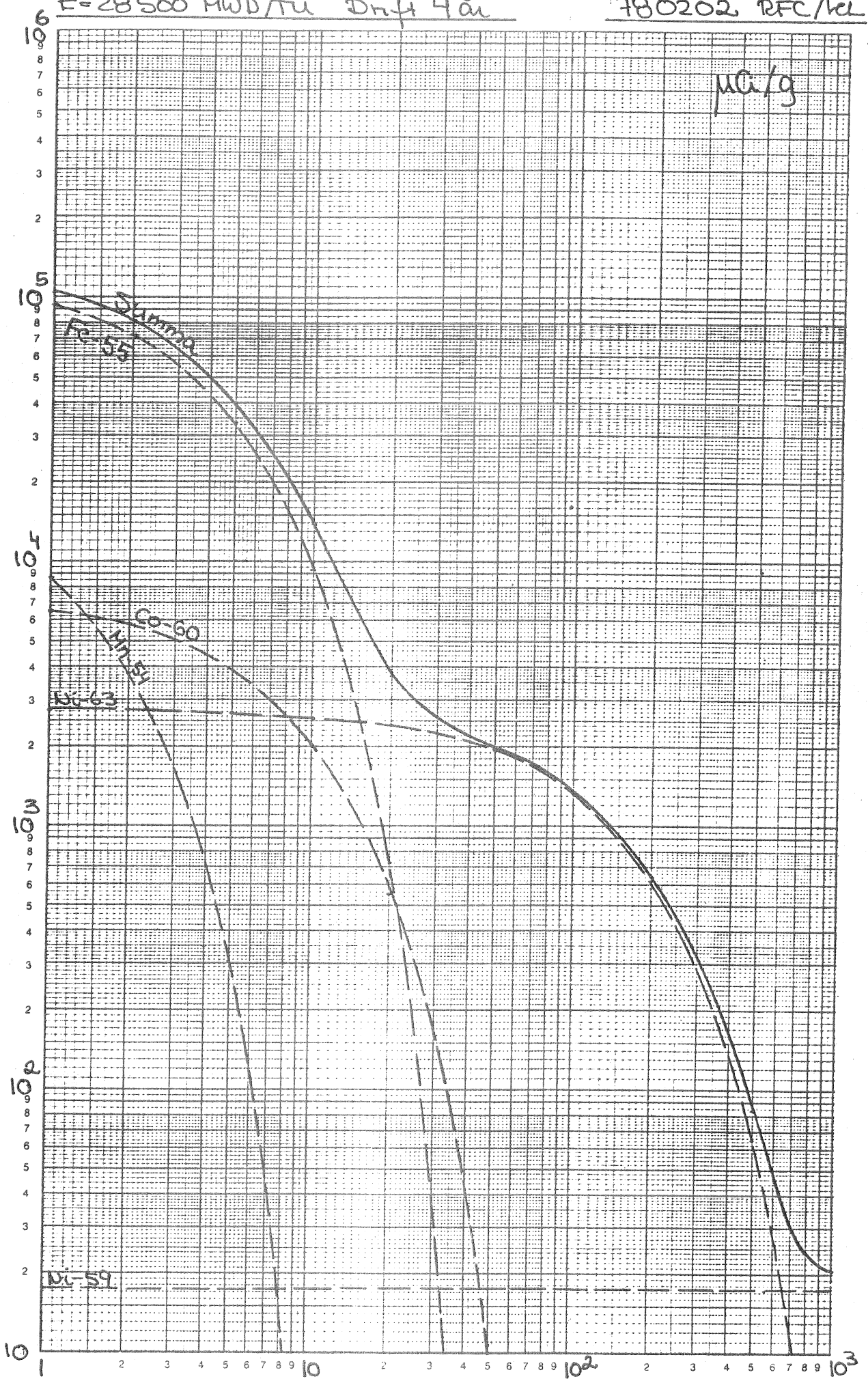


Topplatta m. handtag SIS 2333

Diagram 4

E=28500 MWD/TU Drift 4 år

780202 RFC/kl



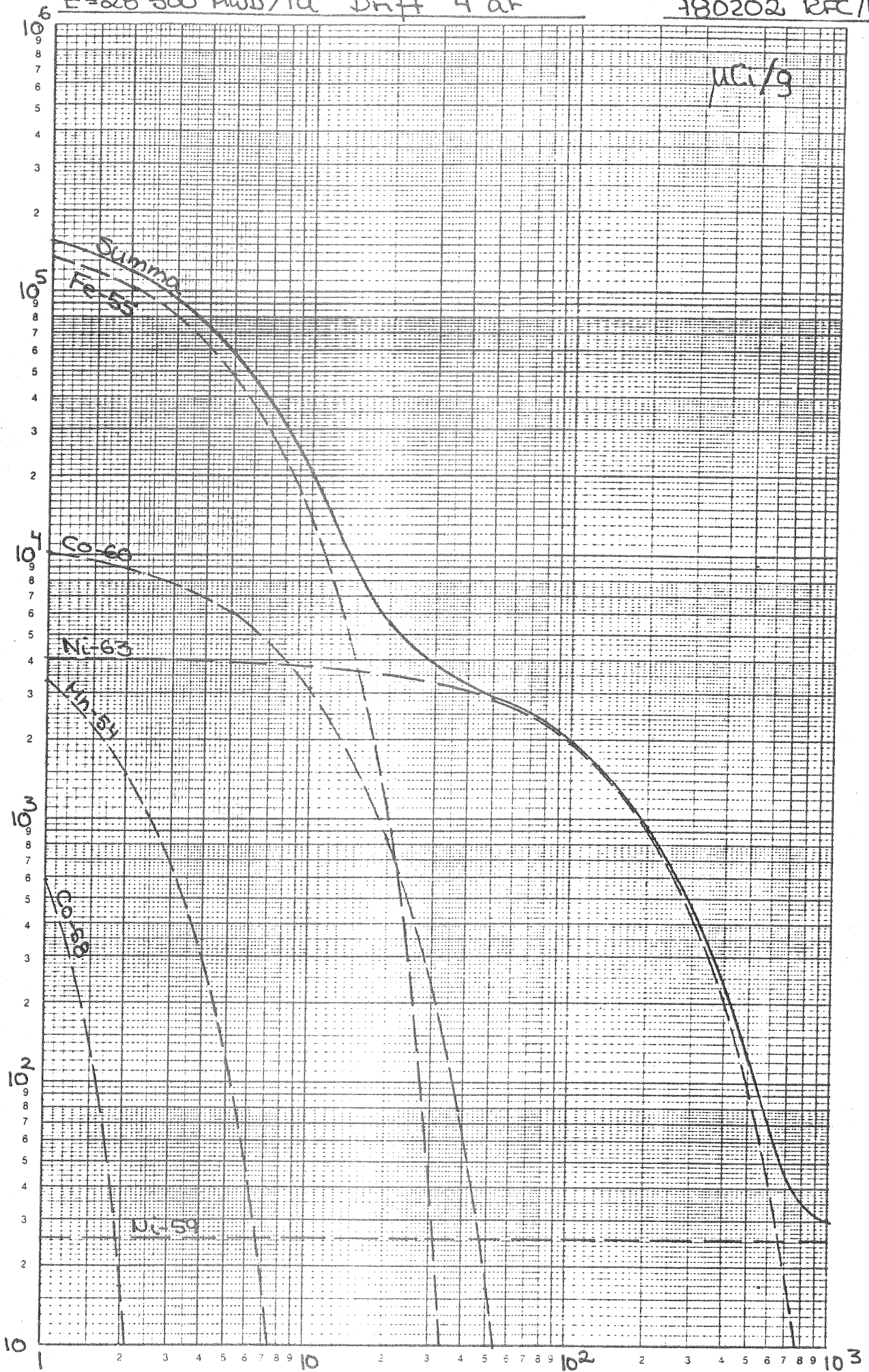
Avklingningstid (år)

