

Bilaga 1

Distribution	Från/From	Datum/Date	Reg.	Page
	TK	79-10-10		Sida 1
	Författare/Author Lars Nilsson, 3045			
Granskad/Examined			Godkänd/Approved	

Title/Title
Rivning av svenska kärnkraftverk

Sammanfattning/Abstract

INNEHÅLL

1. Förutsättningar för studien
2. Omfattning av AA's andel av studien
3. Aktivitetsmängder och strålningsnivåer
 - 3.1 Inledning
 - 3.2 Neutroninducerad aktivitet i samt ytaktivitet på reaktortank och interna delar
 - 3.3 Neutroninducerad aktivitet i biologiska skärmen
 - 3.4 Aktivitet i stationens service- och processystem
 - 3.5 Aktivitet i betongen kring bränsle-, reaktor- samt kondensationsbassängen
4. Metodik för nedmontering
 - 4.1 Allmänt
 - 4.2 Reaktortank med interna delar
 - 4.3 Aktiva system och systemdelar
5. Tidplan
6. Personalbehov
 1. Planering av rivningsarbetet
 2. Utarbetande av tekniskt underlag
 3. Dekontaminering
 4. Demontage av reaktortank med interna delar
 5. Rivning av aktiva system och systemdelar
 6. Sammanställning av personalbehov
7. Radiologisk påverkan
8. Kostnadsuppskattning
 1. Allmänt
 2. Reaktortank med interna delar
 3. Aktiva system och systemdelar
9. Jämförelse Barsebäck 1 med Oskarshamn 2
10. Referenser
11. Bilagor

1. Förutsättningar

Allmänt

Som referensanläggning tjänar en ASEA-ATOM's BWR på 590 MW, i första hand Oskarshamnverket II, men de skillnader som representeras av Barsebäckverket 1 skall också studeras. Resultaten skall kunna appliceras även på andra anläggningar där så är möjligt.

Anläggningen skall helt nedmonteras så att platsen kan användas för annat ändamål.

Verket har varit i drift under 40 år med en belastningsfaktor på 0,8. Rivningsarbeten startar ett år efter avställning, varvid använt bränsle och normalt utbytbar aktiv utrustning har borttransporterats.

Anläggningen antas ha fungerat normalt under hela drifttiden utan något haveri med större aktivitetsutsläpp. Visst driftläckage har dock antagits, se nedan.

Erfarenheten hos verkets drift- och underhållspersonal skall utnyttjas för planeringsarbete samt även för arbetsledning vid demontage av utrustning, speciellt under tidigare skeden.

Studien förutsätter att rivningen skall utföras med en känd teknik, även om bättre metoder säkert kommer att finnas när rivningen blir aktuell. Vid val av arbetsmetoder skall hänsyn tas såväl till skydd för personalen som till skydd mot utsläpp till omgivningen.

Kontrollfunktioner skall i tillämpliga delar motsvara de som används vid kärnkraftbygge.

Vid beräkning av aktivitetsinventarium skall även utförda utländska (främst amerikanska) utredningar beaktas. Enklare dekontaminering skall utföras, såsom tvättning med högtrycksspruta eller borttagning av mindre betongytor.

Som rena betraktas ytor med kontamination understigande

10^{-4} $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ för β - och γ -strålning och

10^{-5} $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ för α -strålning.

Som aktivt avfall betraktas sådant med ytkontamination överstigande dessa värden och sådant med inducerad eller absorberad aktivitet överstigande 0,002 $\mu\text{Ci/g}$.

Radioaktivt avfall skall transporteras till en central avfallsanläggning, Programrådets ALMA. Transportförpackningarna skall vara i överensstämmelse härmed med innermått 2,5 x 3,7 x 2,7 m.

Behållarna kan vara av två typer, en oskärmad av stål med tomvikt 10 ton eller en skärmad av betong med tomvikt 52 ton. Totalvikten får ej överstiga 100 ton. I den oskärmade behållaren kan material med ytdosrater upp till 30 mrem/h transporteras och i den skärmade material med upp till 1 rem/h. Dessa värden är beräknade så att IAEA's transportbestämmelser blir uppfyllda.

Möjligheter till återanvändning av komponenter och material skall normalt ej krediteras projektet.

Vid tidpunkten för rivningsarbetet finns inga kraftverksenheter i drift kvar på platsen, varför rivningen kan ske utan några sådana hänsyn.

Kostnadsberäkningen skall motsvara kostnadsläget vid mitten av 1979.

2. Omfattning av AA's andel av studien

AA's andel av rivningsstudien omfattar

- uppskattning av aktivitetsinventarium för reaktor-tank med interna delar
- uppskattning av aktivitetsinventarium för reaktorns primärsystem samt haverisystemen
- uppskattning av aktivitetsinventarium för byggnadsdelar
- studier av metodik samt uppskattning av kostnader för demontering av aktiva delar av reaktor- och turbinanläggningen
- uppskattning av kostnader och avfallsmängder för aktiva anläggningsdelar
- bedömning av radiologisk påverkan
- förslag till rivningssekvens och tidplan

3 Aktivitetsmängder och strålningsnivåer

3.1 Inledning

En utförlig redogörelse för beräkningar och resultat beträffande aktivitetsmängder och strålningsnivåer återfinnes i ref 1. Nedan ges en sammanfattning av de viktigaste punkterna.

Anläggningens kontrollerade område antas ha hållits relativt rent, dvs aktivitetsspridningen har begränsats till normala driftläckage. Haveri med större aktivitetsspridning har inte inträffat under driftperioden.

Anläggningen förutsätts under sin drifttid ha haft måttliga skador på härden. I det följande förutsätts att skadorna inskränkt sig till 10% av dimensionerande bränsleskada.

3.2 Neutroninducerad aktivitet i samt ytaktivitet på reaktortank och interna delar

Aktiveringsberäkningar har utförts med datorprogrammet AKTGAMMA.

Beträffande sammansättningen hos de ingående konstruktionsmaterialen har målsättningen varit att använda så realistiska värden som möjligt. Använda sammansättningar har i de flesta fall bildats ur medelvärden från ett antal materialintyg.

Materialen antas bestrålade i totalt 40 år, antaget 7200 EFPH per driftår. Aktiviteten per gram material efter sista årets bestrålning har beräknats för ett antal olika avklingningstider upp till 1000 år. Som exempel redovisas aktiviteten per gram härdgaller i diagram 1. Förutom summaaktiviteten som funktion av avklingningstiden redovisas också bidragen från olika nuklider.

Som framgår av diagram 1 domineras aktiviteten vid 1 års avklingning av Fe-55, Co-60 samt Ni-63. Den helt dominerande gammastrålningskällan utgörs av Co-60, vilken därigenom bestämmer behovet av strålskärmning. Vid mycket långa avklingningstider (>500 år) dominerar Ni-59 aktivitetsmässigt.

Mängden ytaktivitet på reaktorvattenberörda komponenter (s k crud) är betydligt svårare att uppskatta. Bestämningar med mätutrustningen MADAC (Mobil Analysator för Detektering Av Crud i rörledningar) har gett ett värde på ca 10 mCi/m² Co-60 vid mätningar på rörledningar i Oskarshamn 2. Efter 40 års drift och 1 års avställning uppskattas denna siffra konservativt ha vuxit till ca 50 mCi/m² Co-60. Co-60 förväntas liksom för den i konstruktionsmaterial neutroninducerade aktiviteten utgöra den helt dominerande gammastrålkällan i crud.

Utgående från erfarenhetsvärden av materialsammansättningen på cruden på bränslekapslingen har med hjälp av datorprogrammet AKTGAMMA, en uppskattning av mängden övriga nuklider relativt Co-60 gjorts. Resultatet värde på ytkontamineringen redovisas i tabell 1. Förutom de aktiva korrosionsprodukterna Co-60, Ni-59, Ni-63 samt Fe-55 så har även ett visst bidrag från fissionsprodukter medtagits. MADAC-mätningar på rör- och komponenter i Oskarshamn 1 har givit att detta bidrag maximalt uppgår till 10% av Co-60-aktiviteten.

Tabell 1 - Ytaktivitet på reaktorvattenberörda ytor

Fe-55	50	mCi/m ²
Co-60	50	"
Ni-59	0,2	"
Ni-63	3	"
Fiss prod	5	"

I tabell 2 finns sammanställt aktivitetsdata för reaktortank med interna delar. Aktiviteten är uppdelad på de i tabell 1 angivna nukliderna samt är vidare uppdelad på i materialet neutroninducerad aktivitet (ind) resp ytaktivitet (crud). Vidare anges komponentens specifika aktivitet (Ci/ton Co-60 samt Ci/ton summaaktivitet).

Som framgår av tabell 2 varierar aktivitetsmängden i olika interna delar kraftigt beroende på hur nära härden de har varit placerade. Största aktiviteten har härdgaller, moderatortank samt härdstrilrör med ca 10⁴ Ci/ton Co-60, vilket innebär strålningsnivåer i storleksordningen >10⁴ rem/h i närheten av komponenterna

Tabell 2 - Neutroninducerad aktivitet i samt aktivitet i crud på reaktortank samt interna delar i Oskarshamn 2 efter 40 års drift

<u>Komponent</u>	<u>Co-60 Ci/ton</u>	<u>S:a Ci/ton</u>
Fuktavskiljare	3,0	6,4
Ångseparatorer	2,4	5,1
Moderatortanklock m härdstril	14	150
Moderatortank	2,1(3)	2,4(4)
Härdgaller	9,2(3)	1,1(5)
Härdstrilrör	1,7(4)	1,9(5)
Styrstavsledrör	4,0	20
Fördelningsskärm	3,6(-1)	7,8(-1)
Neutrondetektor- ledrör	2,9	15
Drivdon	1,1(-1)	2,4(-1)
Neutrondetektorhus	4,6(-1)	1,0
Drivdonshus	4(-2)	8,2(-2)
Mavasegment	1,4	4,7
Lockkylkrets	1,6	3,4
Reaktortank (Cladding + svart material)	3,2(-1)	3,6
Reaktortanklock (Cladding + svart material)	2(-2)	4(-2)

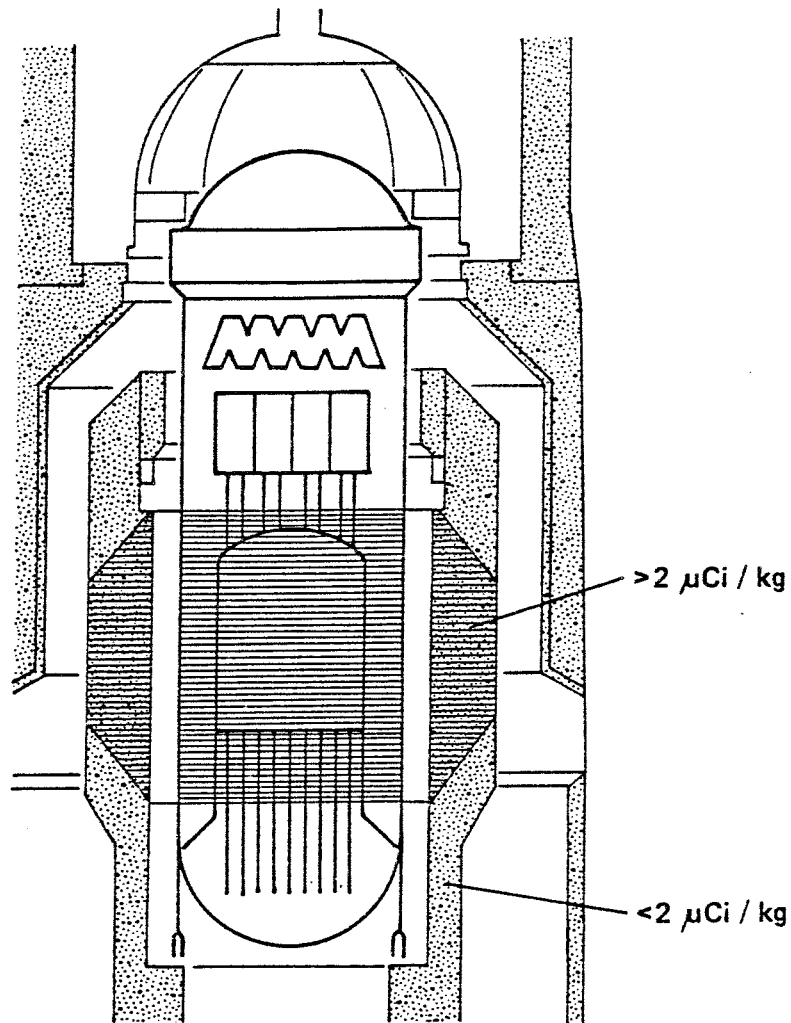
3.3 Neutroninducerad aktivitet i biologiska skärmen

Neutroninducerad aktivitet i betongen och armeringen i biologiska skärmen har beräknats med datorprogrammet AKTGAMMA. Beräkningsmetodiken är densamma som för beräkningen av aktivitet i interna delar.

Normalt görs ingen analys av materialsammansättningen för armeringsjärn, varför viss osäkerhet föreligger (speciellt för ämnen med liten förekomst).

För att erhålla en rimlig uppskattning av materialsammansättningen i betongen har 3 representativa prover uttagits från biologiska skärmarna i Barsebäck, Forsmark resp Olkiluoto. Dessa har analyserats på ASEA:s laboratorium med avseende på ett stort antal ämnen.

I figur 1 visas den del av biologiska skärmen som enligt förutsättningarna i avsnitt 1 innehåller neutroninducerad aktivitet (>2 mCi/ton). Det streckade området omfattar ca 500 ton betong samt 33 ton armering. Övriga delar av biologiska skärmen kan betraktas som inaktiva i den mån kontaminering ej föreligger.



Figur 1 Delar av biologiska skärmen och reaktortank med interna delar innehållande neutroninducerad aktivitet större än 2 µCi/kg.

I tabell 3 finns sammanställt aktivitetsbidrag från olika nuklider i biologiska skärmen. Dominerande nuklid aktivitetsmässigt är H-3. Övriga nuklider av betydelse är Fe-55, Co-60 samt Ca-45. Dominerande gammastrålningskälla är Co-60.

Tabell 3 - Neutroninducerad aktivitet i biologiska skärmen, avklingningstid 1 år - Ca 500 ton betong samt 33 ton armering

<u>Nuklid</u>	<u>T_{1/2}</u>	<u>Aktivitet (Ci)</u>
H-3	12,3 y	4,1(2)
C-14	5730 y	1,6(-2)
Ca-41	80000 y	3,2(-1)
Ca-45	162,7 d	1,3(1)
Mn-54	313 d	1,8(0)
Fe-55	2,7 y	2,0(2)
Co-60	5,26 y	2,1(1)
Ni-63	92 y	2,4(-1)
S:a		6,4(2)

Strålningsnivån på insidan av biologiska skärmen uppskattas till < 100 mrem/h. Av ovan 530 ton betong + armering behöver ca 30% transporteras i skärmad transportbehållare medan resterande kan transporteras i oskärmad transportbehållare. Alternativt kan enbart oskärmade transportbehållare användas om utspädning av det mest aktiva betongskrotet sker med mindre aktiv betong.

Den mycket måttliga strålningsnivån bör medföra att rivningsarbetet kan utföras utan speciella strålskrämskrav. Risken för luftburen aktivitet är dock stor, varför åtgärder måste vidtagas för att förhindra spridning av damm och aktiva gaser.

3.4 Aktivitet i stationens service- och process-
system

För att uppskatta aktivitetsnivån i reaktorstationens olika processsystem har erfarenheter från tidigare omnämnda MADAC-mätningar samt från dosratsmätningar använts. Erfarenhetsmässigt härrör merparten av kontamineringen i processsystem från radioaktiva korrosionsprodukter (s k crud).

Mer sofistikerad system-dekontaminering beräknas inte ske. Enklare dekontaminering typ tvättning med högt trycksspruta beräknas ske i viss omfattning. En stor del av turbinsystemen (kondensator-, kondensat- och matarvattensystemen) förutsätts således kunna fås inaktiva. Många av reaktorns kalla processsystem (ex 322, 323, 324 eller 352) bör kunna rengöras, vilket dock inte har förutsatts.

I ett fåtal system förväntas fissionsprodukter utgöra den dominerande aktiviteten. Detta gäller speciellt vissa gasbehandlingssystem. Föydröjningstanken i system 341 innehåller ca 965 m³ sand vari radioaktiva ädelgasdöttrar förväntas ansamlas. En uppskattning av aktivitetsinventariet i sanden förutsatt 40 års drift med 0,1% bränsleskada samt 1 års avklingning har gjorts. Resulterande aktivitetsinventarier framgår av tabell 4. Nukliderna Sr-90 och Cs-137 dominerar. Aktivitetskoncentrationen i sanden är låg så att sanden kan borttransporteras i en icke skärmd transportbehållare (efter förpackning i exempelvis 200 l plåtfat). Då större delen av aktiviteten ligger i botten av sandtanken bör dessutom sanden i övre delen av sandtanken kunna klassas som inaktiv.

Tabell 4 - Aktivitetsinventarium i sanden från fördröjningstanken för aktiva avgaser (totalt 965 m³ sand)

<u>Nuklid</u>	<u>T_{1/2}</u>	<u>Aktivitet (Ci)</u>
Rb-87	5·10 ¹⁰ y	1,0(-8)
Sr-90	28,9 y	4,6
Cs-135	2,3·10 ⁶ y	1,0(-3)
Cs-137	30,2 y	8,4
S:a		1,3(1)

I bilaga 1 finns en sammanställning över aktiva delar i stationens process- och servicesystem. I tabellen anges hur stora delar av systemen som behöver transporteras i skärmad eller oskärmad behållare samt hur stora delar som utgör inaktivt avfall.

3.5 Aktivitet i betongen kring bränsle-, reaktor- samt kondensationsbassängen

Bränsle-, reaktor- samt kondensationsbassängen är klädd med en rostfri plåtbeklädnad. Erfarenhetsmässigt är inte denna beklädnad helt tät utan aktivt vatten läcker ut till den omgivande betongen. Uppmätta värden för bränsle- och reaktorbasängerna i Oskarshamsreaktorerna varierar inom intervallet 1-10 l/h. Kondensationsbassängen kan förväntas läcka i motsvarande omfattning.

Det utläckta vattnet penetrerar betongen efter viss tid. Betongen visar sig dock ha mycket god filtrerande förmåga då provtagning på det vatten som läckt genom betongen innehåller endast försumbara mängder radioaktivitet.

En uppskattning av förväntat aktivitetsinventarium i betongen, dels utanför reaktor/bränslebassängerna, dels utanför kondensationsbassängen, har gjorts. Förutsättning har varit att bägge typerna av bassäng läcker 5 l/h och att detta läckage pågått under stationens hela livstid (= 40 år). Aktivitetshalt i reaktor/bränsle- resp kondensationsbassängvattnet har uppskattats utgående från uppmätta värden i Oskarshamn 1.