Botteupplatta SIS 2333

Diagram 5

E=28 500 MWd/TU Drift 4 år

780202 RfC/KL



Aukelingsningstid (år)

## SLUK - Bränslespill

### Källor och mängder

Det bränsle som hanteras i inkapslingsprocessen för slutförvaret består av huvudsakligen urandioxid, som är tätt innesluten i kapsling av zircaloy. Enligt all erfarenhet är huvudparten av kapslingen hel (minst 99% av bränslestavarna). Från de stavar, där man måste räkna med skador, kan dock mindre mängder urandioxid falla ut under hanteringen. Man kan heller inte bortse ifrån att hanteringen själv kan ge skador på ett fåtal stavar med bränslespill som följd.

De erfarenheter man har av skadade stavar visar att urandioxid endast lösgörs ur kraftigt skadade eller avbrutna stavar. Även om staven är avbruten är det dock svårt att skaka ur några större kvantiteter urandioxid.

Baserat på dessa erfarenheter har vi beräknat att totala mängden bränslespill från 13 reaktorer under 30 års drift kommer att uppgå till 130 kg, men beaktar man skadefrekvensen i nyare stationer samt det faktum att mycket små mängder lösgörs vid stavbrott kan man anta att siffran blir lägre.

Av bränslespillet kommer huvudparten att uppträda i form av fragment i storleksordningen mm eller större. Någon % beräknas finnas som finkornig urandioxid.

Skadorna på bränslestavar uppstår i första hand vid reaktordrift, i mindre utsträckning skadas bränslet vid hanteringen i reaktorstationerna, i centrallagret och i slutförvaret.

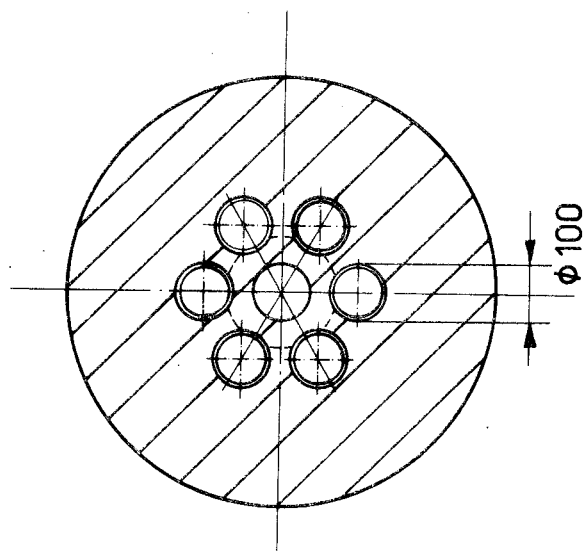
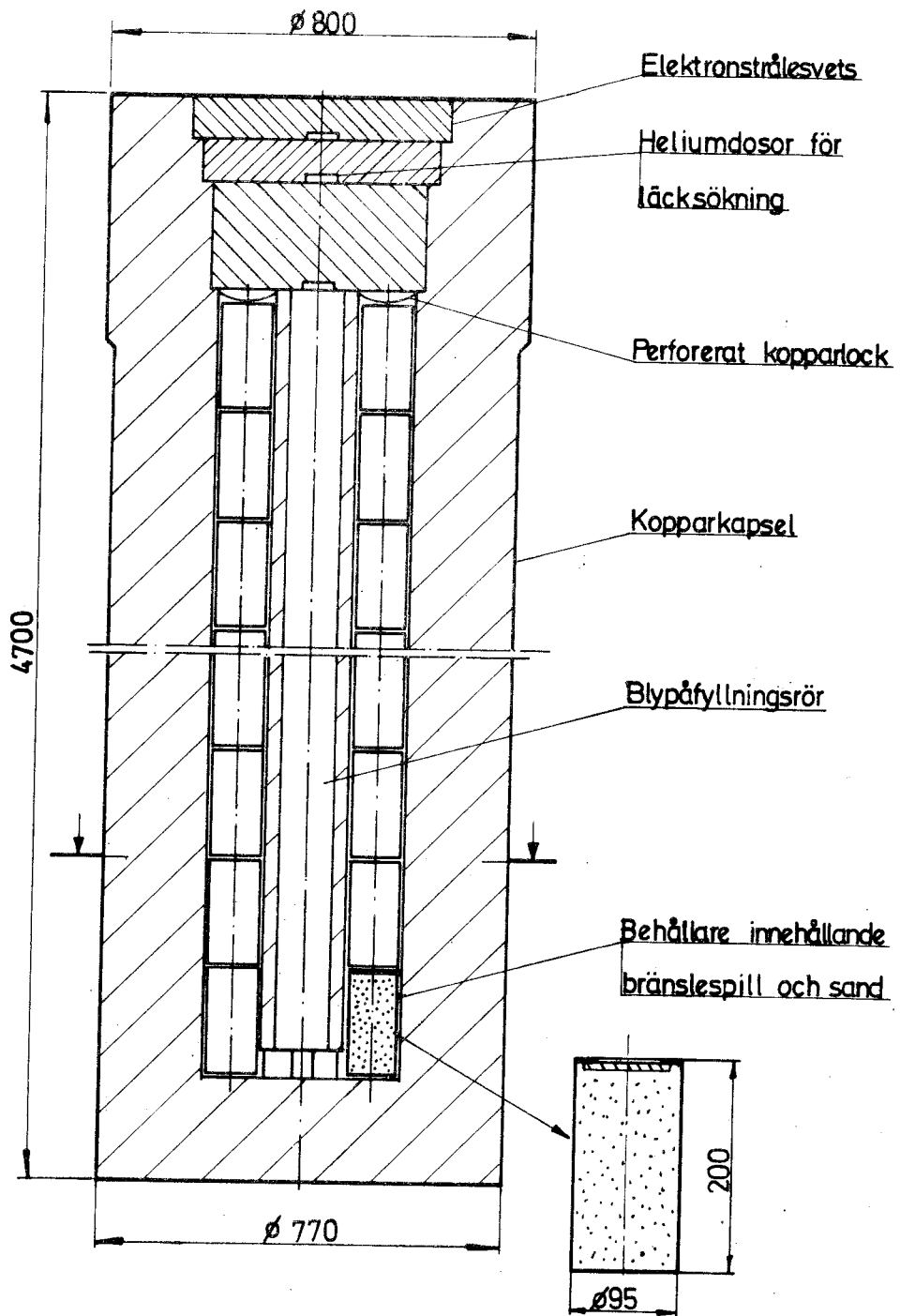
Bränslespill i reaktorstationer och centrallager kan uppsamlas med slamsugning i bassängerna och överförs till slutförvaret i transportbehållare på samma sätt som bränsleelement. Transportbehållaren förses dock med en speciell insats så att man undviker onödig kontaminering av behållaren.

I det följande beskrives hanteringen i slutförvaret.

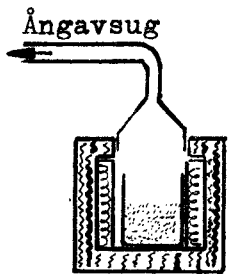
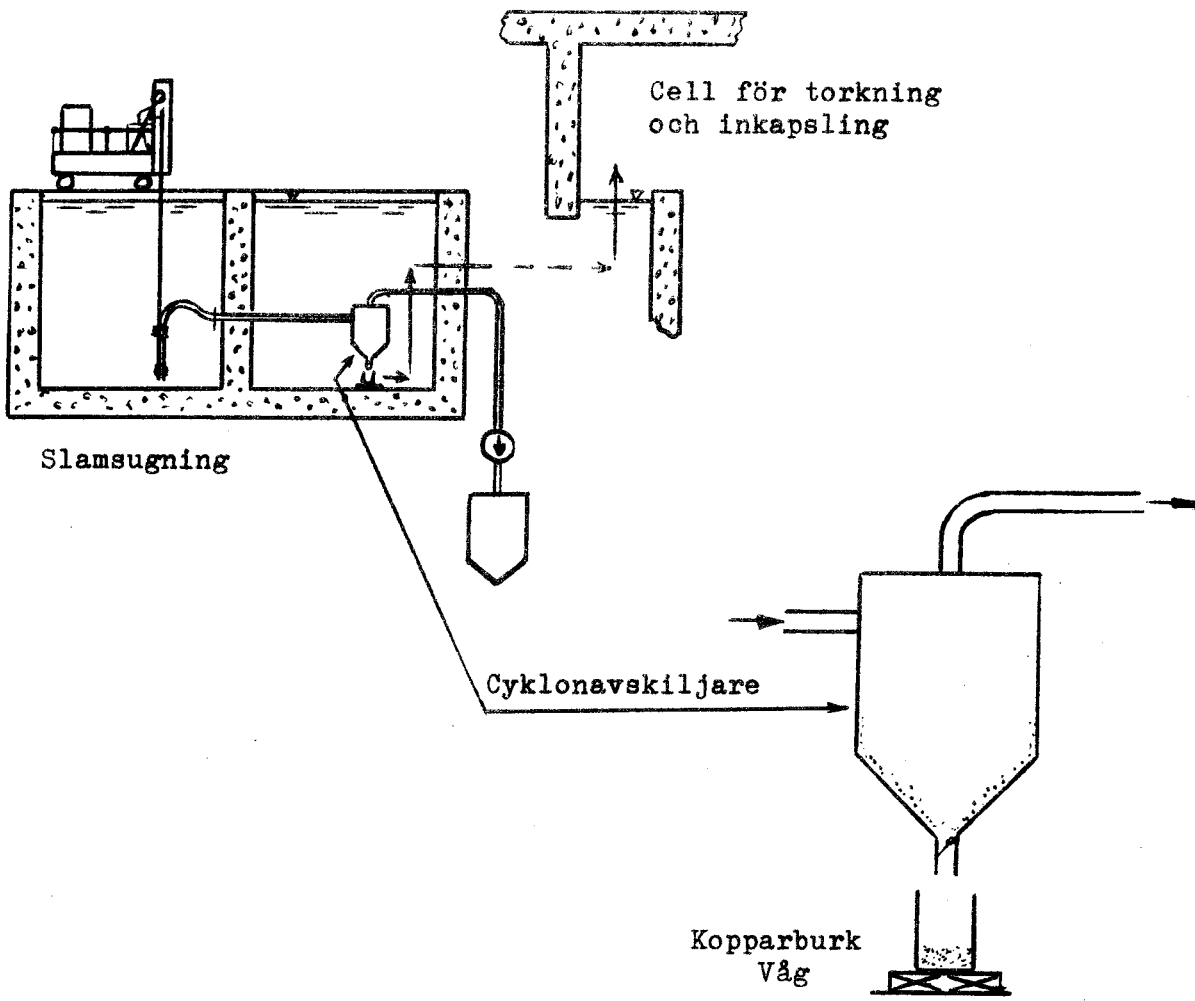
Hantering i slutförvaret

- 1 Bränslespill uppsamlas med slamsugning. Sådan slamsugning skall ske periodiskt av samtliga bassänger. Både bränslespill som lösgjorts vid hanteringen i slutförvaret och spill, överfört med transportbehållare, uppsamlas på detta sätt.
- 2 Slamsugsledningen leder till en cyklonavskiljare, där alla bränslefragment ner till ca 0,5 mm storlek avskiljes. På detta sätt uppsamlas minst 99% av bränslespillen.  
  
Cyklonavskiljaren är placerad i ena förrådsbassängen så att vattnet tjänstgör som strålskydd för de uppsamlade bränslefragmenten.
- 3 Från cyklonavskiljaren ledes vattnet via slamsugningspumpen till en tank. Tankvattnet kommer att innehålla det finkorniga bränslespill som cyklonavskiljaren inte kunnat samla upp.
- 4 Sedan slamsugningen avslutas, öppnas en ventil i botten på cyklonavskiljaren. De avskilda bränslefragmenten faller då ner i en kopparburk, i vars botten ett tunt lager sand lagts in. Tömningen av cyklonavskiljaren underlättas med en vibrator.
- 5 Kopparburken, som har en volym på ca en liter, beräknas bli fylld på ett par månader. Den fyllda burken flyttas under vatten in i gjutcellen, där några sidopositioner reserverats för behandling av bränslespill.
- 6 Kopparburken får först torka. Detta sker vid något förhöjd temperatur i en position med elvärme och avsug. Ångorna från avsugets leds till cellens avgassystem.
- 7 Efter torkningen påfylls sand över bränslespillen. Avsikten med sanden är att den genom sin finkornighet skall fylla ut mellanrummen mellan de större bränslefragmenten vid den följande kompakteringen så att enheten sand - bränslefragment kan motstå det tryck som kopparkapseln utsätts för i slutförvaret.
- 8 Sand - bränslefragment fördelas genom vibration, varefter blandningen kompakteras genom att ett kopparlock pressas ner mot överytan av en kolv.