Med antagen fullständig filtrering i betongen har aktivitetsinventarierna i betongen efter stationens slutliga avställning beräknats. Resultaten redovisas i tabell 5.

Tabell 5 - Aktivitetsinventarium i betongen utanför bassänger

Reaktor/bränslebassäng

<u>Nuklid</u>	<u>T_{1/2}</u>	<u>Aktivitet (Ci)</u>
Co-60	5,26 y	0,007
Sr-90	28,9 y	0,2
Cs-134	2,06 y	0,01
Cs-137	30,2 y	0,2

Kondensationsbassäng

<u>Nuklid</u>	<u>T_{1/2}</u>	<u>Aktivitet (Ci)</u>
Co-60	5,26 y	0,07
Sr-90	28,9 y	0,5
Cs-134	2,06 y	0,04
Cs-137	30,2 y	0,5

Som framgår av tabell 5 är aktiviteten i betongen relativt måttlig. Aktiviteten förutsätts vara koncentrerad till de närmaste centimetrarna utanför plåtbeklädnaden och till ett fåtal större sprickor i betongen.

4 Metodik för nedmontering

4.1 Allmänt

4.1.1 Utgångsförutsättningar

Innan rivning av anläggningen påbörjas har allt bränsle lyfts ut ur reaktorn till bränslebassängerna och därefter transporterats bort från stationen.

Reaktor- och turbinsystemen är tömda på sitt vatteninnehåll till avfallsbyggnaden för normalt omhändertagande. All förbrukningsmaterial av typ jonbytar-massa och filtermassa har avlägsnats och omhändertagits på normalt sätt.

Endast reaktorbassängerna och reaktortanken är vattenfylld och tillhörande bassängreningssystem i drift.

Övrig utrustning som normalt byts med regelbundna intervall under stationens livstid, såsom drivdon, styrstavar, hårdinstrumentering, neutronkällor etc har demonterats och omhändertagits enligt normala rutiner.

Spänningsmatning till samtliga elektriska objekt i aktuella byggnader eller byggnadsdelar har kopplats bort. Endast kraftmatning till ventilationssystem och golvdränagesystem bibehålles.

4.1.2 Transportbehållare

Erforderligt antal transportbehållare har uppskattats utgående från ALMA's transportsystem med behållarnas innermått BxLxH = 2,5 x 3,7 x 2,7 m.

Två typer av behållare har förutsatts

- oskärmad stålbehållare med tomvikten 10 ton
- skärmad betongbehållare, vägg tjocklek 35 cm, med tomvikten 52 ton

I den oskärmade behållaren kan kollin med ytdosrater upp till 30 mrem/h transporteras och i den skärmade upp till 1 rem/h.

Totalvikten för behållare plus last får ej överstiga 100 ton.

4.2 Reaktortank med interna delar

4.2.1 Allmänt

En utförlig redogörelse för metoder vid demontage av reaktortank med interna delar ges i ref 2. Nedan ges en sammanfattning av de viktigaste punkterna.

4.2.2 Demontageförfarande

Som framgår av avsnitt 3 varierar aktivitetsmängden i olika interna delar i reaktortanken kraftigt beroende på hur nära härden de har varit placerade. Största aktiviteten har härdgaller, moderatortank och härdstrilrör med strålningsnivåer i storleksordningen $> 10^4$ rem/h i närheten av komponenterna. Dessa komponenter måste sönderstyckas och paketeras under vatten med ca 2 m vattentäckning. Övriga interna delar med betydligt lägre neutroninducerad aktivitet styckas också under vatten för att minska dosbelastningen. Kravet på vattentäckning är dock väsentligt lägre. Möjlighet finns också att kortvarigt lyfta komponenterna över vattenytan i t ex hantering och vändning.

Sönderdelning av de interna delarna, som är tillverkade i rostfri plåt, under vatten kan ske genom plasmaskärning eller gnistsågning. Dessa metoder finns beskrivna i ref 1 och 2. Erfarenhet från plasmaskärning finns för svensk del bl a från reparationsarbetena av matarvattensegment i reaktortanken för Oskarshamn 1.

Reaktortanken, som är tillverkad i kolstål, 130 mm, med rostfri påsvetsning invändigt, 3-5 mm, kan styckas i luft. Strålningsnivån i tanken är måttlig mellan 1 och 10 rem/h. Innan reaktortanken dräneras slamsugs med avseende på lös aktivitet på tankbotten.

För sönderdelning av reaktortanken finns ett antal metoder

- bågluftmejsling och gasskärning, oxyacetylenbrännare,
- plasmaskärning och gasskärning, oxyacetylenbrännare,
- slipning och gasskärning, oxyacetylenbrännare,
- direkt genomskärning med oxyacetylenbrännare utifrån.

För det tjocka godset i tankflänsen användes syrgasmejsling.

Sönderstyckningen av reaktortanken sker från en strålskyddad arbetsplattform placerad på reaktortanken. Erforderlig strålskärnstjocklek är ca 10 - 15 cm stål.

Strålskyddet dimensioneras så att personalen kan vistas på plattformen hela tiden. Inställning och kontroll av skärbrännare etc sker genom blyglasfönster. Vid varje brännare arrangeras utsugning av damm och gaser. Plattformens översida är övertäckt och försedd med speciell friskluftinblåsning. Personalen på plattformen bör arbeta med skyddsmasker. Därutöver bör fjärrstyrning eftersträvas i så hög grad som möjligt för att minimera dosbelastningen på personalen.

Sönderdelningen av reaktortanken med interna delar finns närmare beskriven i ref 3.

Vid sönderdelning av aktiva komponenter under vatten förutses endast mindre mängder luftburen aktivitet erhållas. Aktiviteten medföljer i viss mån de aerosoler som bildas vid plasmaskärning under vatten, men mängderna är små och kan lätt uppfångas med ett enkelt ventilationsavsug ovanför vattenytan kopplat till anläggningens filtersystem.

Vid sönderdelning i luft är problemen väsentligt större. Uppmärksamhet måste därför ägnas åt ventilationsfrågorna vid sönderdelning av reaktortanken för att minska aktivitetsspridningen.

De flesta av reaktorns interna delar kräver mera strålskydd än de 35 cm betong som ingår i de skärmade avfallsbehållarna av ALMA-typ. Förpackningen måste ske under vatten. ALMA-behållarna förses därför med innerbehållare utrustade med extra strålskydd och som kan hanteras under vatten. Även för de fall inget extra strålskydd erfordras användes innerbehållare, då lämpligen av stål. Innerbehållarna fylls under vatten och lyftes sedan upp i ALMA-behållarna, som står på reaktorhallsgolvet. Härigenom undviks utvändigt nedsmutsning av ALMA-behållarna med aktivt bassängvatten.

4.2.3 Specialutrustning

Till specialutrustning hänföres i första hand

- strålskyddad arbetsplattform för styckning av reaktortanken i luft, utrustad med skärbrännare hydraulsax eller kapskiva, plockverktyg, högttrycksspolningsutrustning, friskluftanläggning etc.
- manipulatorer för styckning av reaktorns interna delar under vatten, utrustad med plasmaskärbrännare eller gnistsågutrustning.

- kaputrustningar för drivdonshus etc under vatten.
- blybox med manipulator för vissa kapningsarbeten i luft.
- extra arbetsplattform över reaktor- och hanteringsbassängerna.
- strålskyddad manöverplats för traverser.
- diverse lyftredskap för under- och övervattenshantering.
- underbehållare av varierande godstjocklek för ALMA-behållare inkl hanteringsutrustningar.
- avsugningsutrustning för luftburen aktivitet från plasmaskärning under och över vatten.
- högtrycksspolningsutrustning.

Därtill kommer olika typer av handverktyg, som kan bli kontaminerade under arbetets gång.

4.2.3 Transportbehållare

För transport av den sönderstyckade reaktortanken med dess interna delar erfordras

- 19 st oskärmade stålbehållare
- 64 st skärmade betongbehållare

av typ ALMA. Därtill kommer

- 34 st extra innerbehållare

av stål eller betong för hantering av interna delar under vatten och i vissa fall som extra strålskydd för ALMA-behållarna.

4.3 Aktiva system och systemdelar

4.3.1 Rivningsförfarande

Rivning av de aktiva systemen och systemdelarna sker rumsvis i största möjliga utsträckning. För att öka åtkomligheten och underlätta uttransporten av de aktiva delarna kan rivning av vissa väggavsnitt ut till det omgivande korridorsystemet erfordras liksom rivning av utrustning i korridorer för att möjliggöra trucktransporter inom stationen.

Nedkapning av rör och ventiler grundar sig på samma metoder och förfaranden som användes vid service- och ombyggnadsarbeten på nuvarande kärnkraftverk.

Normalt användes rörsvarv eller kallsåg, som snabbt kan anbringas på kapstället och därefter arbeta utan kontinuerlig övervakning. På svåråtkomliga ställen utföres nedkapningen med rondellslipmaskin.

Kapning av klenrör sker med hydrauliskt klippverktyg.

Tyngre enheter, exempelvis stora värmeväxlare, jonbytarkärl, som inte direkt kan placeras i avfallscontainers, kapas till lämpliga enheter med plasma-skärning.

Nedkapningen av rör och komponenter i de aktiva utrymmena sker i så stora enheter som möjligt för att minska uppehållstiden i utrymmena och därigenom dosbelastningen på personalen. Enheterna transporteras därefter till ett angränsande utrymme där uppkapning av rören i lämpliga längder för avfallsbehållarna kan ske. Bitarna transporteras sedan med truck genom korridor- och hiss-systemen till lyftschaktets markplan där avfallsbehållarna fylls.

Den rostfria inklädnaden av bassängerna i reaktorhallen och reaktorinneslutningen klipptes upp. Alternativt kan rondellslipmaskin användas. Aktivt material i anslutning till de ingjutna stödbalkarna för bassängplåten mejslas bort.

För de aktiva delarna av turbinanläggningen, i första hand högtrycksturbinen och mellanöverhettaren, användes plasmaskärning.

Fördelen med användning av rörsvarv eller kallsåg i så stor utsträckning som möjligt är att kontaminering av utrymmet genom luftburen aktivitet undviks samtidigt som arbetet kan ske utan kontinuerlig övervakning.

Vid användning av rondellslipmaskin eller plasma-skärning förhindras aktivitetsspridning till angränsande utrymmen eller till omgivningen av stationens normala ventilationssystem, genom att ventilationsluften till utrymmen innehållande aktiva system tas från omgivande inaktiva utrymmen och föres därefter direkt till skorstenen utan att passera andra utrymmen.

Möjlighet finns att koppla ventilationsluften från de olika aktiva systemutrymmena till filterenheter i system 341, system för radioaktiva gaser, där eventuell luftburen aktivitet avlägsnas innan ventilationsluften släpps ut i skorstenen.

I enstaka fall t ex om demontageöppningar har tagits upp i väggen till omgivande korridorer, kan provisorisk ventilation runt vissa komponenter erfordras i form av plasttält anslutna till provisoriska fläktar och filter eller till befintligt ventilations-system.

Samma förfarande användes vid nedkapning av turbinanläggningens aktiva delar för att förhindra spridning av luftburen aktivitet i turbinhallen och omgivningen.

För att ytterligare minska spridningen av luftburen aktivitet förpackas alla nedmonterade delar omedelbart i plast, alla systemöppningar förslutes med plast etc.

4.3.2 Specialutrustning

Till specialutrustning hänföres

- temporära strålskydd, exempelvis blybox för jonbytararbeten
- provisoriska fläktar och filter
- lyftutrustningar
- kap- och skärmaskiner
- plasma- och gasskärutrustningar
- kallsågar
- klippverktyg

och liknande utrustningar som kan förutses bli kontaminerade under rivningsarbetets gång.

4.3.3 Transportbehållare

Som riktvärde för den volymmässiga fyllandsgraden i transportbehållarna har antagits 65%. Enligt denna fyllnadsgrad blir containerlasten

Rördimension, mm	Containerlast, ton
A200 (Ø 214x14,5)	18
A200 (Ø 205x 2,5)	5
Al25 (Ø 140x11)	27

Utgående från uppskattad fördelning av rördimensionerna i de aktiva systemen och systemdelarna har medellasten per avfallsbehållare uppskattats till 10 ton.

Följande antal fyllda transportbehållare av typ ALMA erhålles

- 310 st oskärmade stålbehållare
- 60 st skärmade betongbehållare

Därtill kommer för sanden i fördröjningstankarna i system 341 - System för radioaktiva avloppsgaser - 5000 st plåtfat, 200 liter.

4.3.4 Provisorisk avfallshantering

Vid rivning av aktiva utrustningar i reaktor- och turbinbyggnad föres allt eventuellt aktivt spillvatten från systemen och från dekontaminering av väggar och golv till avfallsbyggnaden för omhändertagande på normalt sätt.

Vid rivning av avfallsbyggnaden erhålles också smärre aktiva vätskemängder som måste omhändertas i ett provisoriskt avfallssystem bestående av filter av liknande typ som i avfallsbyggnaden.

5. Tidplan

Tidplanen för rivning av aktiva system och systemdelar visas i bilaga 2. Tidplanen baseras på 8 timmars skift, 5 arbetsdagar per vecka.

Tidplanen förutsätter att anläggningen ställts av ca 1 år innan rivningsarbetena börjar. Under den tiden har allt reaktorbränsle lyfts ut ur reaktorn och transporterats bort från anläggningen, vilket innebär att rivningsarbetet kan bedrivas utan begränsningar m a p reaktorsäkerhetsmässiga villkor. Beträffande dosbelastningar på arbetande personal och omgivningar gäller samma villkor vid drift av anläggningen.

Alla erforderliga rivningstillstånd förutsättes erhållna. Planer och instruktioner är framtagna. Radiologisk kartläggning av hela stationen har genomförts. Erforderlig specialutrustning har konstruerats, tillverkats och provats.

Den kritiska linjen går genom rivning av reaktortank och interna delar. Övriga aktiviteter, exempelvis rivning av reaktorsystem utanför PS och rivning av aktiva system i turbinbyggnaden kan ske på kortare tid än den i tidplanen angivna genom att använda mer personal per skift. För reaktorns del är detta inte möjligt med hänsyn till det begränsade utrymmet i reaktortank och -bassänger.

Rivningen inleds med att reaktorns interna delar lyfts ur reaktortanken, skäres i stycken och placeras i transportbehållare. Detta sker under vatten i reaktor- och hanteringsbassängerna.

Samtidigt startar rivning av de aktiva systemen i reaktorbyggnaden utanför reaktorinneslutningen så när som på system 324 - Kyl- och reningssystem för bränsleförvaringsutrymme med erforderliga hjälp-utrustningar, vilka erfordras för vattenhållning och -rening av reaktor- och hanteringsbassängerna.

Rivningsarbetet på de aktiva turbinsystemen kan också starta omedelbart och kan genomföras oberoende av rivningsaktiviteter i övriga anläggningsdelar.

Rivningsarbetena inleds med dekontaminering och sköljning av systemen med vatten. Avfallet föres till avfallssystemet via befintliga dränagesystem för omhändertagande enligt normala drifrutiner.

När reaktorns interna delar har demonterats och transporterats ut ur stationen tömmer samtliga bassänger liksom reaktortanken på allt vatten ut till avfallsbyggnaden.

Därefter startar demontage av reaktortanken parallellt med rivning av reaktorsystemen innanför reaktorinneslutningen liksom utrustningen i reaktorbassängerna och kondensationsbassängen.

När all aktiv utrustning har rivits, alla aktiva byggnadsdelar avlägsnats och samtliga utrymmen dekontaminerats och godkänts som fria från aktivitet rivs anslutande dränagesystem för aktivt vatten till avfallsbyggnaden och resterande ventilationssystem för berörda utrymmen.

Sist av allt rivs avfallsanläggningen. Smärre aktiva vattenmängder från denna rivning omhändertas i en provisorisk avfallsanläggning.

6. Personalbehov

Nedan redovisas en uppskattning av personalbehovet för rivning av aktiva system och systemdelar och förpackning av de aktiva delarna i containers av ALMA-typ. Personalinsatsen är uppdelad på tjänstemän och kollektivanställda. Observera att härtill skall läggas de insatser som normalt hålles av en beställare såsom vakthållning, städning, strålskydd etc.

1. Planering av rivningsarbetet

Här innefattas den förberedande planeringen av rivningsarbetet innan rivningen börjar. Planerings- och uppföljningsinsatserna under arbetets gång innefattas i de uppskattade insatsbehoven för varje anläggningsdel.

Den uppskattade arbetsinsatsen är 35 manmån.

2. Utarbetande av tekniskt underlag, instruktioner, säkerhetsrapport

Här innefattas insatser för framtagande av erforderligt tekniskt underlag för planering och genomförande av rivningsarbetet, utarbetande av instruktioner för rivningsarbetet, utarbetande av säkerhetsrapport, uppföljning och redovisning till säkerhetsmyndigheter.

Den uppskattade insatsen är totalt ca 250 manmån.

3. Dekontaminering

Avancerade dekontamineringsförfaranden av aktiva system och systemdelar förutsättes ej. Enklare dekontaminering såsom bortbilning av mindre ytor kontaminerad betong, tvättning med högtrycksspruta etc beräknas ske. Endast turbinen med hjälpsystem exklusive högtryckstubrin med anslutande system och mellanöverhettare, förutsättes kunna dekontamineras till inaktiv nivå, se avsnitt 1. Förutsättningar för studien.

Erforderliga insatser för dekontaminering av turbin med system enligt ovan med högtrycksspölning, torkning med trasor etc uppskattas till ca 30 manmån.

4. Demontering av reaktortank med interna delar

Erforderliga maninsatser för demontage av reaktortank med interna delar, drivdonshus m m uppskattas till 290 manmån, kollektiv arbetstid, Därtill kommer 15% för traversförare, förrådspersonal. Den totala kollektivinsatsen blir således ca 330 manmån.

Erforderliga tjänstemanninsatser under demontage-tiden uppskattas till ca 120 manmån.

5. Rivning av aktiva system och systemdelar

För att uppskatta erforderliga insatser för rivning av aktiva system och systemdelar i reaktor- och turbin-delen har rivningsförfarandet för tre typiska system studerats mer i detalj. Erforderliga rivningsinsatser har sedan jämförts med motsvarande faktiska insatser för montage av systemen. Dessa värden är kända för de olika systemen och systemdelarna.

Följande system valdes

- System 321 - Kylsystem för avställd reaktor. Systemet är ett rostfritt högtryckssystem beläget delvis utanför och delvis innanför reaktorinneslutningen.
- System 322 - Kylsystem för reaktorinneslutning. Systemet är ett rostfritt lågtryckssystem beläget utanför reaktorinneslutningen.
- System 331 - Reningsystem för reaktorvatten. Systemet är ett rostfritt högtryckssystem beläget utanför reaktorinneslutningen.

Följande resultat erhöles

System	Montage kg/mantim	Demontage kg/mantim	Resursbehov % demontage/montage
321	8,5	11	77
322	6,3	8	79
331	9,6	10,7	90

Resursbehovet för demontage bedömes på dessa grunder vara ca 70 % av montagebehovet räknat som ett genomsnitt över hela anläggningen.

På detta behov lägges sedan en ökning en faktor 3 för skillnaden mellan arbete i kontaminerade och icke-kontaminerade system. Denna faktor är erfarenhetsmässigt grundad på de servicearbeten som årligen utförs av AA i redan levererade verk.

Det totala resursbehovet för rivning av ett kontaminerat system blir således $0,7 \times 3 \approx 2$ ggr det ursprungliga montagebehovet.

Systemens materialvikter uppskattas baserat från befintlig dokumentation i form av komponentspecifikationer, installationsritningar etc.

Vikterna för dessa system räknas upp med 30 % som tillägg för klenledningar och isolering. 10 % av isolering antas vara kontaminerad p g a läckage från packningar och flänsförband i komponenter. Vikterna fördelas sedan på kontaminerade och icke kontaminerade delar inom varje system, se bilaga 1, utgående från aktivitetsuppskattningar enligt avsnitt 3 "Mängder och aktivitetsinnehåll".

För turbindelen har uppgifter om vikter lämnats av STAL-LAVAL.

För beräkning av resursbehovet för demontage av alla kontaminerade system och systemdelar användes medelvärdet av resursbehoven för montage av motsvarande delar, 10 kg/mantim, reducerat med en faktor 2 enligt föregående, dvs 5 kg/mantim, för skillnaden mellan arbete i aktiva och inaktiva system, se bilaga 1. Det angivna resursbehovet stämmer sålunda inte helt för varje enskilt system, utan gäller för samtliga system tillsammans.

Det angivna behovet innefattar demontage av systemen, uppkapning i lämpliga längder för transportbehållarna, packning av behållarna och transport av behållarna ut ur stationen.

Demontage av aktiva system och systemdelar inklusive förpackning i containers, som placeras utanför reaktorbyggnaden kräver således totalt ca 740.000 mantimmar eller 4.600 manmån i direkt kollektiv arbetstid.

Till ovanstående mantimmar skall läggas indirekt kollektivtid för förrådspersonal, traversförare etc. Enligt tidigare erfarenheter från liknande montageverksamhet rör det sig om ca 15 %. Den totala kollektivtiden blir således ca 5.300 manmån.

Det verkliga förhållandet mellan arbetsinsatser för tjänstemän och kollektivanställda vid Barsebäck 2 montaget innefattande personalen både för ASEA-ATOM och ASEA-ATOM's underentreprenörer var 36 %/64 %. För rivning antas att motsvarande förhållande är 30 %/70 %. Erforderlig tjänstemannainsats på anläggningsplatsen blir således ca 2.270 manmån.

Observera att härtill skall läggas de insatser som normalt hålles av en beställare såsom vakthållning, städning, strålskydd etc.

6. Sammanställning av personalbehov

Det totala personalbehov för rivning av aktiva system och systemdelar redovisas nedan

	Tjänstemän manmån	Kollektivanst manmån
Planering av rivningsarbete	35	-
Utarbetande av tekn underlag etc	250	-
Dekontaminering av turbinanläggning	-	30
Demontage av reaktortank, interna delar	120	330
Rivning av aktiva system och -delar	2270	5300
Total maninsats	2700	5700

Arbetsstyrkans fördelning under rivningsperioden framgår av bilaga 4.

7. Radiologisk påverkan

ASEA-ATOM har gjort en grov uppskattning av kollektivdosen enligt nedan.

a) Reaktortank med interna delar

Erforderlig arbetsinsats enligt avsnitt 3 är 12 man, 5 dagar/vecka i 2 år, dvs 1 080 manveckor.

Förutsatt att man arbetar ca 6 h/dag i aktiv miljö enligt följande uppdelning

- | | |
|--|------------|
| 1% - speciella lyft, etc | 100 mrem/h |
| 10% - arbete nära reaktortank, transport av behållare, etc | 10 mrem/h |
| 89% - fjärrmanövrerat demontage, arbete ovan bassäng, etc | 1 mrem/h |

Kollektivdosen blir då 93 manrem, säg 100 manrem. Individdosen blir ca 4 rem/år. Tillåten dos är 5 rem/år.

b) Aktiva system och systemdelar

Erforderliga arbetsinsatser enligt bilaga 1.

Förutsatt att man arbetar ca 50% av totaltiden i aktiv miljö. Då erhålles följande doser.

<u>System</u>	<u>Mantid</u>	<u>Mantid</u> <u>2</u>	<u>Dosrat</u> <u>mrem/h</u>	<u>Kollektivdos</u> <u>manrem</u>
243	30 000	15 000	1	15
244	20 000	10 000	1	10
245	2 000	1 000	1	1
253	1 000	500	2	1
311	27 680	13 840	1	14
312	7 260	3 630	10	36
313	49 140	24 570	50	1 230
314	9 340	4 670	1	4,5
316	70 000	35 000	1	35
321	16 740	8 370	50	420
322	16 740	8 370	1	8,5
323	24 940	12 470	1	12
324	6 400	3 200	3	10
326	960	480	50	24
331	27 440	13 720	50	690
332	42 000	21 000	1	21
341	2 800	1 400	3	4
342	32 400	16 200	1	16
343	16 000	8 000	1	8
344	420	210	1	0,5
345	490	245	1	
351	645	320	50	16
352	3 825	1 910	10	19
353	300	150	10	1,5
354	45 360	22 680	3	68
411	281 000	140 500	1	140
412				
413				
414				
419				
432				
455				
741	1 200	600	1	0,5
				<hr/> 2 805

Arbetena i de högsta strålningsnivåerna, dvs runt bl a system 313 - Reaktorns huvudcirkulations-system, 321 - Kylsystem för avställd reaktor, 326 - Sprinklersystem för reaktortankens lock, 331 - Reningssystem för reaktorvatten, 351 - Borinsprutningssystem, kommer i praktiken ej att utföras enligt ovan. Med strålskyddsinsatser (extra strålskärmning, fjärrstyrning, demontage av mera aktiva komponenter i varje utrymme för att minska strålningen i utrymmet innan övriga komponenter demonteras) bör dessa doser kunna reduceras med en faktor 5.

Kollektivdosen blir då ca 900 manrem.

- c) Rivning av aktiva byggnadsdelar

Uppskattas till ca 50 manrem.

- d) Strålskydd etc

Uppskattas till ca 150 manrem.

Den totala kollektivdosen blir då ca 1 200 manrem.

8. Kostnadsuppskattning

8.1 Allmänt

Nedan göres en sammanställning av de kostnader som redovisas i föregående avsnitt.

Kostnadsnivån svarar mot sommaren -79.
Maninsatserna debiteras enligt gällande taxor för service och underhållsarbeten på reaktor-anläggningar dvs

- kollektiv personal ca 21.000:-/manmån
- tjänstemän ca 29.000:-/manmån

Till de redovisade kostnaderna lägges 25 % oförutsett.

8.2 Reaktortank med interna delar

	Mkr	Totalt Mkr
Planering av rivnings- arbete		
- Tjänstemän	3,5	3,5
Demontage av reaktortank med interna delar		
- Tjänstemän	3,5	
- Kollektivanställda	9,5	
- Specialutrustningar	25	38
Summa		41,5
Pålägg 25 %, oförutsett		10
Totalt ca		50

8.3 Aktiva system och systemdelar

	Mkr	Totalt Mkr
Planering av rivningsarbetet		
- Tjänstemän	1	1
Utarbetande av tekn underlag etc		
- Tjänstemän	7	7
Dekontaminering av turbin-anl		
- Kollektivanställda	0,5	0,5
Rivning av aktiva system och systemdelar		
- Tjänstemän	66	
- Kollektivanställda	111	
- Specialutrustningar	6	
- Provisorisk avfallshantering	5	188
Summa		196,5
Pålägg 25 %, oförutsett		49
Totalt ca		245

9. Jämförelse Barsebäck 1 med Oskarshamn 2

Barsebäck 1 och Oskarshamn 2 är nära identiska vad gäller reaktor- och turbinsystemen.

Avfallsanläggningarna skiljer sig beträffande uppbyggnad och utformning.

Eftersom rivningskostnaden för avfallsbyggnaden endast utgör en mindre del av den totala rivningskostnaden mellan 5 % och 10 % enligt bilaga 1, kan de redovisade totalkostnaderna anses gälla med samma noggrannhet för både Barsebäck 1 och Oskarshamn 2.

10. Referenser

- Ref 1 AA PM RF 79-413, KBS - Rivning av kärnkraftverk - Aktivitetsmängder och strålningsnivåer
- Ref 2 AA PM RD 79-489, Rev 1 - Rivning av kärnkraftverk - Demontage av reaktortank med interna delar

UTREDNING AVSEENDE RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK, demontage mek. processystem.

SYST.	SYSTEMETS MATERIALVIKT I KG				DEMONTAGE KG / MANTIM		DEMONTAGE ANT. MANTIM		ANT. CONTAINERS		ANMÄRKNING
	TOTALT	VARAV			GULT RÖTT	BLÅTT	GULT RÖTT	BLÅTT	RÖDA	GULA	
		RÖTT(x) % / KG	GULT(x) % / KG	BLÅTT(x) % / KG							
243	150.000		100/150000		5		30.000			15	
244	100.000		100/100000		5		20.000			10	
245	10.000		100/10000		5		2.000			1	
253	5.000		100/5000		5		1.000			0,5	
311	184.500		75/138400	25/46100	5		27.680			14	
312	145.000	25/36300		75/108700	5		7.260		3,5		
313	273.000	90/245700		10/27300	5		49.140		24,5		
314	55.000		85/46700	15/8300	5		9.340			4,5	
316	350.000		100/350000		5		70.000			35	
321	93.000	90/83700		10/9300	5		16.740		8		
322	93.000		90/83700	10/9300	5		16.740			8	
323	138.500	20/27700	70/97000	10/13800	5		24.940		2,5	10	
324	40.000	60/24000	20/8000	20/8000	5		6.400		2,5	1	
326	6.000	80/4800		20/1200	5		960		0,5		
331	171.500	55/94300	25/42900	20/34300	5		27.440		9,5	4	
332	280.000		75/210000	25/70000	5		42.000			21	
341	20.000		70/14000	30/7000	5		2.800			1,5	
342	180.000	40/72000	50/90000	10/18000	5		32.400		7	9	
343	100.000		80/80000	20/20000	5		16.000				
TRPT.	2.394.500						402.840		58	142,5	

Rött=aktivt avfall, transporteras i skärmd betongbehållare
 Gult=aktivt avfall, transporteras i oskärmd stålbehållare
 Blått=inaktivt avfall

UTREDNING AVSEENDE RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK, demontage mek. processystem.

SYST.	SYSTEMETS MATERIALVIKT I KG			DEMONTAGE KG / MANTIM		DEMONTAGE ANT. MANTIM		ANT. CONTAINERS		ANMÄRKNING	
	TOTALT	VARAV			GULT RÖTT	BLÅTT	GULT RÖTT	BLÅTT	RÖDA		GULA
		RÖTT x) % / KG	GULT x) % / KG	BLÅTT x) % / KG							
TRPT	2.394.500						402.840		58	142,5	
344	3.000		70/2100	30/900	5		420				
345	24.500		10/2450	90/22050	5		490				
351	21.500	15/3225		85/18275	5		645		0,5		
352	22.500	85/19125		15/3375	5		3.825		2		
353	2.500	60/1500		40/1000	5		300		0,5		
354	324.000		70/226800	30/97200	5		45.360			22,5	
411	650.000		30/195000	70/455000	5		39.000			20	
412	1.000.000		60/600000	40/400000	5		120.000			60	
413	850.000		40/340000	60/510000	5		68.000			34	
414	300.000		70/210000	30/90000	5		42.000			21	
419	50.000		10/5000	90/45000	5		1.000			0,5	
432	100.000		50/50000	50/50000	5		10.000			5	
441	500.000	10/500000	90/450000	100/500000							
442	500.000	10/500000	90/450000	100/500000							
455	50.000		10/5000	90/45000	5		1.000			0,5	
741	30.000		50/15000	50/15000	5		3.000			1,5	
433	20.000		30/6000	70/14000	5		1.200			0,5	
S:a	6.842.500						739.080		61	308	

Rött=aktivt avfall, transporteras i skämd betongbehållare
 Gult=aktivt avfall, transporteras i oskämd stålbehållare
 Blått=inaktivt avfall

TIDPLAN FÖR RIVNING AV AKTIVA SYSTEM OCH SYSTEMDELAR

1 år efter reaktoravställning →

	År 1	År 2	År 3	År 4
Förberedelser Borttransport av bränsle från stationen Planering, myndighetstillstånd Anskaffning av specialutrustning, utbildning Radiologisk kartläggning av stationen	—			
Reaktorns interna delar, reaktortanklock Detaljerad tidplan, se AA PM RD 79-489	—			
Reaktortank Detaljerad tidplan, se AA PM RD 79-489	—			
Utrustning i reaktor- och hanteringsbassänger Se bilaga 3, systemgrupp 1	—			
Reningsystem för reaktor- och hanteringsbassänger Se bilaga 3, systemgrupp 2	—			
Reaktorsystem utanför inneslutning Se bilaga 3, systemgrupp 3	—			
Reaktorsystem innanför inneslutning Se bilaga 3, systemgrupp 4	—			
Turbinsystem, aktiva delar Se bilaga 3, systemgrupp 5	—			
Utrustning i kondensationsbassäng Se bilaga 3, systemgrupp 6	—			
Dränagesystem till avfallsbyggnad Se bilaga 3, systemgrupp 7	—			
Ventilationssystem till aktiva utrymmen Se bilaga 3, systemgrupp 8	—			
Avfallsanläggning Se bilaga 3, systemgrupp 9	—			
Provisorisk avfallsanläggning	—			

Gruppindelning av aktiva system och systemdelar
för rivning av kärnkraftverk, se AA

Grupp 1. Utrustning i reaktorbassänger

Bassängplåt
243
244
245
254

Grupp 2. Reningsystem för reaktorbassänger

324
733, delvis
751, delvis

Grupp 3. Reaktorsystem utanför PS

321, utanför PS
322, utanför PS, delvis
323, utanför PS
324, delvis
331
354, utanför PS

Grupp 4. Reaktorsystem innanför PS

311, innanför PS
312, innanför PS
313
314, delvis
321, innanför PS
323, innanför PS
326
327, innanför PS
351, innanför PS
353
354, innanför PS

Grupp 5. Aktiva turbinsystem

311, inom turbinb.
312, inom turbinb., delvis
332, delvis
341, delvis
411, delvis
412
413, delvis
414, delvis
419, delvis
432, delvis
455, delvis

Grupp 6. Utrustning i PS-bassäng

Bassängplåt
314, delvis
316
322, delvis
323, delvis

Grupp 7. Dränagesystem till avfallsbyggnaden

322, utanför PS, delvis
324, delvis
345, delvis
352

Grupp 8. Aktiv ventilationsutrustning

341, delvis
722, delvis

Grupp 9. Avfallssystem

342
343

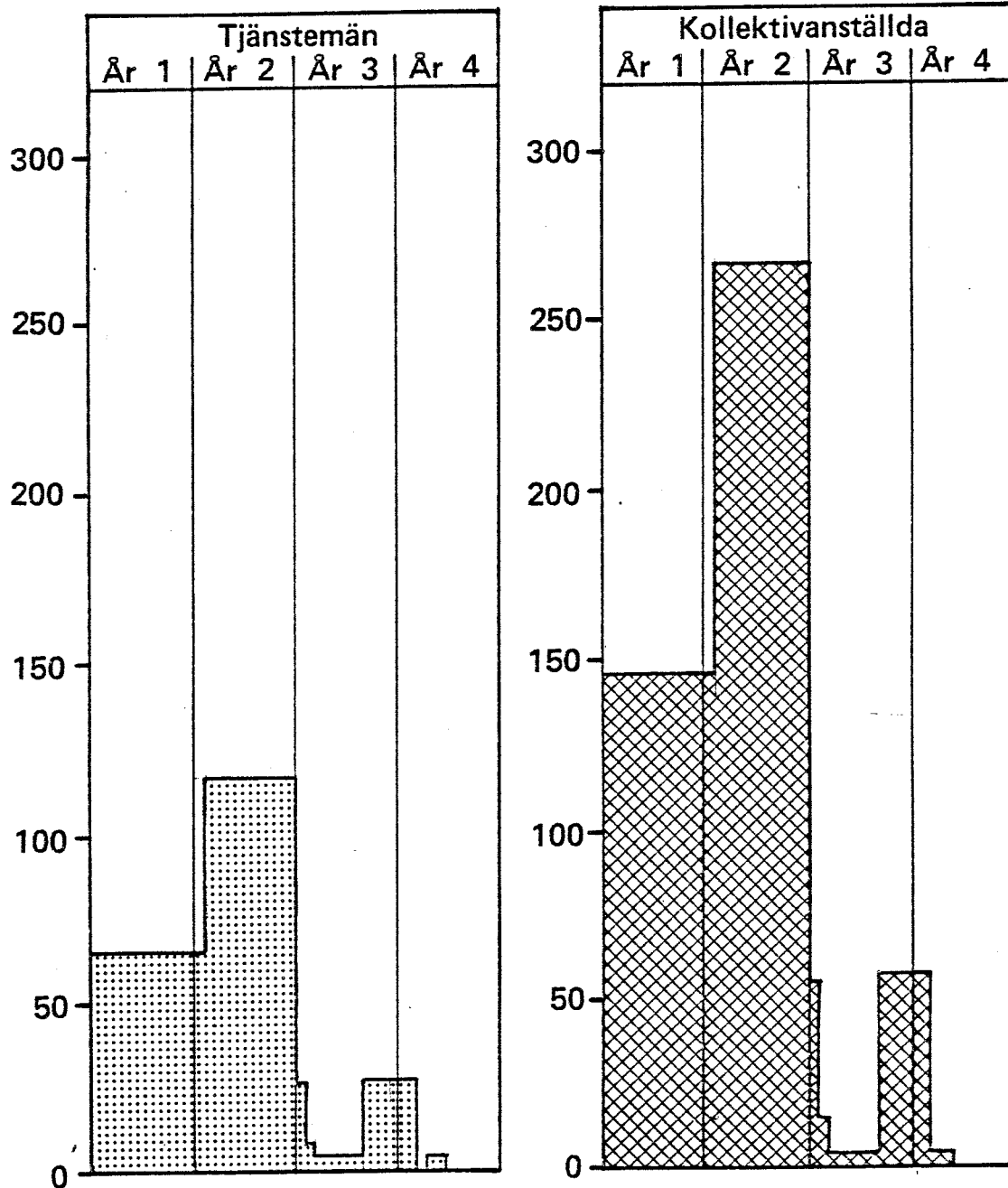
- 2 REAKTOR MED SERVICEUTRUSTNING
- 21 Reaktortank med inre delar
- 211 Reaktortank
- 212 Hårdstomme
- 213 Hårdstril
- 214 Angavskiljare
- 215 Fuktavskiljare
- 216 Utrustning för instrumentering av hårdon
- 217 Startneutronkällor
- 218 Provstavsdelar
- 219 Bränsleboxar
- 22 Reaktormanöverutrustning
- 221 Drivdon
- 222 Styrstavar
- 223 Tillfälliga absorberatorer
- 23 Hanteringsutrustning för bränsle, absorberstavar och drivdon m m
- 231 Serviceplattform
- 232 Utrustning för byte av drivdon
- 233 Utrustning för byte av hårdinstrumentering
- 234 Gammaavskärningsutrustning
- 236 Utrustning för demontage av interna delar
- 237 Skruvspannare
- 24 Utrustning i förvaringsutrymme
- 241 Utrustning i förråd för nya bränslepatroner
- 242 Utrustning i förråd för drivdon
- 243 Utrustning i förvaringsbassäng för bestrålade bränslepatroner och styrstavar
- 244 Utrustning i upptagningsutrymme för interna delar
- 245 Tättningsanordning mellan tank och reaktorinneslutning
- 246 Skivport
- 25 Serviceutrustning
- 251 Servicestation för drivdon
- 252 Utrustning för upptäning av bränslepatroner
- 253 Utrustning för byte av bränsleboxar
- 254 System för läckdetektering av bränsle
- 255 Mekaniska genomföringar i väggar och PS-genomföringar
- 26 Bränsle
- 261 Initialbränsle
- 262 Ersättningsbränsle
- 263 Reservbränsle
- 3 REAKTORNS HJÄLPSYSTEM
- 31 Huvudsystem
- 311 Huvudängledningar
- 312 Matarvattensystem
- 313 Cirkulationssystem
- 314 Avblåsningssystem
- 316 Kondensationsystem
- 32 Kylsystem
- 321 Kylsystem för avställd reaktor
- 322 Kylsystem för reaktorinneslutningen
- 323 Sprinklersystem för reaktorhården
- 324 Kyl- och reningssystem för bränsleförvaringsutrymme
- 326 Sprinklersystem för reaktortankens lock
- 327 Hjälpmatarvattensystem
- 33 Reningssystem
- 331 Reningssystem för reaktorvatten
- 332 Reningssystem för kondensat, pulver
- 333 Reningssystem för kondensat, djupbädd
- 34 Anläggning för bortförande och behandling av radioaktivt avfall
- 341 System för radioaktiva avloppsgaser
- 342 Avloppssystem för aktiva vätskor
- 343 Utrustning för behandling av fast aktivt avfall
- 344 Rengöringsutrustning
- 345 Golvavlopp i kontrollerade utrymmen
- 346 Övriga aktiva avlopp
- 348 Rekombinatorer