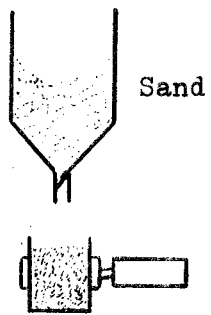
- 9 Efter kompakteringen viks kanten över för att kopparlocket skall hållas på sin plats.
- 10 Kopparburken placeras nu i en speciell koppar-kapsel, ur vilken borrats 7 kanaler  $\varnothing$  100 med längden 4 m. Kanalerna är avpassade till burkarnas ytterdiameter. Burkarna ställs på varandra i kanalerna. En enda kopparkapsel beräknas räcka till allt spill från det behandlade bränslet.
- 11 Det finkorniga bränslepillet, som uppsamlas i tank, får sedimentera. Efter en tid tappas vattnet och bränslebemängt slam av var för sig. Vattnet leds till filtren i reningssystemet för bassängvattnet och återgår så till processen. Slammet ledes till en indunstare, varefter koncentratet tappas på kopparburk av samma slag som för bränslefragment. Den behandlas sedan på samma sätt som ovan.
- 12 Sedan kopparkapselns kanaler fyllts anbringas en låsplåt över de översta burkarna. Plåten hindrar burkarna att flyta upp vid blyfyllningen.
- 13 Kopparkapseln genomgår därefter samma procedur som övriga kapslar, dvs värmning, blyfyllning, svalning, bearbetning av blyöverskott, svetsning av av kopparlock och nertransport till slutförvar.



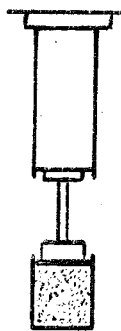
Kapsel för bränslepill



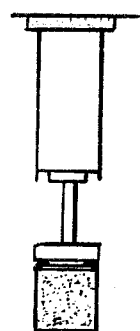
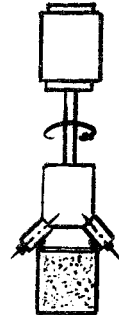
Torkning



Sandpåfyllning



Lockpåsättning  
Kompaktering



Kanten viks över

Till	Från	Datum	Reg.	Blad
TK Lönnerberg, RB, RBB, RBB Grapengiesser RB Vesterlund	RBB	78-02-24		1
	Utfärdare, H-nr			
	Björn Grapengiesser, 4465			

Storleksfördelning av från skadade stavar frigjord uranoxid.

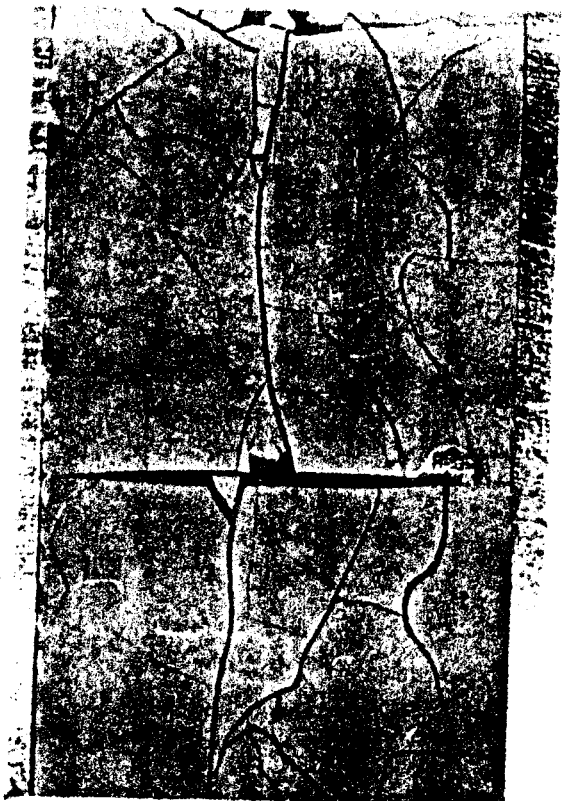
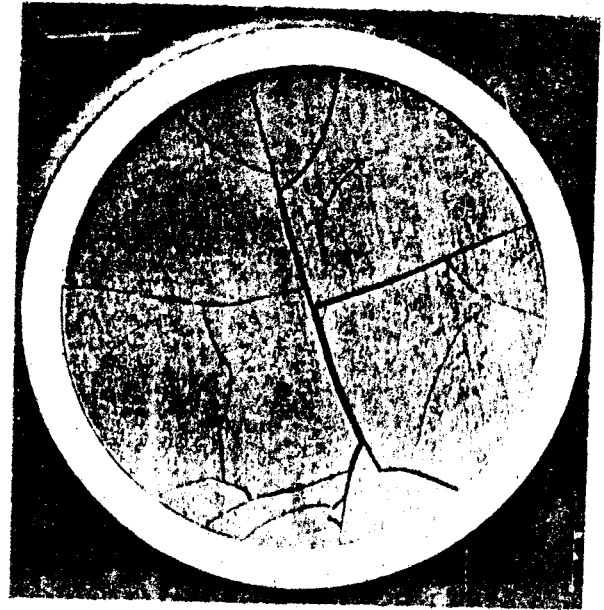
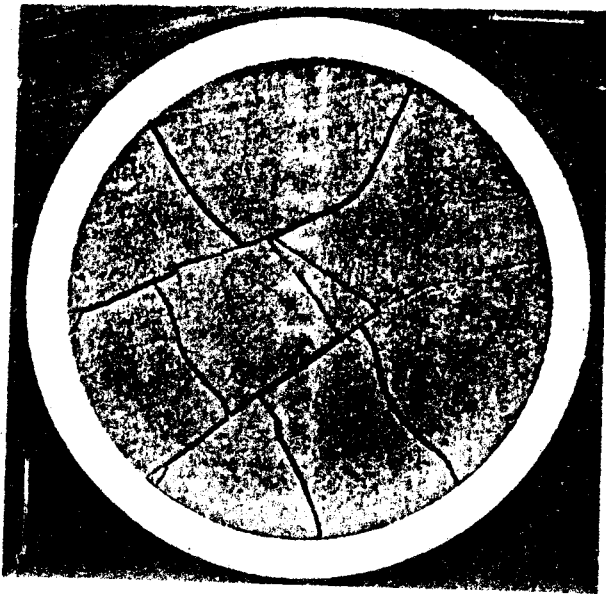
Vid avfallshantering av reaktorbränsle genom ingjutning av stavarna i bly, i kopparkärl, uppkommer i mycket begränsad omfattning problem med skadade stavar och från kraftigt skadade stavar frilagd uranoxid. Skadade stavar kan förväntas förekomma i mycket låg omfattning, enligt nuvarande erfarenhet. Alla stavar med större skador, och de flesta med mindre, kommer att vara speciellt uppmärksammade d v s utsorterade. Frilagd uranoxid i de stavar, vilka klassas som hela, förekommer inte. Däremot kommer man så småningom att samla på sig en uppsättning mer eller mindre skadade stavar, som eventuellt kräver speciell behandling. Från kraftigt skadade stavar kan lösa stycken av uranoxid falla bort, men erfarenheten från arbete med skadat bränsle är, att endast små mängder lämnar de skadade stavarna vid någorlunda varsam hantering. Man kan nästan säga, att det är ett villkor att staven skall vara uppfläkt eller avbruten för att uranoxid skall avges. Om så är fallet kan varierande mängder skakas loss ur den skadade staven. Det gäller då att de ursprungliga kutsarna genom termiska krafter har spruckit sönder i fragment av ca 5 mm storlek. Vid en siktanalys skulle en helt övervägande andel fastna i siktar mellan 2 och 10 mm maskvidd. Vid våldsamt hantering kan naturligtvis fragmenten bli mindre och större mängder tömmas ut. Det har dock visat sig vara besvärligt att, utan axiell uppkapning, tömma kapslingsrör eller delar av dem, längre än någon decimeter, från utbränt bränsle. Man kan nog inte utesluta att en liten mängd finkornigare uranoxid också förekommer. Från ett axiellt brott, kan man kanske pessimistiskt uppskatta att 1-5 kutsar (10-50 g) som 2-10 mm fragment, samt 10 mg - 1 g finkornigare uranoxid, kan lämna staven vid normalt oförsiktig hantering. Bedömningen har som underlag konsultation av personal från AE avd BL med vana av hantering av skadat bränsle i heta cellerna i Studsvik, samt studier av bilder, se figur 1, av axiellt uppkapade bränslestavar.