- 35 Säkerhetssystem och dränagesystem
- 351 Borinsprutningssystem
- 352 Dränagesystem för reaktordelen
- 353 Läckageövervakningssystem
- 354 Hydrauliskt system för drivdon
- 357 System för reaktoruppvärmning
- 4 TURBINGENERATORANLÄGGNING
- 41 Allmänna grupper
- 410 Allmänt inom grupp 41
- 411 Allmänt arrangemang, byggnad
- 412 Ståtkonstruktioner, betjäningsplan
- 416 Isolering
- 417 Montage- och avbländningssystem
- 418 Reservdelar
- 419 Övrigt
- 42 Generator
- 420 Allmänt inom grupp 42
- 421 Stator med lagerskoldar och lager
- 422 Rotor
- 423 Magnetiseringsutrustning
- 424 Tättningsutrustning
- 425 Stator kylutrustning
- 426 Rotor kylutrustning
- 429 Övrigt
- 43 Turbin
- 430 Allmänt inom grupp 43
- 431 Högtrycksturbin
- 432 Mellantrycksturbin
- 433 Lågtrycksturbin
- 434 Lager och baxningsutrustning
- 439 Övrigt
- 44 Olje-, regler- och utlösningssystem
- 440 Allmänt inom grupp 44
- 441 Lagerolja- och lyftoljesystem
- 442 Tättningsolja-system
- 443 Reglerolja-system
- 444 Utlösningssystem
- 445 Reglersystem
- 449 Övrigt
- 45 Ångsystem
- 450 Allmänt inom grupp 45
- 451 Huvudångsystem, SL-leverans
- 452 MÖH-system
- 453 Avtappningssystem
- 454 Läckage- och hjälpangsystem
- 459 Övrigt
- 46 Kondensat- och matarvattensystem
- 460 Allmänt inom grupp 46
- 461 Kondensat- och evakueringsystem
- 462 Huvudkondensatsystem (011-442)
- 463 Matarvattensystem, SL-leverans
- 464 Spådvattensystem
- 469 Övrigt
- 47 Kylsystem
- 470 Allmänt inom grupp 47
- 471 Generatorkylsystem (yttre kretsar)
- 472 Kondensorkylvattensystem
- 474 Hjälpkylvattensystem, SL-leverans
- 478 Kondensoreningsanläggning
- 479 Övrigt
- 48 Servicesystem, SL-leverans
- 480 Allmänt inom grupp 48
- 481 Avblåsningssystem
- 482 Dränerings-, tömnings- och torkningsystem (011-451)
- 483 Tåtvatten- och servicevattensystem
- 484 Instrumentluft- och service-lufts-system
- 489 Övrigt

- 49 Kontrollutrustning
- 490 Allmänt inom grupp 49
- 491 Relätavlor, kopplingsåldor, etc.
- 492 Turbininstrumentering, Amrelnskrivare, etc
- 495 Turbinautomatik och magöversystem, turbotmat, decontic
- 499 Övrigt
- 5 KONTROLLUTRUSTNING
- 51 Gemensam kontrollutrustning
- 511 Kontrolltavlor
- 512 Pulpeter
- 513 Apparat- och reläskåp, apparatåldor och spänningsfördelningar
- 514 Kopplingskåp, kopplingsåldor och korskoppling
- 515 Kablar och kabelgenomföringar, kabelstegar m m
- 516 Stationens säkerhetssystem
- 517 Signalsystem
- 52 Databehandlingsutrustning
- 521 Övervakning av hårdon
- 522 Processdatabehandling
- 523 Signalföljningsregistrering
- 524 Datorutrustning
- 53 Kontroll- och styrutrustning för reaktor
- 531 Neutronflödesmätning
- 532 Manövering av styrstavar
- 533 Lagesindikering av styrstavar
- 535 Reaktorns effekreglersystem
- 536 Reaktortankinstrumentering
- 537 Matarvattenreglering
- 54 Processkontroll
- 541 Processmätning
- 542 Processreglering
- 543 Ventilmanövering
- 544 Övrig processmanövering
- 546 Rumsövervakning för isolering av reaktorinneslutningen
- 547 Övrig rumsövervakning
- 548 Temperaturmätning i inneslutningens genomföringar
- 55 Aktivitetsövervakningsutrustning
- 551 Utrustning i huvudängledningar
- 552 Utrustning i avgassystemet
- 553 Utrustning i huvudskorsten
- 554 Utrustning i vissa utrymmen
- 555 Utrustning i bränslebassängen
- 559 Mobil utrustning för avgasaktivitetsmätning
- 56 Övrig kontroll- och styrutrustning
- 561 Kontrollutrustning för bränslehantering
- 562 Kontrollutrustning för drivdonshantering
- 563 Kontrollutrustning för provrigg för drivdon
- 564 Kontrollutrustning för transportanordningar för bränsle och drivdon
- 6 ELEKTRISK UTRUSTNING
- 61 Transformatorer
- 611 Huvudtransformator
- 612 Starttransformator
- 613 Stationstransformator
- 62 Utomhusstälverk
- 621 400 kV-ställverk
- 622 130 kV-ställverk
- 63 Etsystem förb. med yttre kraftnät
- 631 Skensystem
- 632 Generatorstälverk

- 64 Gasturbinsäkrat nät
- 641 6 i:V-ställverk
- 642 400 V-ställverk
- 643 Lokala ställverk
- 644 Lokaltransformatorer
- 645 230 V-ställverk
- 65 Frekvensomformarsaggregat
- 651 Motor
- 652 Generator
- 653 Hydraulkoppling
- 654 Elektrisk övervakningsutrustning
- 66 Favoriserad växelspanning
- 661 Dieselgeneratoraggregat
- 662 6 kV-ställverk
- 663 400 V dieselstälverk
- 664 400 V omformarsäkr. nät
- 665 230 V omformarsäkr. nät
- 668 Lokaltransformatorer, omf.
- 667 230 V växelriktarsäkr. nät
- 67 Likspänning
- 671 Likriktare
- 672 Batterier
- 673 Likspänningsfördelningar
- 674 440 V nät
- 675 110 V nät
- 678 48 V nät
- 677 24 V nät
- 678 24 V nät turbotmat
- 679 ± 24 V nät Combimatic
- 68 Gemensam utrustning
- 681 Kontrollutrustning
- 682 Skyddsutrustning
- 683 Inre jordlinenät
- 69 Kabel, kabelvägar, genomföringar
- 7 SERVICESYSTEM
- 71 Havsvatten
- 711 Rensverk för havsvatten
- 712 Havsvattenkylsystem för start och avställning
- 713 Havsvattenkylsystem för driftbehov
- 714 Havsvattenkylsystem för dieslar
- 72 Kylsystem
- 721 Sekundärkylsystem för start och avställning
- 722 Kylsystem för reaktorinneslutningens atmosfär
- 723 Sekundärkylsystem för driftbehov
- 727 Kylsystem för 743 ventilation
- 73 System för vattenbehandling
- 731 System för råvattenbehandling
- 732 Totalavsaltningsanläggning
- 733 System för lagring och distribution av totalavsaltat vatten
- 734 System för tillsatsvatten för processpumpar
- 736 System för totalavsaltat kallvatten
- 737 System för totalavsaltat tappvarmvatten
- 738 Cirkulationssystem för totalavsaltat tappvarmvatten
- 74 Ventilationsanläggning
- 741 Gasbehandlingssystem för reaktorinneslutningens atmosfär
- 742 Ventilationsanläggning för övriga aktiva utrymmen
- 743 Ventilationsanläggning för icke kontrollerade utrymmen
- 75 Tryckluftanläggning
- 751 Tryckluftanläggning för instrument och manöverluft
- 752 Startluftsystem för dieslar
- 753 Tryckluftanläggning för serviceluft
- 754 Tryckluftsystem
- 759 Tryckluftsystem för provblåsning av säkerhetsventiler

- 76 VS-system inom byggnader
- 761 Bruksvatten
- 762 Uppvärmningssystem för 742's frostskyddande del
- 763 Stationsuppvärmning
- 764 Varmvatten
- 765 Vatten för brandsläckning
- 766 Sanitär avloppsvatten
- 767 Takavvattning, dagvatten
- 768 Cirkulationssystem för förbrukningsvarmvatten
- 769 Hjälpanspanna
- 77 Yttre römlät
- 78 Industriesystem
- 781 Dieseloljesystem
- 8 ÖVRIGA UTRUSTNINGAR
- 81 Lyft- och transportanordningar
- 811 Traversor
- 812 Hissar
- 818 Lyftbäck i Kävinge
- 819 Hamnkran
- 82 Inventarier
- 821 Provtagningsutrustning
- 822 Utrustning för personaldekontaminering
- 823 Utrustning för mekanisk, elektrisk och instrumentverksstad
- 824 Transportstrålskydd
- 825 Specialverktyg
- 828 Laboratorietrustning
- 829 Kontorsinventarier
- 83 Belysningsinstallation
- 831 Belysningsinstallation för byggnader
- 832 Utomhusbelysning
- 84 Kommunikations- och alarmsystem
- 841 Lokaltelefonnät, snabbtelefonnät
- 842 Rikstelefon
- 843 Larmanläggning
- 844 Personsökaranläggning
- 845 Högtalaranläggning
- 846 Ur-anläggning
- 847 Brandalarm
- 848 Drifttelefon
- 849 TV-anläggning
- 87 Inspektionsutrustningar
- 871 Utrustning för återkommande inspektion av reaktortanken

BERÄKNAD ARBETSSTYRKA FÖR
RIVNING AV AKTIVA SYSTEM

Bilaga 2

Distribution TK Lars Nilsson	Från/From	Datum/Date	Reg.	Page
	RDA1	79-10-02		Sida 1
	Författare/Author Folke Bergström, 6094			
Granskad/Examined		Godkänd/Approved		

Titel/Title

Rivning av kärnkraftverk - Demontage av reaktortank med interna delar

Sammanfattning/Abstract

Denna PM behandlar metodik vid demontage av reaktortank och interna delar vid rivning av svenska kärnkraftverk typ O2, B1 och B2.

Distr.

RD, RLT

0. Rivning av kärnkraftverk typ O2, B1 & 2 - Reaktortank och interna delar.

1. Resultat

Tid:	26 mån (8 tim/dag, 5 dag/vecka)
Personalbehov:	I medeltal 5 tjänstemän i 49 mån
	" " 12 kollektivanst. i 26 mån
Kostnad:	
Tjänstemän:	~39000 mantim.
Kollektivanst	~50000 "
Utrustning	~25 milj. kr.
Transportbehållar- behov:	64 st ALMA-skärmade
	19 st " -oskärmade
	34 st Innerbehållare
Vikt totalt:	700 ton

2. Förutsättningar

Förutsättningar år 0

Allt bränsle och alla styrestavar antas vara borta ur stationen. Lika så härdinstrumenteringen såväl inne i, som under reaktortanken. Fuktavskiljare och reaktortanklock demonterade. Fuktavskiljare och moderatortanklock står i bassängen. Inga förberedelser har gjorts i reaktorhallen.

Arbetets omfattning

Arbetets omfattning är att demontera, stycka och förpacka interna delar och reaktortank i ALMA-transportbehållare. Transport av behållarna in och ut ur stationen ingår också.

Kostnader

Kostnad för driftspersonal (t ex traversförare, skyddspersonal), samt användning av truckar, traverser, ventilation, el o dyl är ej medtaget här. Kostnad för ALMA-behållarna ej heller med här. Efterhand som ordinarie verktyg för hantering av reaktortanklock och interna delar spelat ut sin roll bör de omedelbart tas ut ur stationen och skrotas för att ge bättre utrymme i hallen. Kostnad för detta är ej med här.

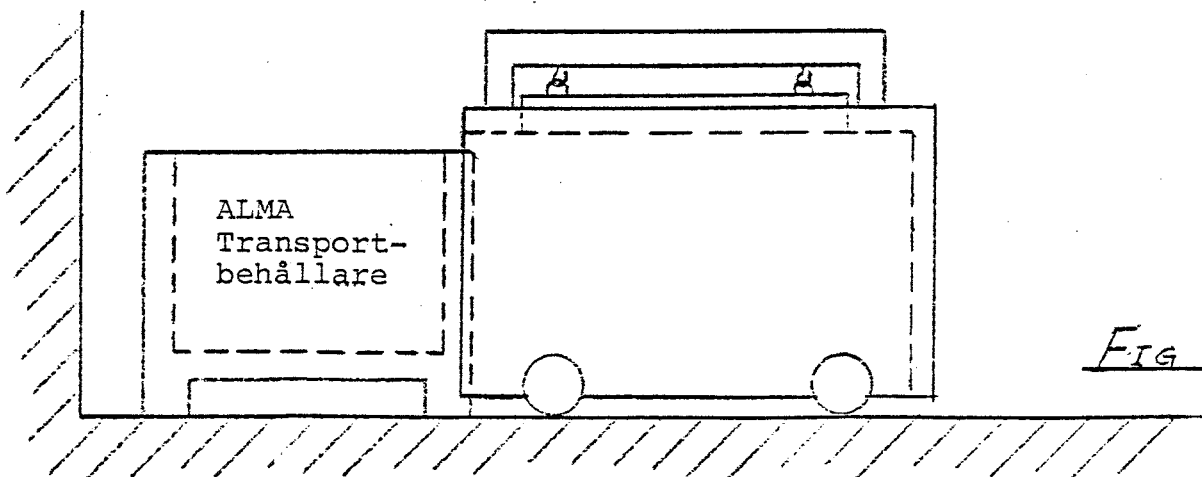
Transportbehållarna

De flesta av reaktorns interna delar kräver mera strålskydd än de 35 cm betong som finns i skärmade ALMA-behållare. Förpackningen måste ske under vatten.

Det är därför praktiskt att förse ALMA-behållarna med innerbehållare, som har det extra strålskyddet (betong) och som kan hanteras under vatten. Även om inget extra strålskydd krävs gör man en innebehållare, då lämpligen i stål. På detta sätt undviker man utvändigt nedsmutsning av ALMA-behållarna och vinner utrymme i bassängen.

Komponenter som styckas och packas i luft kräver inga innerbehållare.

Man bör räkna med att det kommer att stå 2 st mer eller mindre fyllda ALMA-behållare i hallen eller i den sedermera torrlagda bassängen i 2 års tid. Med en anordning enl fig 1 kan man förbättra avskärmningen, samt få en snabb och enkel hantering av locket vid ilastning.



Personal

Rivningen bedöms i medeltal sysselsätta 12 kollektivanställda. Det går ej att korta rivningstiden genom att sätta in mer personal pga begränsat utrymme. 5 tjänstemän i medeltal har bedömts vara sysselsatta från 2 år före rivningens början och under rivningens gång.

Kapmetoder

Tiden har inte medgivit någon ingående undersökning. Ytterligare studie och försök skulle be bättre klarhet om vilka metoder som är realistiska inom den närmaste framtiden. Här ges endast en antydning om tänkbara metoder.

Interna delar, som är tillverkade i rostfri plåt, måste pga hög aktivitet styckas under vatten. Endast plasmaskärning eller en i ref 1 beskriven Arc Saw ter sig realistiska. Viss erfarenhet av plasmaskärning finns på AA. För klenare detaljer går hydraulax. Mekaniska kapklingsor är problematiska pga skärkrafter, vibrationer och risk för fastklämning.

Reaktortanken är gjord i kolstål ($t \approx 130$ mm) med rostfri påsvetsning invändigt (3 - 5 mm). Endast styckning i luft torde bli aktuellt. Här kan man tänka sig följande alternativ:

1. Bågluftmejsling + gasskärning (Oxyacetylenbrännare)
2. Plasma + gasskärning
3. Slipning + gasskärning
4. Direkt genomskärning inifrån med plasma. Det är emellertid oklart om detta är möjligt.
5. Direkt genomskärning med oxyacetylenbrännare utifrån
6. För det tjocka godset i flänsen används syrgasmejsling.

3. Tidplan

Tidplanen är baserad på 8 tim/dag, 5 dag/vecka. Planen går eventuellt att krympa ytterligare genom att lägga fler aktiviteter parallellt. Detta bör man dock inte räkna med utan mer detaljerad studie.

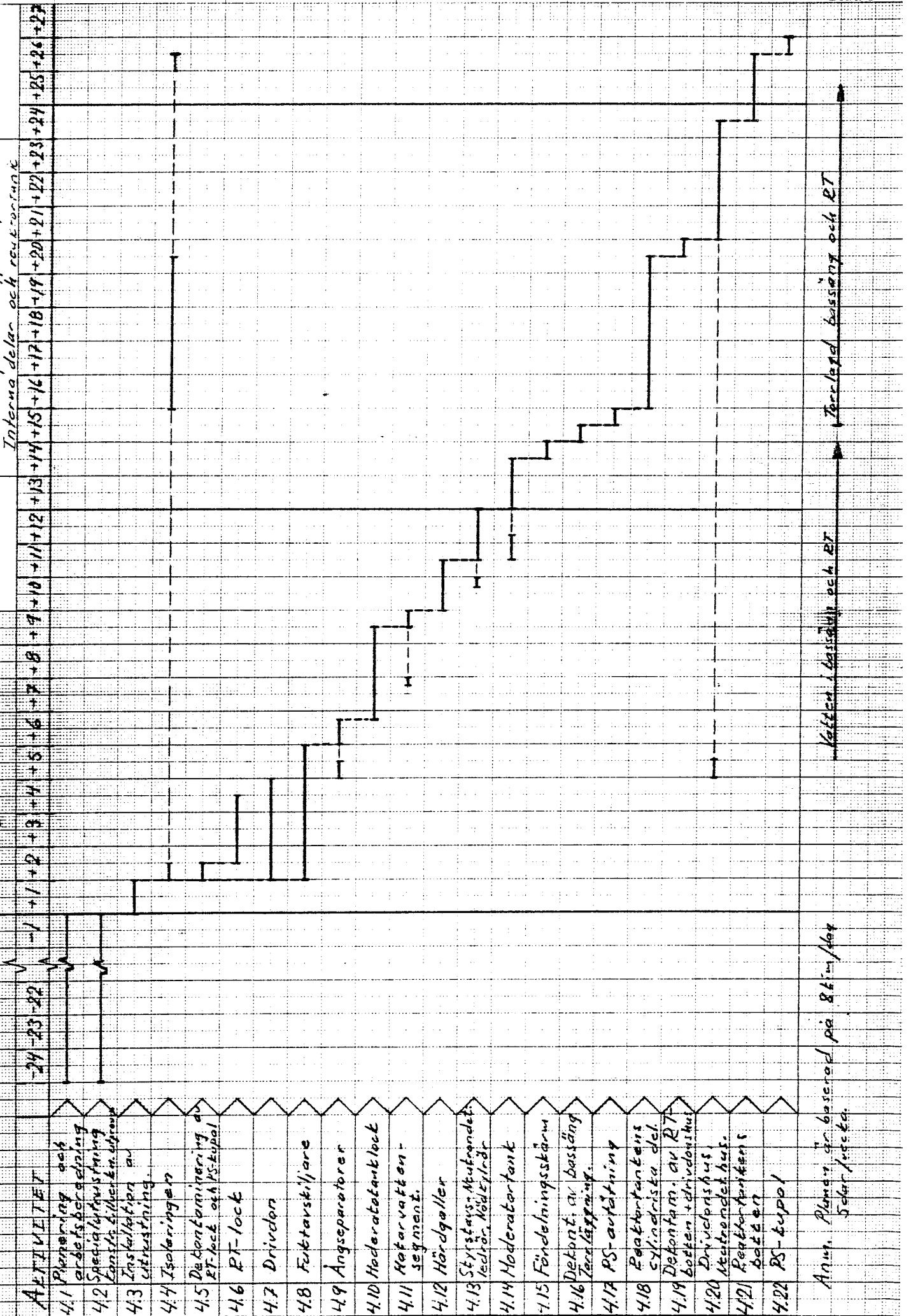
PM RD79-489 Sids

ASEA-A107
RDA-1 78

Tidplan för rivning av
Kärnkraftverk typ OII, B1SII
Interna delar och reaktorvagn

Mån

Månader



Anm. Planen är baserat på 8 tim/104 dagar/vecka.

4. Kortfattad arbetsbeskrivning

4.1. Planering, arbetsberedning och materialanskaffning

Minst två år före år 0 börjar man att göra upp en mycket detaljerad beskrivning och tidsplanering av varje arbetsmoment, samt senare uppföljning av arbetet.

I medeltal har uppskattats att 5 tjänstemän är sysselsatta under 48 mån.

4.2. Specialutrustning: konstruktion, tillverkning, utprovning

Parallellt med aktivitet 4.1. tar man fram specialutrustning. (Se lista under 5). I detta ingår alla kostnader för utveckling, konstruktion, tillverkning, utprovning.

4.3. Förberedelser i stationen

Innan man kommer igång med styckning krävs en hel del förberedelser, t ex intransport av utrustning i stationen, installationer av extra arbetsplattform, installation av manipulatorer i bassängen, ordna med belysning m m, m m.

4.4. Reaktortankens isolering

I O2, B1 & 2 består isoleringen av block som står löst staplade på varandra och är omslutna av en aluminiumplåt. På reaktortankloppet består isoleringen av större block som i mån av behov styckas med handverktyg.

På reaktorns cylindriska del kan man tänka sig att använda en plåtsax (el. eller penumatisk), anpassad att manövreras från arbetsplattformen enl fig 3. Sedan man fått bort ett stycke plåt plockar man över isoleringsblocken till en transportkorg. Längre ned finns en del ramar att skära bort. Isoleringen under tanken tar man sedan man fått bort drivdonshusen.

Kaplängder: ≈ 500 m i aluminiumplåt

≈ 20 m i stålplåt

volym: ≈ 130 m³

Transportbehållare: 7 st ALMA-oskärmda

Till största delen inbakat i tiden för reaktortankens cyl. del.

- Specialutrustning:
1. Plåtsax (el. eller perumatisk) anpassad till arbetsplattformen
 2. Lyftverktyg för plåten
 3. Plockverktyg för isolerblocken
 6. Skärbrännare för kapning av bärande ramar och konsoler
 7. Ev behövs ställningar för nedersta delen av isoleringen

av PS-kupol och RT-lock

Reaktorlocket bör säkert dekontamineras invändigt. Dessutom också utvändigt, samt PS-kupolen invändigt om denna används som avskärmning vid styckning av RT-locket.

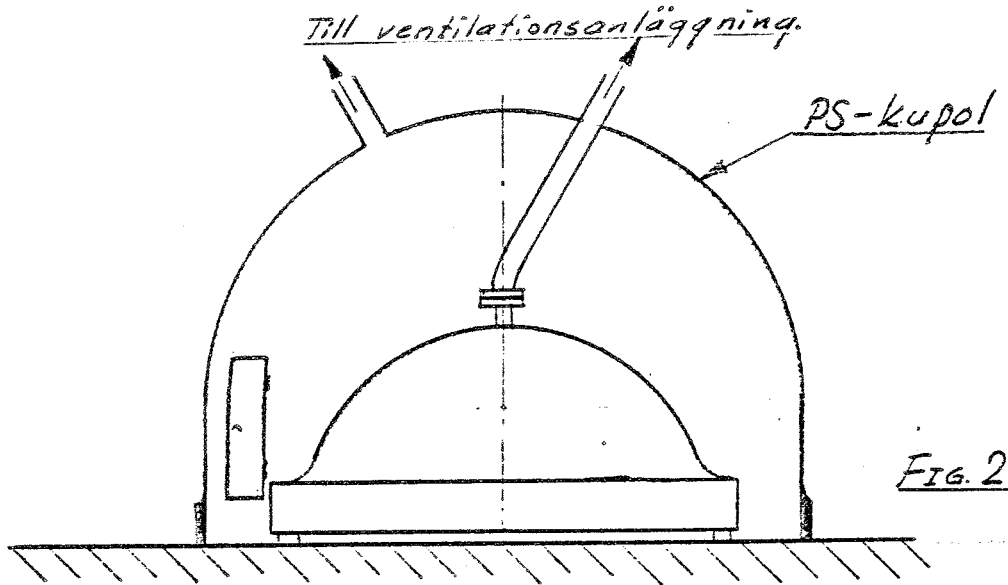
2 veckor

Specialutrustn: Högtrycksspoln.

Reaktortanklocket styckas på hallgolvet. Därefter kallas man ned lockkylningen. Det kan man göra med en skiva som manövreras från en blybox medan locket lyfts över blyboxen på bockar.

Man skär man för hand utifrån med godset som strålskydd. Man skär så mycket som möjligt men lämnar kvar så att bitarna hänger ihop. På så sätt utnyttas godset som strålskydd i det längsta. Ett lyftsvetsas till varje bit. När man sedan skall lyfta bitarna till transportbehållarna har man endast korta bitar att skära igenom.

För att undvika att sprida rök och ev aktivt damm i hallen bör man ha arbetsplatsen inbyggd. PS-kupolen bör vara utmärkt för detta. Man ställer kupolen över locket och skär upp en dörr. Både PS-kupol och RT-lock ansluts till ventilationsanläggningen.



Kaplängder:	≈ 70 m i 134 och 78 mm
	≈ 6.5 m i 450 mm
	≈ 3 m i 4 mm (lockkylningen)
Vikt:	70 ton
Transportbehållare:	6 st ALMA-skärmade
Tid:	8 veckor
Specialutrustning:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plasmabrännare, handmanövrerad 2. Oxyacetylenbrännare, handmanövrerad 3. Blybox med kaptanordning för lockkylning 4. Svetsmaskin

4.7. Drivdon

Drivdonen demonteras från Reaktortanken och transporteras från PS med ordinarie utrustning som vid normal service.

Efterhand som donen demonteras monteras dränerbara lock under drivdonshusen.

På lämpligt ställe utanför PS arrangeras en kap-och förpackningsstation.

Använder man plasmabrännare eller någon form av mekanisk kapklinga så måste donen demonteras i sina 3 huvudbeståndsdelar först. Med Arc Saw är antagligen detta ej nödvändigt.

Kaplängder: \approx 53 m i 8 mm
 \approx 23 m i 5 mm
 109 st i \varnothing 40 mm (skruven)

Vikt: 35 ton

Transportbe-
hållare: 3 st ALMA-skärmade

Specialutrust-
ning: 1. Kapstation med Arc Saw eller
 plasmaskärbrännare eller me-
 kanisk kapklinga
 2. Lyftverktyg

Tid: 12 veckor

Fuktavskiljare

Fuktavskiljaren styckas sönder under vatten i bassängen.

På grund av sin komplicerade konstruktion med massor av svåråtkomliga plåtar så blir den mycket tidsödande att stycka med plasmaskärning. Den i ref 1 beskrivna Arc Saw ter sig därför mycket fördelaktig, speciellt på fuktavskiljaren.

Kaplängder: \approx 120 m i 6 mm
 \approx 10 m i 25 mm

Vikt: 24 ton

Transportbe-
hållare: 8 st ALMA-skärmade
 8 st innerbehållare

Tid: \approx 16 veckor

Specialutrust-
ning: 1. Avancerad manipulator med Arc
 Saw eller plasmaskärbrännare
 2. Handmanövrerad plasmabrännare på
 skaft för mindre kapningar
 3. Avsug av gaser på vattenytan när
 plasma används

4. Grip- och lyftverktyg

Ångseparatorer

Ångseparatorerna demonteras från moderatortanklocket med ordinarie verktyg. Hattgrupperna demonteras från ångseparatorerna med ordinarie verktyg. Sedan återstår att kapa uppstickande detaljer på separatorns ovansida för att separatorn skall gå i transportbehållaren. Arc Saw börde vara en utmärkt metod för detta. Plasmaskärning är också möjlig.

- Kaplängder: \approx 3 m i varierande godsstorlek
(4 - 20 mm)
- Vikt: 18.5 ton
- Transportbehållare: 5 st ALMA-skärmade
5 st innerbehållare
- Tid: \approx 5 veckor
- Specialutrustning:
1. Manipulator med Arc Saw eller plasmaskärbrännare (Ev samma som för FA)
 2. Avsug för gaser när plasma används
 3. Lyftverktyg

Moderatortanklock

När ångseparatorer med spänndon är borta kan styckning av MTL påbörjas. Arbetsgången torde bli ungefär följande:

1. Stag mellan ångrör kapas (Plasma eller hydraulsax)
2. Ångrören kapas så nära kupolen som möjligt (Arc Saw eller plasma)
3. Locket vändes
4. Härdstrilen kapas ned (Arc Saw, plasma eller hydraulsax)
5. Kupol och mantel styckas (Arc Saw eller plasma)

- Kaplängder: \approx 120 m i 6 mm
 \approx 20 m i 25 mm

Vikt: 18.6 ton

Transportbe-
hållare: 3 st ALMA-skärmade
3 st innerbehållare

Tid: 11 veckor

Specialutrust-
ning: 1. Avancerad manipulator med Arc
Saw eller plasmabrännare
2. Hydraulsax för klena detaljer
3. Avsug av gaser när plasma an-
vänds
4. Lyftredskap

4.11. Matarvattensegment

Matarvattensegmentet demonteras från RI med ordi-
narie verktyg. Emellertid måste segmenten kapas
i 3 delar för att gå i transportbehållarna.

Kaplängder: \approx 8 m i 6 - 10 mm

Vikt: 4 x 350 kg

Transportbe-
hållare: 1 st ALMA-skärmad
1 st innerbehållare

Tid: 3 veckor

Specialutrust-
ning: 1. Manipulator med Arc Saw eller
plasma
2. Lyftverktyg
4. Avsug för gaser om plasma an-
vänds

4.12. Härdgaller

Härdgallret måste kapas i ganska många bitar men har
en relativt gynnsam geometri. Plasma eller Arc Saw.

Kaplängder: \approx 120 m i 7 mm
 \approx 1 m i 55 mm

Vikt: 2.6 ton

Transportbe-
hållare: 3 st ALMA-skärmade
3 st innerbehållare

Tid: 6 veckor

Specialutrust-
ning: 1. Manipulator med plasma eller
Arc Saw
2. Lyftverktyg
3. Avsug för gaser när plasma an-
vänds.

4.13. Styrstavsledrör, neutrontektorledrör, härd- och borstrilrör

Samtliga rör är för långa för transportbehållarna och måste kapas.

Övre delen av rören är mera aktiv och placeras i be-
hållare med extra strålskydd. Rören lyftes från tanken
med ordinarie verktyg till stället i bassängen. Däri-
från lyftes rören med speciellt verktyg till kapan-
ordningen.

Kaplängder:

Styrstavsledrör (109 st) 105 m i 4 mm

Neutr. det. ledrör (10 st) 10 m i 13 mm

Härdstrilrör (10 st) 8 m i 5 mm

Transportbe-
hållare: 4 st ALMA-skärmade
3 st innerbehållare
1 st "

Vikt: ≈ 28 ton

Tid: 7 veckor

Specialutrust-
ning: 1. Kapstation med Arc Saw eller
plasma
2. Lyftverktyg
3. Utsug för gaser om plasma an-
vänds

Moderatortank, Inkl provstavskanaler

Lossning av bultförbandet utförs parallellt med styckning av härdgaller och påverkar därför ej tidpunkten. Styckning under vatten med Arc Saw eller plasma.

Kaplängder: \approx 200 m i 25 mm
 \approx 2 m i 6 mm
 \approx 30 m i 40 - 70 mm

Vikt: 22.8 ton

Transportbe-
hållare: 8 st ALMA-skärmade
 8 st innerbehållare

Tid: 9 veckor

Specialutrust-
ning: 1. Manipulator för Arc Saw eller
 plasma
 2. Lyftverktyg
 4. Avsug på vattenytan om plasma
 används

Fördelningsskärm

Fördelningsskärmen lyftes från RI med ordinarie verktyg. Den sitter lös i och med att moderator-tanken är borta. I bassängen vidtar styckning med Arc Saw eller plasma.

Kaplängder: \approx 14 m i 20 mm

Vikt: 8.3 ton

Transportbe-
hållare: 1 st ALMA-skärmad
 1 st innerbehållare, plåt

Tid: 2 veckor

Specialutrust-
ning: 1. Manipulator för Arc Saw och/
 eller plasma
 2. Lyftverktyg
 3. Avsug för gaser om plasma an-
 vänds

aminering av bassänger, torrläggning av bassäng.

Efter styckning av interna delar finns aktivt slam och skräp på bassängbotten. Även väggarna kan antas kontaminerade. I samband med att man sänker vattennivån för torrläggning av bassängen och RT utför man dekontaminering.

Tid: 2 veckor

Specialutrustning:

1. Manipulator för högtrycksspolning och borstning
2. Slamsugningsutrustning
3. Utrustning för snabb vattenrengöring

itning

När man arbetar med PS-avtätningen har man antingen vatten till jäms med RI-flänsen eller också ställer man på arbetsplattformen. Den skall alltså sluta tätt mot RI-flänsen.

Kaplängder: \approx 180 m i 24 mm svart plåt

\approx 2 m i 240 mm rostfri plåt

Vikt: 36 ton

Transportbehållare:

2 st ALMA-oskärmade

Tid: 2 veckor

Utrustning:

1. Plasmaskärbrännare
2. Utsugningsanordningar

reaktortankens_cylindriska_del

Reaktortanken styckas ned från en strålskyddad plattform. Fig 3,

Under plattformen finns minst två skärbrännare som kan manövreras från plattformens ovansida samt från hallgolvet. Den ena brännaren kapar slutsar medan den andra skär rektangulära bitar ur manteln. Klenare stutsar kapas med kapskiva eller hydraulsax.