Per behandlad härd får man förmodligen 10-300 skadade stavar, 100-1000 g grovkornigt  $UO_2$  samt 100 mg - 100 g finkornigt att hantera. Denna bedömning grundar sig på erfarenhet från Oskarshamn 1 reaktorn men mycket pekar på att mycket lägre proportion skadat bränsle är att vänta.



Figur 1

Karaktäristiska sprickmönster i uranoxidkutsar  
från kraftreaktorbränsle



Till	Från	Datum	Reg.	Blad
	TK	78-05-16		1
	Utfärdare, tfn-nr			
	B Lönnerberg, 3524			

SLUK - Hantering av blyrester från bearbetningen i svalcellen

### Bakgrund

Vid blyggjutningen fylls kopparkapslarna med bly till en sådan höjd över bränslet att sjunkningen vid blyets stelning ersätts från detta blyöverskott. Blyöverskottet liksom det därigenom gående centrumröret av kopparstället skall efter stelningen avlägsnas för att ge plats för kapselns inre kopparlock.

### Typ av restmaterial

Bränslet som kringgjutes av bly är i huvudsak hela, felfria stavar. Man måste dock anta att ett fåtal stavar har skador, där små mängder bränslefragment kan komma ut. På grund av blyets relativt höga densitet har sådana fragment en benägenhet att samlas på ytan av blysmältan.

Bränslestavarna kan vidare ha en beläggning av radioaktivt material som inte lossnat under den tidigare hanteringen. Även delar av denna beläggning kan komma att flyta på blyet.

Vid bearbetningen av överskottsblet tar man även bort den övre delen av centrumröret i kopparstället.

Slutligen bearbetas de cylindriska ytorna i kopparcylindern så att en yta avpassad för insvetsningen av locken erhålls.

Bearbetningen ger således blyrester innehållande kopparspån och fragment av radioaktivt material.

Därför bör resterna inte föras ut från den strålskärmda delen av anläggningen.

### Hanteringsgång

Spånen från bearbetningen uppsamlas i ett kärl i svalcellen. Kärllet är inplacerat i cellens golv och har en rörlig botten.

Då kärlet fyllts töms det genom att botten förskjuts, varvid spånen faller ner i en smältugn. Smältugnen står i ett eget utrymme på planet under svalcellen. Detta utrymme kan fyllas med skyddsgas (kväve) för att oxidering av blyet skall undvikas vid smältningen.

Blyet smälts i ugnen. Övriga delar av resterna flyter därvid upp mot blyytan. Dessa rester som huvudsakligen består av kopparspån skummas av från blyytan och får falla ner i ett transportkärl.

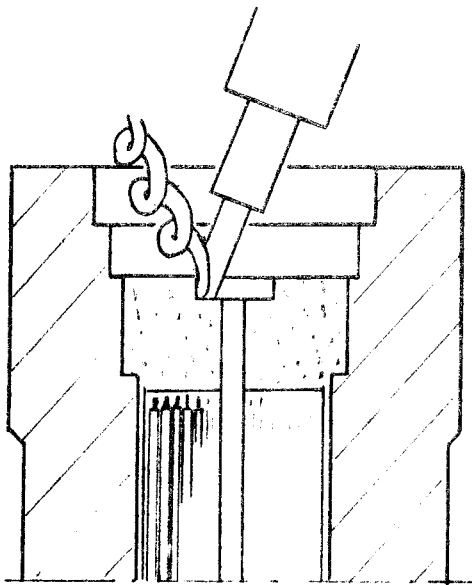
Transportkärlet flyttas senare över till den anläggningsdel där ingjutning av metalledar sker. Transportkärlet ges en sådan form att det direkt passar i betongkokillerna.

Blysmältan tas ut genom en ledning i ugnens botten och pumpas in i ledningen för påfyllning i en ny kapsel. Pump och ventiler placeras i ett angränsande rum så att service och underhåll på dessa delar underlättas.

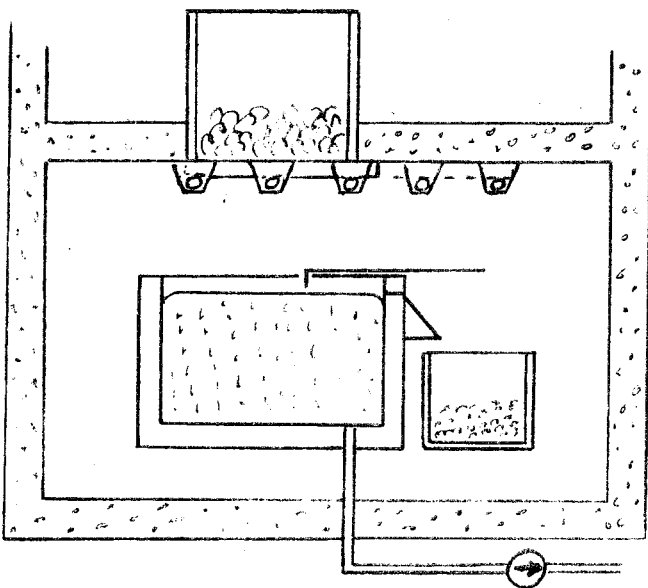
#### Materialmängder

Mängden bly från varje kapsel beräknas bli  $20 \text{ dm}^3$  motsvarande ca 220 kg.

Kopparmängden kan beräknas till 11 kg med volymen  $3,5 \text{ dm}^3$ . För ingjutning i betong åtgår 25 kokiller à  $1 \text{ m}^3$ . Man kan dock spola resterna rena och dekontaminera, varpå kopparn kan omsmältas.



Bortsvarvning av blyöverskott



Uppsamling av svarvspån

Smältning i ugn med skyddsgas  
Fasta rester skummas av

Smält bly pumpas till  
ny kapsel

Distribution  TK Lönnerberg, RC, RCC	Från/From	Datum/Date	Reg.	Page
	RCC	770905		Sida 1
	Författare/Author Rolf Pettersson, 6259			
Granskad/Examined			Godkänd/Approved	

Titel/Title

Maximala temperaturen i kapsel för lagring av utbrända bränsle-element

Sammanfattning/Abstract

Bakgrund

Som förutsättning för denna temperaturökning har gällt att de utbrända bränslestavarna placeras i en metallkapsel.

Som material i kapseln har två metaller diskuterats, nämligen kolstål och koppar.

Temperaturökningen har utförts för en kolstålskapsel med en geometri enligt figur 1. I slutet av texten anges beräkningarnas giltighet för en kopparkapsel.

Kapselns utförande

Kolstålskapseln har 300 mm. tjocka väggar och är omgiven av ett hölje av titan. Diametern på hålet i kapseln är 340 mm. Kapseln kan rymma 300-500 stavar beroende på den möjliga packningsgraden.

Omgivningstemperatur, effekter

Den maximala temperaturen i kapseln kommer att erhållas hos centrumstavarna. Temperaturnivån beror av den totala effekten som genereras i kapseln, energitransporten till kapselns utsida och utsidans kylning av de omkringliggande materialen.

Effektgenereringen beror av resteffektens storlek och av hur många stavar som packas in i kapseln. I dessa beräkningar har effekten varierats mellan 100 och 1700 W (100 W motsvarar 300 stavar från patroner på 20 W och 1700 W motsvarar 500 stavar från 200 W patroner).

Denna PM behandlar ej värmetransporten utanför kapseln. I stället förutsätts att en viss temperatur gäller på kapselns utsida och att all genererad effekt kan bortföras från kapseln utan att denna temperatur förändras. Yttemperaturen har varierats mellan 15 och 125 °C i dessa beräkningar.

Värmeledningen i titan och kolstål är mycket effektiv varför temperaturen på kapselns insida är mindre än 5 °C högre än på utsidan, oberoende av effekten.

Beräkningsmetod

Energitransporten från stavarna till kapseln kommer i realiteten att ske genom värmestrålning, värmeledning (kontaktytor kommer att finnas) och eventuellt konvektion till luften i kapseln. I dessa beräkningar har dock enbart värmeledning krediterats, vilket bör ge en överskattning av maximala temperaturen i kapseln.

Invas 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 a third party nor be used for  
 any unauthorized purposes. Conventions will be preserved. ASEA-ATOM

För strålningsberäkningarna har hålrummet indelats i 11 fiktiva koncentriska cylindrar inom vilka effektgenereringen är fördelad proportionellt mot tvärsnittsarean. Strålningsutbytet sker mellan cylinderytorna enligt modell beskriven i Appendix A.

## Resultat

Resultaten presenteras i figurerna 3 och 4. Figur 3 ger den maximala temperaturen i kapseln som funktion av temperaturen som antagits gälla på kapselns insida. Denna funktion har givits för olika totaleffekter (100-1700 W).

Dessa data har också plottats i figur 4 här med den maximala temperaturen som funktion av total effektgenerering och med temperaturen på kapselns insida som parameter.

## Sammanfattning

Då den totala effektgenereringen i kapseln, vilken ges av resteffekten och antalet stavar och temperaturen på kapselns utsida (insidan mindre än 5 °C högre än utsidan), vilken bestäms av kylningsförhållandena utanför kapseln (behandlas ej i denna PM) är kända ges den maximala temperaturen i kapseln av figur 3 och 4

## Diskussion

Det framgår av ovanstående att värmeledningen i kapselmaterialet är så god att temperaturfallet mellan kapselns inner- och ytteryta saknar praktisk betydelse för beräkningen av bränslets maximala temperatur.

För en kapsel av koppar, som har ännu högre värmeledningsförmåga än stål, kommer temperaturskillnaden mellan kapselns inner- och ytteryta att bli ännu mindre. En beräkning för kopparkapsel kommer alltså att med endast någon grad skilja sig från resultatet i figurerna

Värmestrålning mellan koncentriska  
cylindrar

Nettoenergitransporten mellan koncentriska  
cylindrar ges av följande ekvation:

Referens: Transport Phenomena, Lightfoot m. fl.

$$q_{\text{netto}} = \frac{\epsilon_1 \cdot \sigma \cdot A_1 \cdot (T_1^4 - T_2^4)}{1 + \epsilon_1 \cdot (1/\epsilon_2 - 1) \cdot A_1/A_2}$$

$\epsilon_1, \epsilon_2$  = emissiviteten för ytan 1 respektive 2.  
(I detta fall  $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 0.7$ )

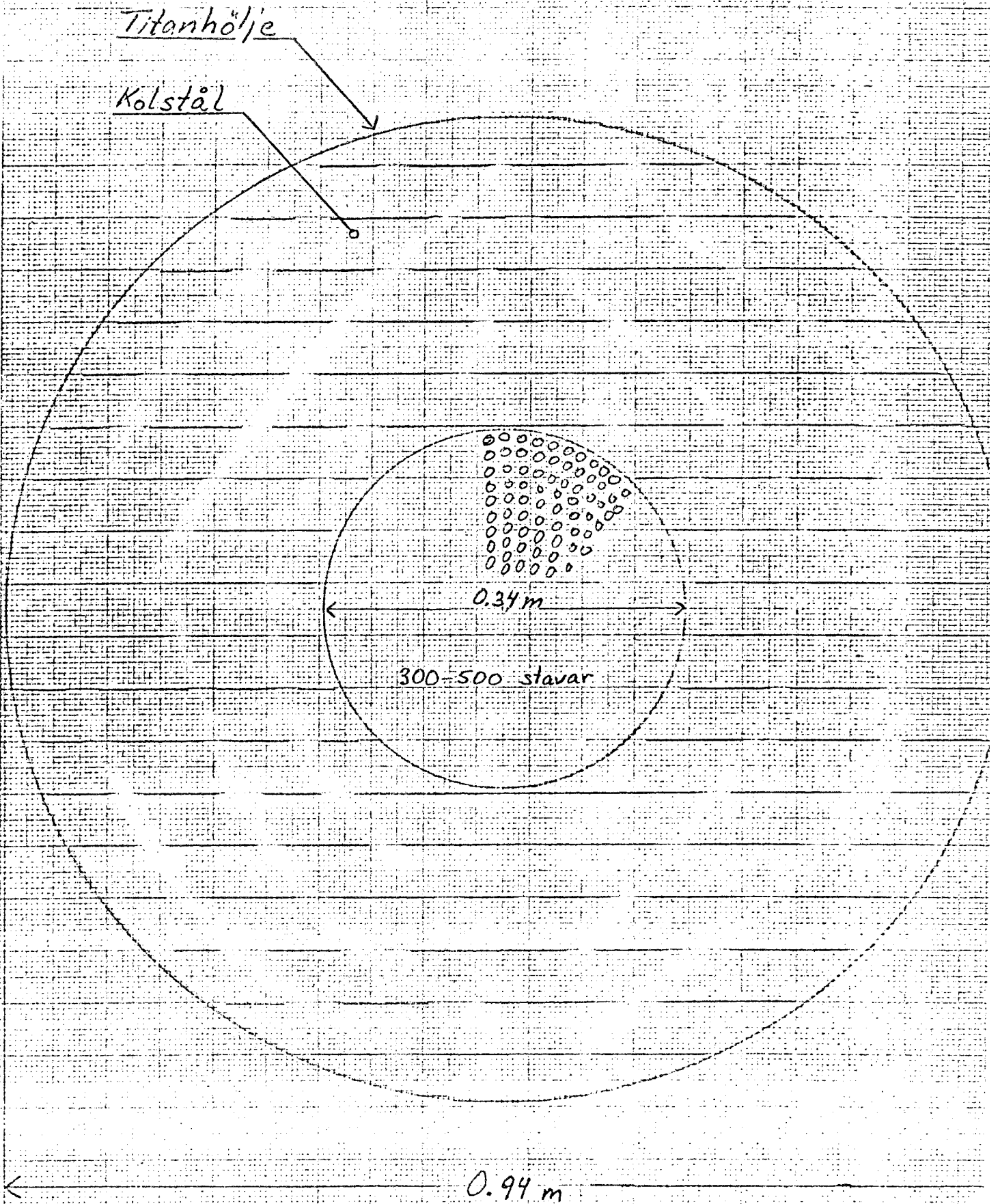
$$\sigma = 5.6686 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$A_1, A_2$  = värmeöverförande area  $\text{m}^2$