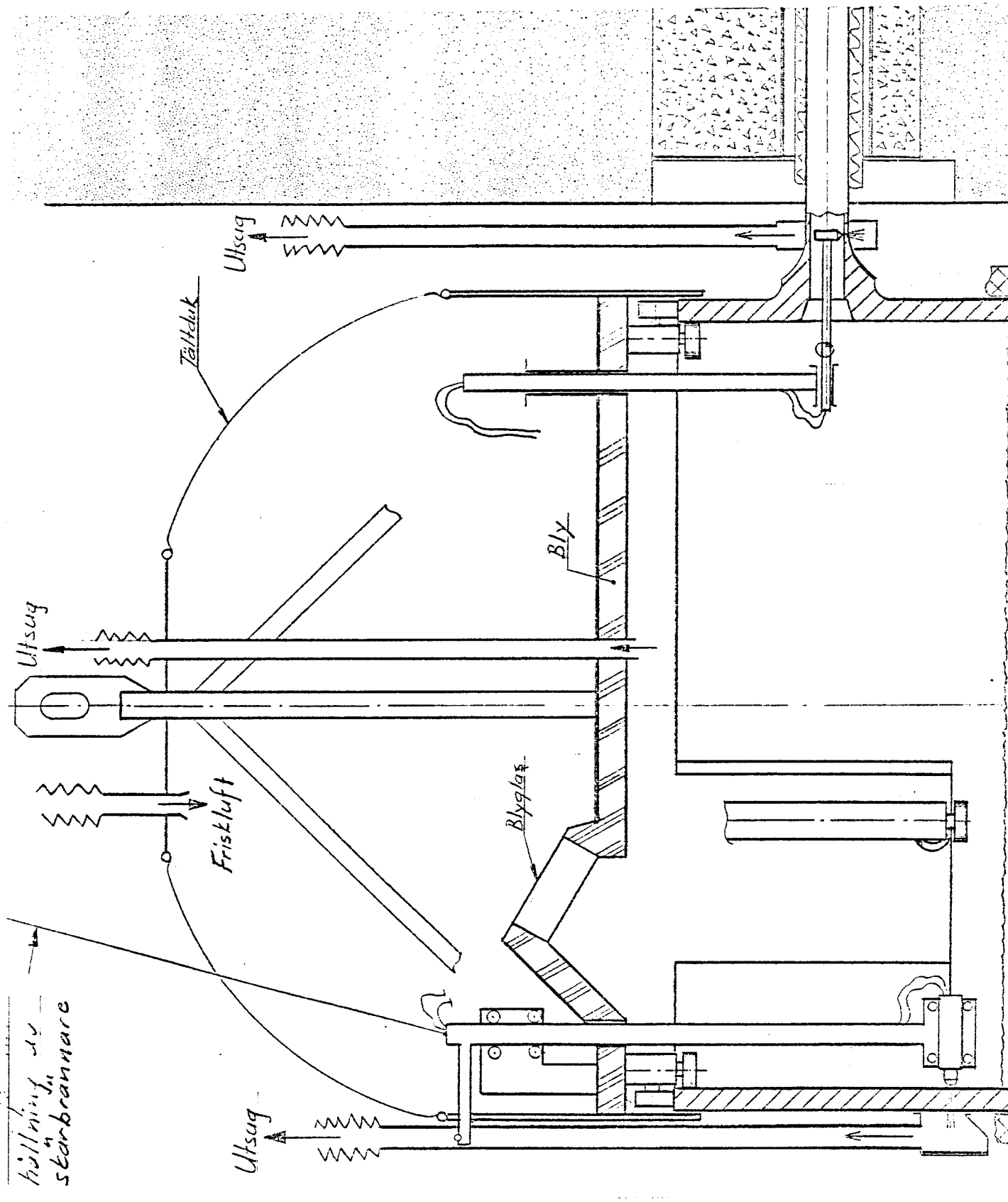


FIG 3

När man skär horisontella snitt matas brännaren genom att man vrider hela plattformen med de hydraulmotor drivna hjulen. Den brännare som skär horisontellt måste vara försedd med en nivåhållningsanordning så att den ej påverkas om hjulen går över ojämnheter. En sådan anordning förhindrar också att kapytan, och plattformen, börjar luta mer för varje ring man skär bort.

Hjulen är höj- och sänkbara på ca 2 m långa hydrauliskt manövrerade ben. På sidan av plattformen finns ett urtag lagom stort att lyfta ut bitarna en efter en utan att plattformen behöver lyftas undan. Allt efter som man skär bort stycken ur tanken och vrider plattformen så sänker man hjulen till den nedre ytan. När man sålunda gått varvet runt står plattformen på sina 2 m långa ben och man har bara att sänka den för att vara klar för en ny runda.

Från denna arbetsplattform skall man också kunna manövrera utrustning för demontage av isolering samt för rengöring av bottenkallott- och drivdons-, neutrondetektorhus.

Strålskyddet skall dimensioneras så att personal (2 man) kan vistas på plattformen hela tiden samt vara försett med blyglasfönster så att inställning av skärbrännare m m i möjligaste mån underlättas.

Vid varje brännare samt för utrymmet under plattformen arrangeras utsugning av gaser och damm. Hela plattformens översida bör vara övertäckt så att visst övertryck kan åstadkommas med hjälp av friskluftsinsblåsningen. Trots dessa skyddsåtgärder måste man räkna med att personal på plattformen arbetar med skyddsmasker. Med detta arrangemang bör man kunna ha personal på plattformen kontinuerligt. Emellertid bör man eftersträva så hög grad av fjärrstyrning som möjligt, för att minimera dosbelastningen på personalen.

Sekvenserna för att stycka RT:

1. Demontera isolering till 2.5 m under plattformen
2. Kapa grova stutsar inifrån med skärbrännare
3. Kapa klena stutsar utifrån med kapskiva eller hydraulsax

Tid: 2 veckor

Specialutrustning:

1. Roterande borstar och högtrycksspolning. Manövreras från plattformen

.20 Drivdonshus, neutrontektorhus, nödkylledningar, bottendränage

För drivdons- och neutrontektorhus utnyttjar man ordinarie bytesmaskin för drivdonsservice. Bytesmaskinens lyftvagn kompletteras med en mast, med vilken man kan föra upp en plasmaskärbrännare till strax under misilskydden (0.6 m under RI-botten). Scramledningarna klipptes med hydraulsax. När man skär av huset stöder man nedtill på lyftvagnen och mot masten upptill. Huset tas sedan ut ur PS på liknande sätt som drivdonen. Nödkylledningar och bottendränage skäres ned för hand.

Utanför PS kapas hus och rör och packas i ALMA-behållare.

Kaplängder: 135 m i 16 mm
 ≈25 m i 4 - 10 mm

Vikt: 50 ton

Transportbehållare: 2 st ALMA-skärmade

Tid: 16 veckor

Specialutrustning:

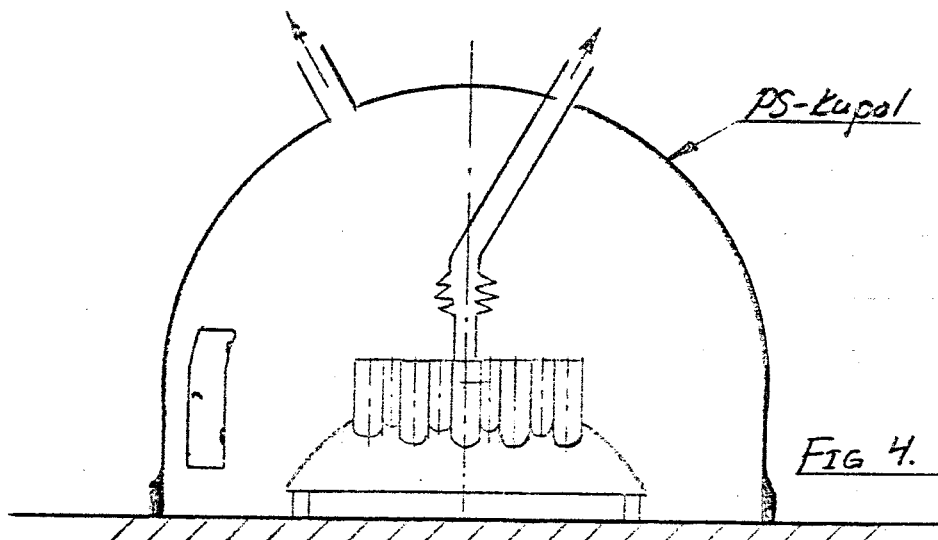
1. Mast för bytesmaskin med plasma-brännare
2. Kapskiva eller hydraulsax för klenrören
4. Kapstation
3. Plasmabrännare 2 st handhållna

.21 Bottenkalott

När reaktortankens cylindriska del samt alla drivdonshus, neutrontektorhus och rör är borta lyfter man upp botten till bassängen (ev hallgolvet). Upplagskjolen måste antagligen skäras bort först och tas i ett lyft för sig.

Väl uppe vänder man botten upp och ned för att sålunda utnyttja godset som strålskydd. PS-kupolen ställs över arbetsplatsen och ventilationen anslutes.

Kalotten skärs sönder med handhållna plasmabrännare. Man bör skära sönder kalotten så mycket som möjligt men lämna här och var så att den sitter ihop. På så sätt utnyttjar man godsets strålskydd så länge som möjligt. När man tar bort PS-kupolen har man endast kortare sträckor att skära igenom och sedan lyfta bitarna till transportbehållarna.



Kaplängder:	30 m i 131 mm (kolstål m kladding)
	25 m i 38 mm (kolstål)
Vikt/Volym:	56 ton
Transportbe- hållare:	5 st ALMA- skärmade
Tid:	8 veckor
Specialustrust- ning:	3 st plasmabrännare handhållna
	2 st acetylenbrännare handhållna
	1 lyftfot som underlättar vändning

4.22 PS-kupolen

PS-kupolen har låg aktivitet och kan styckas tämligen konventionellt med skärbrännare. God utsugning måste dock ordnas inte minst p g a att man skär i målat material.

Kaplängder: 178 m i 24 mm
2 m i 240 mm

Vikt: 36 ton

Transportbe-
hållare: 6 st ALMA-skärmade

Tid: 2 veckor

Specialutrust-
ning: 1. Plasmaskärbrännare, handhållen
2. Acetylen/oxygenskärbrännare

Utrustningslista

antal	Beskrivning	Kostnad
	Extra arbetsplattform för att ej låsa laddmaskin som kan behövas parallellt efter som ordinarie verktyg manövreras från denna. En speciell arbetsplattform kan givetvis göras mer ändamålsenlig.	≈ 400 000
	Extra lyftkran i stil med vad som brukar vara vanligt vid montage av interna delar.	≈ 100 000
	Avancerad manipulator för styckning av fukt-avskiljare, moderatortanklock, härdgaller, moderatortank och fördelningsskärm. Arc Saw och/eller plasma	≈ 6 000 000
	Enklare manipulator för kapning av styrestavs-neutrongetektorledrör, matarvattensegment, ångseparatorer. Arc Saw och/eller plasma.	≈ 500 000
	Anordning för avsugning av gaser som bubblar upp till ytan när man använder plasma	≈ 30 000
	Anordning för enkel hantering av locket på ALMA-behållarna, tillika strålskydd. Se fig 1.	≈ 100 000
14	Innerbehållare tillika extra strålskydd. Varierande godstjocklek. Vid tjocka väggar används betong, för tunna stål. Hål i botten så att vattnet rinner av.	≈ 800 000

Antal	Beskrivning	Kostnad
1	Lyftok för hantering av innerbehållare och dess lock under vatten	≈ 100 000
10	Diverse lyftredskap för undervattenhantering	≈ 100 000
1	Vattenreningsutrustning. Pump och filter med stor kapacitet som placeras under vatten i bassängen. Används för att snabbt återställa nödvändig sikt i vattnet vid grumling	≈ 150 000
-	Högtrycksspolningsutrustning	-
3	Enkla manipulatorer med plasmaskärbrännare för enkla kapningar under vatten	≈ 100 000
1	Hydraulsax för kapning av klena detaljer under vatten	≈ 30 000
1	Kapstation för kapning av drivdon. Arc Saw eller plasma eller mek. kapklinga	≈ 200 000
1	Kapanordning för drivdonshus, neutrondetektor. Monteras på bytesmaskinen.	≈ 300 000
1	Arbetsplattform för styckning av reaktortank I utrustningen ingår:	≈ 10 000 000
	1. Skärbrännare för kapning av grövre stutsar	
	2. Skärbrännare för kapning av mantel	
	3. Hydraulsax eller kapskiva (ev giljotin) för kapning av klenare stutsar	
	4. Sax för plåten på RI-isoleringen	
	5. Plockverktyg för isoleringsblocken	
	6. Roterande borstar för reaktortankvägg, botten och drivdons- och neutrondetektorhus	
	7. Högtrycksspolningsanordning	
	8. Utsugnings- och friskluftanläggning	

Antal	Beskrivning	Kostnad
1	Lyftverktyg för RI-mantelbitar	≈ 100 000
1	Lyftverktyg för lyft och vändning av reaktortankens botten	≈ 100 000
1	Blybox med manipulator för kapning av lockkylsystem	≈ 1 000 000
1	Strålskyddad manöverplats för traverser	≈ 500 000
-	Diverse ospecificerat (gas för skärbrännare, skyddsutrustning, handverktyg m m)	≈ 800 000

6. Referenser

Ref. 1 NUREG/CR-0130
Technology, Safety and Costs of Decommissioning
a Reference Pressurized Water Reactor Power Sta-
tion.

Bilaga 3

Distribution TK TK Nilsson ALM ALM Boström RDA1 RDA1 Bergström AR Lundmark TR RF RFC KBS (5)	Från/From RFC	Datum/Date 79-10-08	Reg.	Page Sida 1
	Författare/Author K Lundgren 6021			
	Granskad/Examined		Godkänd/Approved <i>[Signature]</i>	

Titel/Title
KBS - Rivning av svenskt kärnkraftverk - Aktivitetsmängder och strålningsnivåer

Sammanfattning/Abstract

Som ett led i rubricerade utredning åt KBS har följande PM framtagits. PM:en innehåller en sammanställning över förväntade aktivitetsinventarier i byggnader, reaktor med interna delar, process- och servicesystem. Referensanläggning är Oskarshamn 2 och stationen förutsätts ha varit i drift i 40 år före rivningen.

Innehållsförteckning

1. Inledning
2. Neutroninducerad aktivitet i samt ytaktivitet på reaktortank och interna delar
3. Neutroninducerad aktivitet i biologiska skärmen
4. Aktivitet i stationens service- och processystem
5. Aktivitet i betongen kring bränsle, reaktor- samt kondensationsbassängen
6. Strålningsnivå utanför transportbehållare
7. Referenser

ASEA-ATOM

1

Inledning

Referensanläggningen Oskarshamn 2 (eller Barsebäck 1/2) antages ska rivas efter 40 års drift. Rivningen startas snarast efter avställning och borttransport av bränsle, styrstavar etc, d v s ca 1 år efter avställning.

Anläggningens kontrollerade område antas ha hållits relativt rent, d v s aktivitetsspridningen har begränsats till normala driftläckage. Haveri med större aktivitetsspridning har inte inträffat under driftperioden.

Anläggningen förutsätts under sin drifttid ha haft måttliga skador på härden. I det följande förutsätts att skadorna inskränkt sig till 10 % av dimensionerande bränsleskada (DBS).

Mer sofistikerad system-dekontaminering beräknas inte ske. Enklare dekontaminering som bortbilning av mindre ytor kontaminerad betong, tvättning med högtrycksspruta etc beräknas ske.

Som rena betraktas ytor med kontamination understigande 10^{-3} mCi/m² för $\beta + \gamma$ och en faktor 10 lägre för α -strålare. Som aktivt avfall skall betraktas allt avfall med ytkontamination överstigande ovan angivet värde samt sådant med inducerad eller absorberad aktivitet överstigande 2 mCi/ton.

Transportförpackning av avfallet skall ske i transportbehållare föreslagna gälla för Programrådets ALMA (Anläggning för låg- och medelaktivt avfall).

I det följande göres en sammanfattning av den radioaktivitet som referensanläggningens olika system och byggnadsdelar förväntas innehålla vid tidpunkten för rivning. Resultaterande strålningsmiljö beskrivs. Det aktiva avfallet indelas i olika klasser (förpackning i skärmad resp icke skärmad transportbehållare) samt behovet av ytterligare skärmning för mycket aktiva delar (= interna delar) utreds.

2

Neutroninducerad aktivitet i samt ytaktivitet på reaktortank och interna delar

Aktiveringsberäkningar har utförts med datorprogrammet AKTGAMMA, referens 1.

Representativa medelvärden på neutronflödestäthetsparametrarna har beräknats med datorprogrammet NRN, referens 2. Beräkningen och det sätt på vilket neutronflödesparametrarna är valda redovisas i referens 3. Beräkningen är gjord för en geometri motsvarande den i Forsmark 1, varför vissa justeringar har gjorts för att anpassa resultaten till den geometri som vi har i Oskarshamn 2, Barsebäck 1 och 2.

Beträffande sammansättningen hos de ingående konstruktionsmaterialen har målsättningen varit att använda så realistiska värden som möjligt. Använda sammansättningar har i de flesta fall bildats ur medelvärden från ett antal materialintyg. För de viktigaste materialen anges den använda sammansättningen i tabell 1, där även materialspecifikationsgränser finns angivna. Osäkerheten i materialsammansättning ger ett icke försumbart bidrag till osäkerheten i aktivitetsberäkningarna. Speciellt känsligt ämne är kobolt (Co).

Tabell 1 - Materialsammansättningar

SIS 2333	Enligt spec		Använda medelvärden	
	min	max	ur analys	
C	w/o	0.05	w/o	0.04
Si		1.0		0.8
Mn		2.0		1.1
N				0.04
P		0.045		0.012
S		0.03		0.015
Cr	17.0	20.0		18.3
Co		0.05		0.03
Mo				0.025
Ni	8.0	12.0		10.4
Fe	Balans		Balans	

ASEA-ATOM

Reaktortank Grundmaterial	Enl spec		Använda medelvärden ur analys		
	min	max			
C		w/o 0.20	w/o	0.2	w/o
Si	0.15	0.30		0.25	
Mn	1.20	1.50		1.5	
P		0.012		0.01	
S		0.015		0.01	
Ni	0.45	0.70		0.6	
Mo	0.47	0.57		0.55	
Cu		0.15		0.1	
Co		0.05		0.02	
N				0.007	
Sn		0.05		0.01	
V		0.015		0.01	
Cr		0.30		0.2	
Fe	Balans			Balans	

Reaktortank Cladding	Enl spec		Använda medelvärden ur analys		
	min	max			
C		0.06	w/o	0.04	w/o
Si				0.8	
Mn				1.1	
N		0.08		0.04	
P				0.012	
S				0.015	
Cr				18.3	
Co		0.05		0.03	
Mn				0.025	
Ni				10.4	
Fe	Balans			Balans	

Materialen antas bestrålade i totalt 40 år, antaget 7200 EFPH per driftår. Aktiviteten per gram material efter sista årets bestrålning har beräknats för ett antal olika avklingningstider upp till 1000 år. Som exempel redovisas aktiviteten per gram härdgaller i diagram 1. Förutom summaaktiviteten som funktion av avklingningstiden redovisas också bidragen från olika nuklider.

Som framgår av diagram 1 domineras aktiviteten vid 1 års avklingning av Fe-55 ($T_{1/2} = 2.7$ y), Co-60 ($T_{1/2} = 5.26$ y) samt Ni-63 ($T_{1/2} = 92$ y). Den helt dominerande gammastrålningskällan utgörs av Co-60, vilken därigenom bestämmer behovet av strålskärning. Vid mycket långa avklingningstider (>500 år) dominerar Ni-59 ($T_{1/2} = 80\ 000$ y) aktivitetens mässigt.

ASEA-ATOM

Mängden ytaktivitet på reaktorvattenberörda komponenter (s k crud) är betydligt svårare att uppskatta. Bestämningar med mätutrustningen MADAC (Mobil analysator för detektering av crud i rörledningar) har gett ett värde på ca 10 mCi/m^2 Co-60 vid mätningar på rörledningar i Oskarshamn 2. Efter 40 års drift och 1 års avställning uppskattar vi att denna siffra vuxit till ca 50 mCi/m^2 Co-60. Co-60 förväntas liksom för den i konstruktionsmaterial neutroninducerade aktiviteten utgöra den helt dominerande gammastrålkällan i crud.

Utgående från erfarenhetsvärden av materialsammansättningen på cruden på bränslekapslingen har med hjälp av datorprogrammet AKTGAMMA, referens 1, en uppskattning av mängden övriga nuklider relativt Co-60 gjorts. Resulterande värde på ytkontamineringen redovisas i tabell 2. Förutom de aktiva korrosionsprodukterna Co-60, Ni-59, Ni-63 samt Fe-55 så har även ett visst bidrag från fissionsprodukter medtagits. MADAC-mätningar på rör- och komponenter i Oskarshamn 1 har givit att detta bidrag maximalt uppgår till 10 % av Co-60-aktiviteten.

Tabell 2 - Ytaktivitet på reaktorvattenberörda ytor

Fe-55	50	mCi/m^2
Co-60	50	
Ni-59	0.2	
-63	3	
Fiss prod	5	

I tabell 3 finns sammanställt aktivitetsdata för reaktortank med interna delar. Aktiviteten är uppdelad på de i tabell 2 angivna nukliderna samt är vidare uppdelad på i materialet neutroninducerad aktivitet (ind) resp ytaktivitet (crud). I tabellen finns vidare angivet reaktorvattenberörd area (A), totalvikt (M) samt uppskattad vikt av material innehållande neutroninducerad aktivitet (M.). Vidare anges komponentens specifika aktivitet (Ci/ton Co-60 samt $\text{Ci/ton summaaktivitet}$). Halten Co-60 (Ci/ton) bestämmer behovet av strålskärning (cm betong), se avsnitt 6. Minsta strålskrämskrav som anges är 35 cm betong, vilket motsvarar den skärmade transportbehållarens tjocklek. Krav över 35 cm betong tänkes tillgodoses genom att det aktiva materialet placeras i en betonglåda som i sin tur placeras i transportbehållaren.

Som framgår av tabell 3 varierar aktivitetsmängden i olika interna delar kraftigt beroende på hur nära härden de har varit placerade. Största aktiviteten har härdgaller, moderatortank samt härdstrilrör med ca $10^4 \text{ Ci/ton Co-60}$, vilket innebär strålningsnivåer i storleksordningen $>10^4 \text{ rem/h}$ i närheten av komponenterna. Dessa komponenter måste sönder-

ASEA-ATOM

delas och paketeras under vatten med helst ca 2 m vattentäckning. Övriga interna delar med betydligt lägre neutroninducerad aktivitet bör i möjligaste mån även de sönderdelas under vatten för att minska dosbelastningen. Kravet på vattentäckning är dock väsentligt lägre. Möjlighet finns också att kortvarigt lyfta komponenterna över vattenytan för t ex nerpackning i avfallsbehållare.

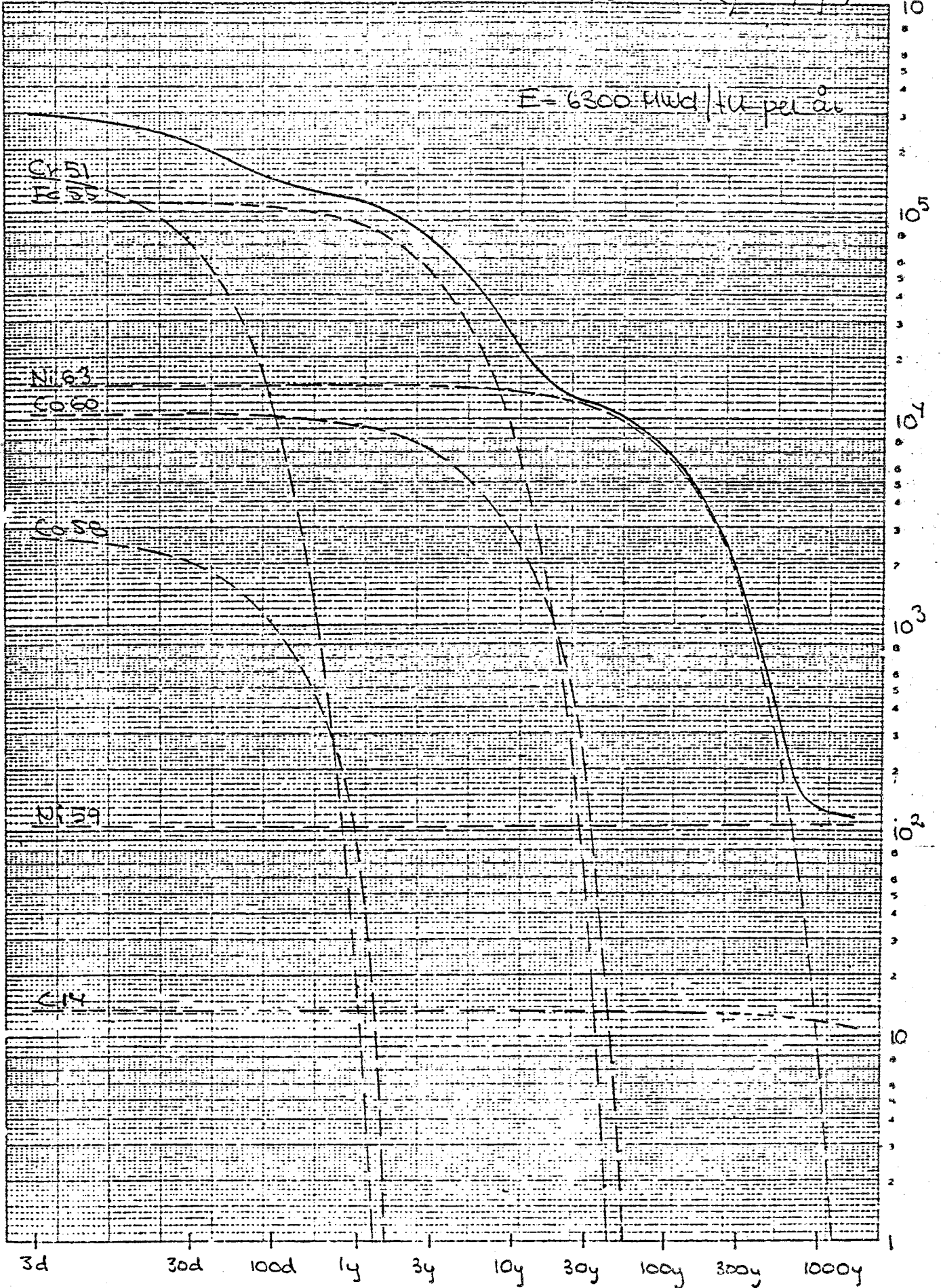
Sönderstyckning av reaktortanken kan ej ske under vatten. Strålningsnivån i tanken förutsätts variera i intervallet 1-10 rem/h (de högsta värdet i höjd med reaktorhårdens plats). Då är förutsatt att reaktortanken innan dränering slamsugs m a p lös aktivitet på tankbotten. Möjlighet finns att successivt sänka vattennivån under sönderstyckningens gång och därigenom minska strålningsnivån. Arbetet bör utföras från en strålskärmad arbetsplattform. Lämplig strålskärmstjocklek är ca 10-15 cm stål.

Vid sönderdelning av aktiva komponenter i bassäng förutsätts endast mindre problem med luftburen aktivitet (aktivitet medföljer i viss omfattning med areosoler som bildas vid plasmaskärning under vatten). Vid sönderdelning i luft är problemen väsentligt större. Omsorg måste därför ägnas åt ventilationsfrågorna vid sönderdelningen av reaktortanken för att minska aktivitetsspridningen.

ASEA ATOM

Aktivitet ($\mu\text{Ci/g}$)

$E = 6300 \text{ MWd/tU per år}$



Aukliugningstid

Tabell 3 - Neutroninducerad aktivitet i samt aktivitet i crud på reaktortank samt interna delar i Oskarshamn 2 efter 40 års drift

		<u>Ind (Ci)</u>	<u>Crud (Ci)</u>	<u>S:a (Ci)</u>	
<u>Fuktavskiljare</u> A = 1413 m ² M = 24 ton M _i = 0	Fe-55		7.1(1)	7.1(1)	Co-60 3.0 Ci/ton
	Co-60		7.1(1)	7.1(1)	
	Ni-59		2.8(-1)	2.8(-1)	S:a 6.4 Ci/ton
	-63		4.2(0)	4.2(0)	
	Fiss prod		7 (0)	7 (0)	<u>45 cm betong</u>
				<u>1.5(2)</u>	
<u>Ångseparatorer</u> A = 878 m ² M = 18.5 ton M _i = 0	Fe-55		4.4(1)	4.4(1)	Co-60 2.4 Ci/ton
	Co-60		4.4(1)	4.4(1)	
	Ni-59		1.8(-1)	1.8(-1)	S:a 5.1 Ci/ton
	-63		2.6(0)	2.6(0)	
	Fiss prod		4 (0)	4 (0)	<u>45 cm betong</u>
				<u>9.5(1)</u>	
<u>Moderatortanklock m härdstril</u> A = 163 m ² M = 18.6 ton M _i = 18.6 ton	Fe-55	2.1(3)	8.2(0)	2.1(3)	Co-60 14 Ci/ton
	Co-60	2.5(2)	8.2(0)	2.6(2)	
	Ni-59	2.6(0)	3.3(-2)	2.6(0)	S:a 150 Ci/ton
	-63	3.6(2)	4.9(-1)	3.6(2)	
	Fiss prod	-	8 (-1)	8 (-1)	<u>55 cm betong</u>
				<u>2.7(3)</u>	
<u>Moderatortank</u> A = 224 m ² M = 22.8 ton M _i = 10 ton	Fe-55	4.3(5)	1.1(1)	4.3(5)	Co-60 2.1(3) Ci/ton
	Co-60	4.8(4)	1.1(1)	4.8(4)	
	Ni-59	5.1(2)	4.5(-2)	5.1(2)	S:a 2.4(4) Ci/ton
	-63	7.1(4)	6.7(-1)	7.1(4)	
	Fiss prod	-	1 (0)	1 (0)	<u>95 cm betong</u>
				<u>5.5(5)</u>	
<u>Härdgaller</u> A = 72 m ² M = 2.6 ton M _i = 2.6 ton	Fe-55	2.3(5)	3.6(0)	2.3(5)	Co-60 9.2(3) Ci/ton
	Co-60	2.4(4)	3.6(0)	2.4(4)	
	Ni-59	2.7(2)	1.4(-2)	2.7(2)	S:a 1.1(5) Ci/ton
	-63	3.8(4)	2.2(-1)	3.8(4)	
	Fiss prod	-	4 (-1)	4 (-1)	<u>105 cm betong</u>
				<u>2.9(5)</u>	

Tabell 3:2

		<u>Ind (Ci)</u>	<u>Crud (Ci)</u>	<u>S:a (Ci)</u>	
<u>Härdströlrör</u> A = 63 m ² M = 2.0 ton M _i = 0.7 ton	Fe-55	3.0(5)	3.2(0)	3.0(5)	Co-60 1.7(4) Ci/ton S:a 1.9(5) Ci/ton <u>110 cm betong</u>
	Co-60	3.4(4)	3.2(0)	3.4(4)	
	Ni-59	3.6(2)	1.3(-2)	3.6(2)	
	-63	5.0(4)	1.9(-1)	5.0(4)	
	Fiss prod	-	3 (-1)	3 (-1)	
				<u>3.8(5)</u>	
<u>Styrstavsledrör</u> A = 804 m ² M = 24.5 ton M _i = 3.3 ton	Fe-55	3.0(2)	4.0(1)	3.4(2)	Co-60 4.0 Ci/ton S:a 20 Ci/ton <u>50 cm betong</u>
	Co-60	5.9(1)	4.0(1)	9.9(1)	
	Ni-59	4.0(-1)	1.6(-1)	5.6(-1)	
	-63	5.4(1)	2.4(0)	5.6(1)	
	Fiss prod	-	4 (0)	4 (0)	
				<u>5.0(2)</u>	
<u>Fördelningsskärm</u> A = 60 m ² M = 8.3 ton M _i = 0	Fe-55		3.0(0)	3.0(0)	Co-60 3.6(-1) Ci/ton S:a 7.8(-1) Ci/ton <u>35 cm betong</u>
	Co-60		3.0(0)	3.0(0)	
	Ni-59		1.2(-2)	1.2(-2)	
	-63		1.8(-1)	1.8(-1)	
	Fiss prod		3 (-1)	3 (-1)	
				<u>6.5(0)</u>	
<u>Neutrondetektorledrör</u> A = 59 m ² M = 2.9 ton M _i = 0.3 ton	Fe-55	2.7(1)	3.0(0)	3.0(1)	Co-60 2.9 Ci/ton S:a 15 Ci/ton <u>45 cm betong</u>
	Co-60	5.4(0)	3.0(0)	8.4(0)	
	Ni-59	4.0(-2)	1.2(-2)	5.2(-2)	
	-63	4.9(0)	1.8(-1)	5.1(0)	
	Fiss prod	-	3 (-1)	3 (-1)	
				<u>4.4(1)</u>	
<u>Drivdon</u> ¹⁾ A = 780 m ² M = 35 ton M _i = 0	Fe-55		3.9(0)	3.9(0)	Co-60 1.1(-1) Ci/ton S:a 2.4(-1) Ci/ton <u>35 cm betong</u>
	Co-60		3.9(0)	3.9(0)	
	Ni-59		1.6(-2)	1.6(-2)	
	-63		2.3(-1)	2.3(-1)	
	Fiss prod		4 (-1)	4 (-1)	
				<u>8.4(0)</u>	

1) Se anm nästa sida

Tabell 3:3

		<u>Ind (Ci)</u>	<u>Crud (Ci)</u>	<u>S:a (Ci)</u>	
<u>Neutrondetektorhus</u>	Fe-55		3.0(0)	3.0(0)	Co-60 4.6(-1) Ci/ton
	Co-60		3.0(0)	3.0(0)	
A = 60 m ²	Ni-59		1.2(-2)	1.2(-2)	S:a 1.0 Ci/ton
M = 6.5 ton	-63		1.8(-1)	1.8(-1)	
M _i = 0	Fiss prod		3 (-1)	3 (-1)	<u>35 cm betong</u>
				<u>6.5(0)</u>	
<u>Drivdonshus</u> ¹⁾	Fe-55		1.9(0)	1.9(0)	Co-60 4(-2) Ci/ton
	Co-60		1.9(0)	1.9(0)	
A = 378 m ²	Ni-59		7.6(-3)	7.6(-3)	S:a 8.2(-2) Ci/ton
M = 50 ton	-63		1.1(-1)	1.1(-1)	
M _i = 0	Fiss prod		2 (-1)	2 (-1)	<u>35 cm betong</u>
				<u>4.1(0)</u>	
<u>Mavasegment</u>	Fe-55	2.1(0)	1.8(0)	3.9(0)	Co-60 1.4 Ci/ton
	Co-60	2.4(-1)	1.8(0)	2.0(0)	
A = 36 m ²	Ni-59	2.5(-3)	7.2(-3)	1.0(-2)	S:a 4.7 Ci/ton
M = 1.4 ton	-63	3.5(-1)	1.1(-1)	4.6(-1)	
M _i = 1.4 ton	Fiss prod	-	2 (-1)	2 (-1)	<u>40 cm betong</u>
				<u>6.6(0)</u>	
<u>Lockkylkrets</u>	Fe-55		3.1(0)	3.1(0)	Co-60 1.6 Ci/ton
	Co-60		3.1(0)	3.1(0)	
A = 62 m ²	Ni-59		1.2(-2)	1.2(-2)	S:a 3.4 Ci/ton
M = 2 ton	-63		1.9(-1)	1.9(-1)	
M _i = 0	Fiss prod		3 (-1)	3 (-1)	<u>40 cm betong</u>
				<u>6.7(0)</u>	

1)

Mängden crud på drivdon och i drivdonshus har satts till 1/10 av i tabell 2 angivet värde då dessa komponenter genomspolas av renat reaktorvatten under drift.

Tabell 3:4

		<u>Ind (Ci)</u>	<u>Crud (Ci)</u>	<u>S:a (Ci)</u>	
<u>Reaktortank</u> ²⁾ (Cladding + svart mtrl)	Fe-55	1.3(3)	1.8(1)	1.3(3)	Co-60 3.2(-1) Ci/ton
	Co-60	1.1(2)	1.8(1)	1.3(2)	
	Ni-59	2.5(-1)	7.0(-2)	3.2(-1)	S:a 3.6 Ci/ton
	-63	3.5(1)	1.1(0)	3.6(1)	
A = 350 m ²	Fiss prod	-	2 (0)	2 (0)	<u>35 cm betong</u>
M = 410 ton					
M _i = 70 ton				<u>1.5(3)</u>	
<u>Reaktortanklock</u> (Cladding + svart mtrl)	Fe-55		2.2(0)	2.2(0)	Co-60 2(-2) Ci/ton
	Co-60		2.2(0)	2.2(0)	
	Ni-59		8.6(-3)	8.6(-3)	S:a 4(-2) Ci/ton
	-63		1.3(-1)	1.3(-1)	
A = 43 m ²	Fiss prod		2 (-1)	2 (-1)	<u>35 cm betong</u>
M = 120 ton					
M _i = 0				<u>4.7(0)</u>	

2) Tillkommer i reaktortanken ett bidrag från Mn-54 (T_{1/2} = 313 d) på ca 420 Ci. På grund av den relativt korta halveringstiden försvinner detta bidrag rätt fort.

ASEA-ATOM

3

**Neutroninducerad aktivitet
i biologiska skärmen**

Neutroninducerad aktivitet i betongen och armeringen i biologiska skärmen har beräknats med datorprogrammet AKTGAMMA, referens 1. Beräkningsmetodiken är densamma som för beräkningen av aktivitet i interna delar, se avsnitt 2.

Förutsatt materialsammansättning för armeringsjärnen framgår av tabell 4. Normalt görs ingen analys av materialsammansättningen för armeringsjärn, varför viss osäkerhet föreligger (speciellt för ämnen med liten förekomst).

För att erhålla en rimlig uppskattning av materialsammansättningen i betongen har 3 representativa prover uttagits från biologiska skärmarna i Barsebäck, Forsmark resp Olkiluoto. Dessa har analyserats på ASEA:s laboratorium med avseende på ett stort antal ämnen. Med hjälp av resultaten har medelvärden framtagits, vilka redovisas i tabell 5.