$T_1, T_2$  = temperatur K

# Geometri beskrivning

Figur 1  
770824



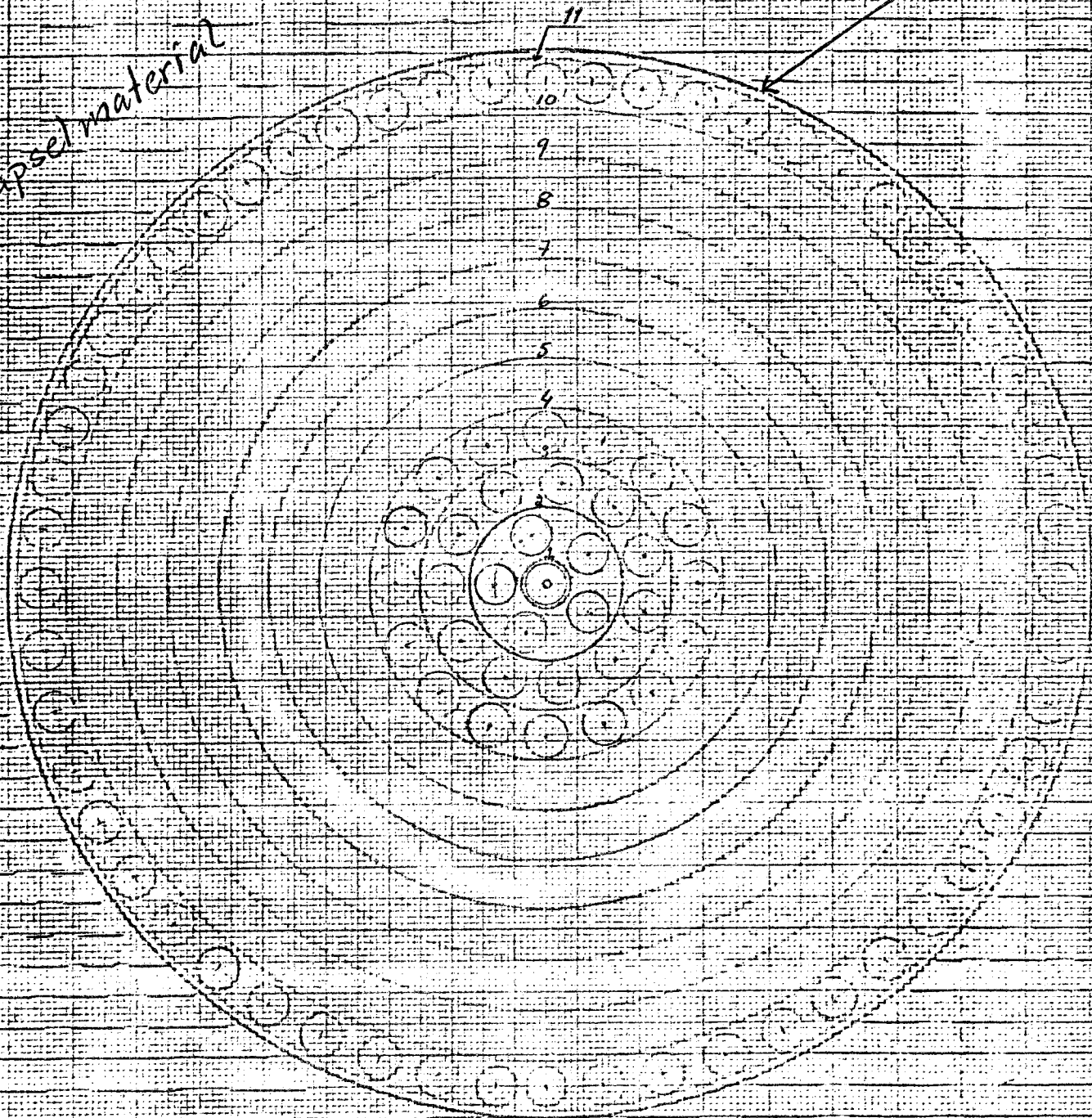


Modell för temperatur-beräkningarna.

Figur 2  
770823

Värmeöverföringen från centrum och utåt sker genom strålning mellan de 11 fiktiva cylindrarna, och mellan den 11:e cylindern och kapselns insida.

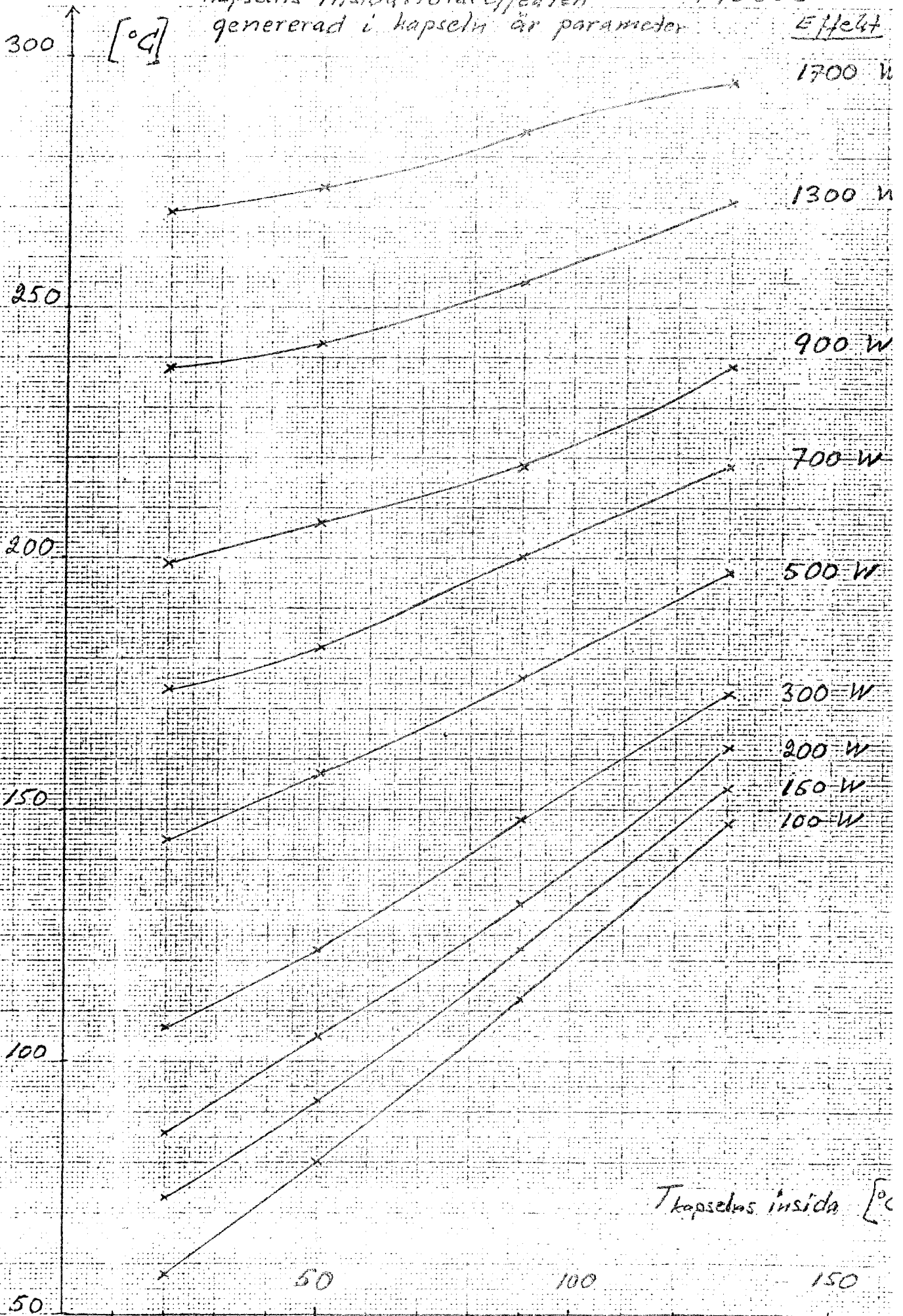
kapselmaterial



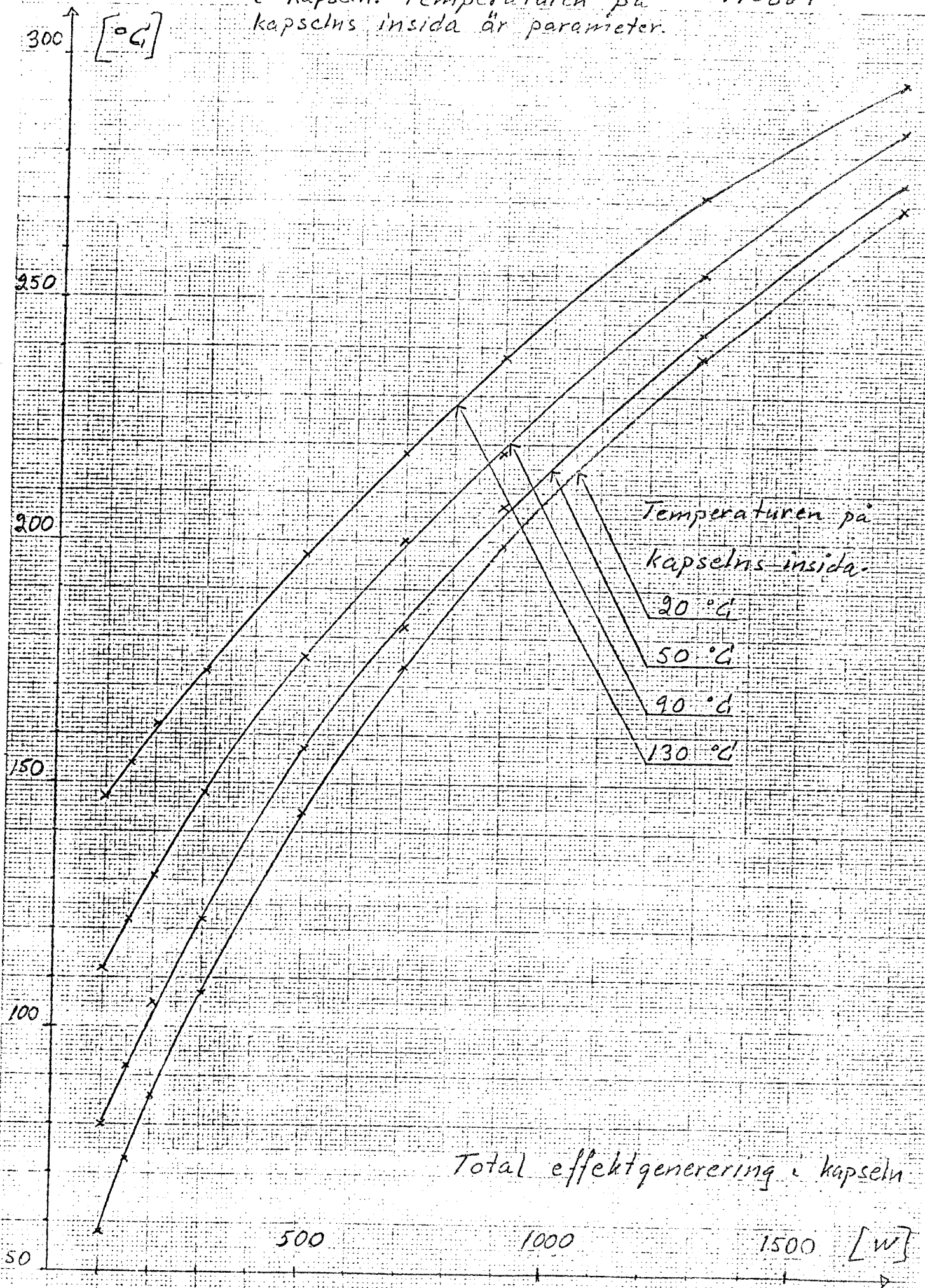
Beräkningarna antar att stavarna, som packas en och en hamnar symmetrisk enligt figuren i detta fall ca 300 stavar.

Maximala temperaturen i kapselns centrum s.f.a. temperaturen på kapselns insida. Total effekten genererad i kapseln är parameter

Figur 3  
770823  
Effekt



Maximala temperaturen i kapseln  
 centrum s.f.a. total effektgenerering Figur 4  
 i kapseln. Temperaturen på 770884  
 kapseln insida är parameter.



## 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  
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  
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