Tabell 4 - Materialsammansättning armering

C	0.15 w/o	Cu	0.1 w/o
Si	0.25	Co	0.02
Mn	0.7	N	0.01
P	0.08	Sn	0.01
S	0.06	V	0.01
Ni	0.1	Cr	0.1
Mo	0.1	Fe	Balans

Tabell 5 - Materialsammansättning betong

H	0.77 w/o	Fe	2.4 w/o
O	49	Li	0.005
Na	1.6	Cu	0.002
Mg	0.9	Co	0.002
Al	6	Ba	0.06
Si	30	Sr	0.05
P	0.07	Ti	0.25
S	0.2	Cl	0.001
K	2	F	0.05
Ca	9	Ni	0.003
Mn	0.04	Zn	0.006

I fig 1 visas den del av biologiska skärmen som enligt förutsättningarna i avsnitt 1 innehåller neutroninducerad aktivitet (>2 mCi/ton). Det streckade området omfattar ca 500 ton betong samt 33 ton armering. Övriga delar av biologiska skärmen kan betraktas som inaktiva i den mån kontaminering ej föreligger.

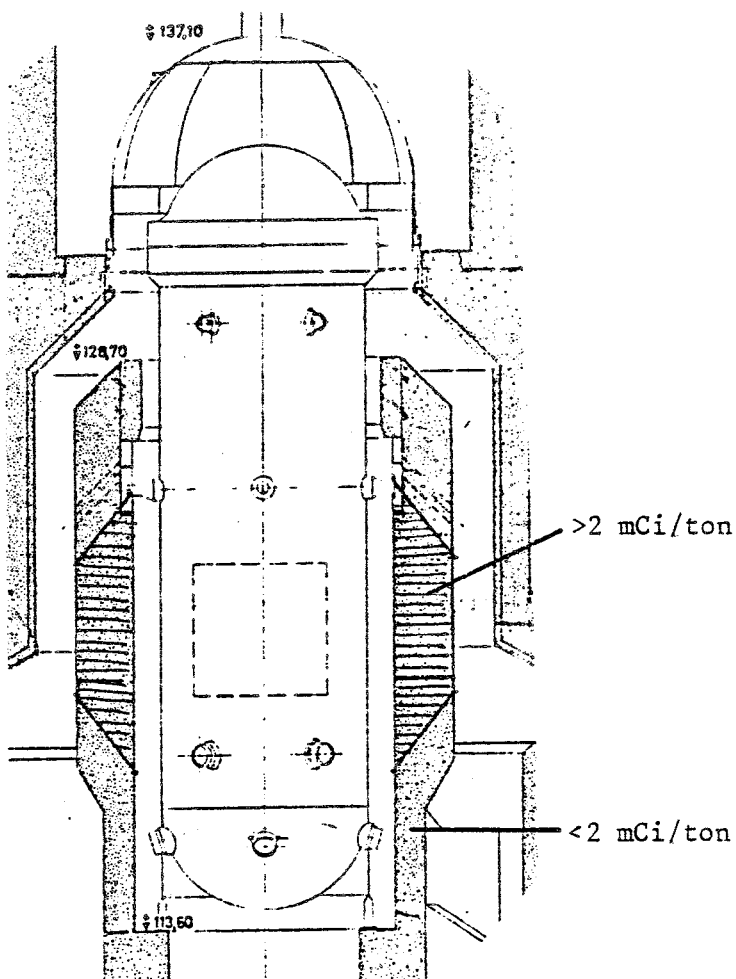


Fig 1 Delar av biologiska skärmen innehållande neutroninducerad aktivitet

I tabell 6 finns sammanställt aktivitetsbidrag från olika nuklider i biologiska skärmen. Dominerande nuklid aktivitetsmässigt är H-3 ($T_{1/2} = 12.3 \text{ y}$), som erhålles genom reaktionen Li-6 (n, α) H-3. Tvärsnittet för reaktionen är mycket stort (950 barn) vilket förklarar den stora H-3 produktionen trots relativt liten förekomst av Li. Övriga nuklider av betydelse är Fe-55 ($T_{1/2} = 2.7 \text{ y}$), Co-60 ($T_{1/2} = 5.26 \text{ y}$) samt Ca-45 ($T_{1/2} = 162.7 \text{ d}$). Dominerande gammastrålningskälla är Co-60. Vid långa avklingningstider dominerar nukliderna Ca-41 ($T_{1/2} = 80\ 000 \text{ y}$), Ni-63 ($T_{1/2} = 92 \text{ y}$) samt C-14 ($T_{1/2} = 5730 \text{ y}$).

01. 4262 7/9-90 1000000 OFFSET-PUNKTEN AB

ASEA-ATOM

Tabell 6 - Neutroninducerad aktivitet i biologiska skärmen, avklingningstid 1 år - Ca 500 ton betong samt 33 ton armering

<u>Nuklid</u>	<u>T_{1/2}</u>	<u>Aktivitet (Ci)</u>
H-3	12.3 y	4.1(2)
C-14	5730 y	1.6(-2)
Ca-41	80000 y	3.2(-1)
-45	162.7 d	1.3(1)
Mn-54	313 d	1.8(0)
Fe-55	2.7 y	2.0(2)
Co-60	5.26 y	2.1(1)
Ni-63	92 y	2.4(-1)
S:a		6.4(2)

Strålningsnivån på insidan av biologiska skärmen uppskattas till <100 mrem/h. Av ovan 530 ton betong + armering behöver ca 30 % transporteras i skärmad transportbehållare medan resterande kan transporteras i oskärmad transportbehållare. Alternativt kan enbart oskärmade transportbehållare användas om utspädning av det mest aktiva betongskrotet sker med mindre aktiv betong (så att ≈0.01 Ci/ton Co-60 erhålles, se avsnitt 6).

Den mycket måttliga strålningsnivån bör medföra att rivningsarbetet kan utföras utan speciella strålskrav. Risken för luftburen aktivitet är dock stor, varför åtgärder måste vidtagas för att förhindra spridning av damm och aktiva gaser.

4

Aktivitet i stationens service- och processystem

För att uppskatta aktivitetsnivån i reaktorstationens olika processystem har erfarenheter från tidigare omnämnda MADAC-mätningar samt från dosratsmätningar använts. Erfarenhetsmässigt härrör merparten av kontamineringen i processystem från radioaktiva korrosionsprodukter (s k crud).

Mest kontaminerade system utgörs av de som innehållit orenat reaktorvatten. Utgångsvärde för och sammansättningen av cruden framgår av tabell 2 i avsnitt 2. Resultaterande aktivitetskoncentration i skrotet understiger 1 Ci/ton Co-60, varför den skärmade transportbehållaren (t = 35 cm betong) ger tillräckligt strålskydd, se avsnitt 6. Strålningsnivån på skrotet är mindre än 1 rem/h.

För att kunna borttransportera skrotet i en icke skärmad transportbehållare bör ytkontamineringen vara ca en faktor 50 lägre än ovan, vilket innebär en strålningsnivå understigande ca 20 mrem/h. Som tidigare framgått i avsnitt 1 skall ytkontamineringen understiga 10^{-3} mCi/m² för $\beta + \gamma$ och en faktor 10 lägre för α -strålare för att skrotet skall kunna betraktas som inaktivt.

Mer sofistikerad system-dekontaminering beräknas inte ske. Enklare dekontaminering typ tvättning med högtrycks-spruta beräknas ske i viss omfattning. En stor del av turbinsystemen (kondensator, kondensat- och matarvattensystemen) förutsätts således kunna fås inaktiva. Många utav reaktorns kalla processystem (ex 322, 323, 324 eller 352) bör kunna rengöras, vilket dock inte har förutsatts.

I ett fåtal system förväntas fissionsprodukter utgöra den dominerande aktiviteten. Detta gäller speciellt vissa gasbehandlingssystem. Fördröjningstanken i system 341 innehåller ca 965 m³ sand vari radioaktiva ädelgasdöttrar förväntas ansamlas. En uppskattning av aktivitetsinventariet i sanden förutsatt 40 års drift med 0.1 x DBS (kapacitetsfaktor ca 0.8) samt 1 års avklingning har gjorts. Resultaterande aktivitetsinventarier framgår av tabell 7. Nukliderna Sr-90 och Cs-137 dominerar. Aktivitetskoncentrationen i sanden är låg så att sanden kan borttransporteras i en icke skärmad transportbehållare (efter förpackning i exempelvis 200-l plåtfat). Då större delen av aktiviteten ligger i botten av sandtanken bör dessutom sanden i övre delen av sandtanken kunna klassas som inaktiv.

ASEA-ATOM

Tabell 7 - Aktivitetsinventarium i sanden från fördröjnings-
tanken för aktiva avgaser (totalt 965 m³ sand)

<u>Nuklid</u>	<u>T_{1/2}</u>	<u>Aktivitet (Ci)</u>
Rb-87	5·10 ¹⁰ y	1.0(-8)
Sr-90	28.9 y	4.6
Cs-135	2.3·10 ⁶ y	1.0(-3)
Cs-137	30.2 y	8.4
S:a		1.3(1)

I tabell 8 finns en sammanställning över aktiva delar i stationens service- och processystem. Systemindelningen hänför sig till den i Oskarshamn 2. Tabellen har konstruerats så att varje system har genomgått och på systemscheman har utmärkts vilka delar av systemet som måste transporteras i en skärmd resp icke skärmd transportbehållare. Indelningen i olika transportklasser har gjorts utgående från uppskattade kontaminationsgrader samt resultaten i avsnitt 6. Vid en senare genomgång av olika delars vikt i systemen har en grov skattning av procentuell andel av systemets totalvikt som hör till resp transportklass gjorts. Förutom ovan beskrivna procenttal anges för några system vilken/vilka delar av systemet som hör till resp transportklass. Procent av samt hela system som ej omfattas av tabell 8 förutsätts kunna betraktas som inaktiva (efter viss rengöring).

Tabell 8 - Aktiva delar i stationens service- och processystem

System	Icke skärmed transportbehållare	w/o	Skärmed transportbehållare	w/o
243 - Förvaringsbassäng för bestrå- lade bränslepatroner och styrtavar	Bassängplåt	100		
244 - Upplagsutrymme för interna delar	Bassängplåt	100		
245 - Tätning mellan tank och reak- torinneslutning	Bassängplåt	100		
253 - Utrustning för byte av bränsleboxar		100		
311 - Huvudångledning		75		
312 - Matarvattensystem			Systemdelar i PS	25
313 - Cirkulationssystem				90
314 - Avblåsningssystem		85		
316 - Kondensationssystem	Bassängplåt	100		
321 - Kylsystem för avställd reaktor				90
322 - Kylsystem för reaktorinne- slutningen		90		
323 - Sprinklersystem för reak- torhärden	Systemdelar utanför PS samt i PS-sekundärutrymmet	70	Systemdelar i PS-primärutrymmet	20
324 - Kyl- och reningssystem för bränsleförvaringsutrymme	Systemdelar efter filter	20	Systemdelar före filter samt filter	60
326 - Sprinklersystem för reaktor- tankens lock				80

Tabell 8:2

System	Icke skärmad transportbehållare	w/o	Skärmad transportbehållare	w/o
331 - Reningssystem för reaktorvatten	Systemdelar efter jonbytare Backspolningssystem magnetitfilter	25	Systemdelar före jonbytare samt jonbytare	55
332 - Kondensatreningsystem	Filterkärl samt backspolningsut- rustning	75		
341 - System för radioaktiva av- loppsgaser	Systemdelar före sandtanken ¹⁾ samt filterenheter	70		
342 - Avloppssystem för aktiva vätskor	Rör/komponenter före filter/jon- bytare/indunstare	50	Filter/jonbytare/indunstare	40
343 - Utrustning för behandling av fast aktivt avfall		80		
344 - Rengöringsutrustning		70		
345 - Golvavlopp i kontrollerade utrymmen		10		
351 - Borinsprutningssystem			Systemdelar i PS	15
352 - Dränagesystem för reaktor- delen				85
353 - Läckageövervakningssystem			Kylare	60
354 - Hydrauliskt system för drivdon	Reaktorvattenberörda delar	70		
411 - Skovelsystem	Främst HT-turbinskovlar- och ledskenor	30		
412 - Mellanöverhettare och fukt- avskiljare		60		
413 - Turbinhus etc	Främst HT-turbinen	40		

1) Omfattar ej sanden i sand-
tanken, se tabell 7

Tabell 8:3

System	Icke skärmad transportbehållare w/o	Skärmad transportbehållare w/o
414 - Ånginloppsdelar	70	
419 - Hjälplångsystem	10	
432 - Dumpustrustning	50	
455 - Spärrångsystem	10	
741 - Gasbehandlingssystem för reaktorinneslutningen	50	

5
Aktivitet i betongen kring bränsle-, reaktor-
 samt kondensationsbassängen

Bränsle-, reaktor- samt kondensationsbassängen är klädd med en rostfri plåtbeklädnad. Erfarenhetsmässigt är inte denna beklädnad helt tät utan aktivt vatten läcker ut till den omgivande betongen. Uppmätta värden för bränsle- och reaktorbasängerna i Oskarshamsreaktorerna varierar inom intervallet 1-10 l/h. Kondensationsbassängen kan förväntas läcka i motsvarande omfattning.

Det utläckta vattnet penetrerar betongen efter viss tid. Betongen visar sig dock ha mycket god filtrerande förmåga då provtagning på det vatten som läckt genom betongen innehåller endast försumbara mängder radioaktivitet.

En uppskattning av förväntat aktivitetsinventarium i betongen, dels utanför reaktor/bränslebassängerna, dels utanför kondensationsbassängen, har gjorts. Förutsättning har varit att bägge typerna av bassäng läcker 5 l/h och att detta läckage pågått under stationens hela livstid (= 40 år). Aktivitetshalt i reaktor/bränsle- resp kondensationsbassängvattnet har uppskattats utgående från uppmätta värden i Oskarshamn 1 och redovisas i tabell 9 (Sr-90-halten har uppskattats utgående från Cs-137-halten).

Tabell 9 - Aktivitetshalt i bassängvattnet

Reaktor/bränslebassäng

<u>Nuklid</u>	<u>T_{1/2}</u>	<u>Aktivitetshalt (mCi/ton)</u>
Co-60	5.26 y	0.02
Sr-90	28.9 y	0.1
Cs-134	2.06 y	0.15
-137	30.2 y	0.15

Kondensationsbassäng

<u>Nuklid</u>	<u>T_{1/2}</u>	<u>Aktivitetshalt (mCi/ton)</u>
Co-60	5.26 y	0.2
Sr-90	28.9 y	0.3
Cs-134	2.06 y	0.4
-137	30.2 y	0.4

Med ovan angivna förutsättningar samt antaget fullständig filtrering i betongen så har aktivitetsinventarierna i betongen efter stationens slutliga avställning beräknats. Resultaten redovisas i tabell 10.

ASEA-ATOM

Tabell 10 - Aktivitetsinventarium i betongen utanför
bassänger

Reaktor/bränslebassäng

<u>Nuklid</u>	<u>T_{1/2}</u>	<u>Aktivitet (Ci)</u>
Co-60	5.26 y	0.007
Sr-90	28.9 y	0.2
Cs-134	2.06 y	0.01
-137	30.2 y	0.2

Kondensationsbassäng

<u>Nuklid</u>	<u>T_{1/2}</u>	<u>Aktivitet (Ci)</u>
Co-60	5.26 y	0.07
Sr-90	28.9 y	0.5
Cs-134	2.06 y	0.04
-137	30.2 y	0.5

Som framgår av tabell 10 är aktiviteten i betongen relativt måttlig. Aktiviteten förutsätts vara koncentrerad till de närmaste centimetrarna utanför plåtbeklädnaden och till ett fåtal större sprickor i betongen.

000000
 73-02
 42707 10
 B1

6

Strålningsnivå utanför transportbehållare

Allt aktivt avfall skall transporteras till slutförvaring i ALMA (Anläggning för låg- och medelaktivt avfall). ALMA:s transportsystem skall därvid utnyttjas. Systemet är baserat på transportbehållare med innermått 2.5 x 3.7 x 2.7 m³ (b x l x h). Två olika typer av behållare skall användas:

- Oskärmd stålbehållare, tomvikt 10 ton.
- Skärmd betongbehållare (35 cm), tomvikt 52 ton.

Totalvikten för behållare plus last får ej överstiga 100 ton.

I ALMA-utredningen föreslås följande dosratsbegränsningar för transportbehållaren (enl IAEA fast något skärpt):

- Maximal ytdosrat 200 mrem/h.
- Maximal dosrat 1 m från behållaren 10 mrem/h.

För mycket aktiva delar, exempelvis interna delar, krävs ytterligare skärmning utöver 35 cm betong för att uppfylla ovan angivna dosratskrav. Den extra strålskärmningen tänkes åstadkommas genom en inre betongbehållare. Denna extra skärmning antas medfölja till slutförvaret.

Som framgått av tidigare avsnitt så är Co-60 den klart dominerande gammastrålningskällan i det avfall som skall borttransporteras. I det följande resonemanget betraktas därför endast Co-60 som källa.

För att utröna hur packningstätheten i transportbehållaren (ton/m³) påverkar dosraten utanför transportbehållaren har 3 olika gammatransportberäkningar gjorts med datorprogrammet CYLGAM, referens 4. Förutsatt 1 Ci Co-60/ton stål har dosraten utanför ovan angivna betongskärmade transportbehållare beräknats. Dosraten har beräknats på ytan, 1 m resp 2 m från behållaren för packningstätheterna 0.5, 1 samt 2 ton/m³ (2 ton/m³ innebär att totalvikten 100 ton uppnås). Resultaten redovisas i tabell 11.

Tabell 11 - Dosrat (mrem/h) utanför skärmd transportbehållare
sfa packningstätheten, källa 1 Ci Co-60 per ton stålskrot

	Avstånd		
	0 m	1 m	2 m
0.5 ton/m ³	21.2	12.8	8.4
1 "	21.3	13.0	8.6
2 "	21.3	13.1	8.7

Som framgår av resultaten i tabell 11 varierar dosraten obetydligt med packningstätheten. Den intressanta enheten som bestämmer vad som får läggas behållaren är halten Co-60 (Ci/ton). Med 1 Ci/ton blir dosraten ca 13 mrem/h 1 m från behållaren. Tas hänsyn till en viss konservatism i beräkningen (behållaren innehåller konstruktionsmaterial förutom betongen samt är i ett realistiskt fall ej fylld helt upp) bör dosraten kunna reduceras till ca 10 mrem/h. Halten 1 Ci/ton Co-60 är då det maximala som kan stoppas i en skärmd behållare. En förutsättning är dock att aktiviteten är relativt jämt fördelad i innehållet (d v s större delen av aktiviteten får ej vara placerad intill behållarväggen).

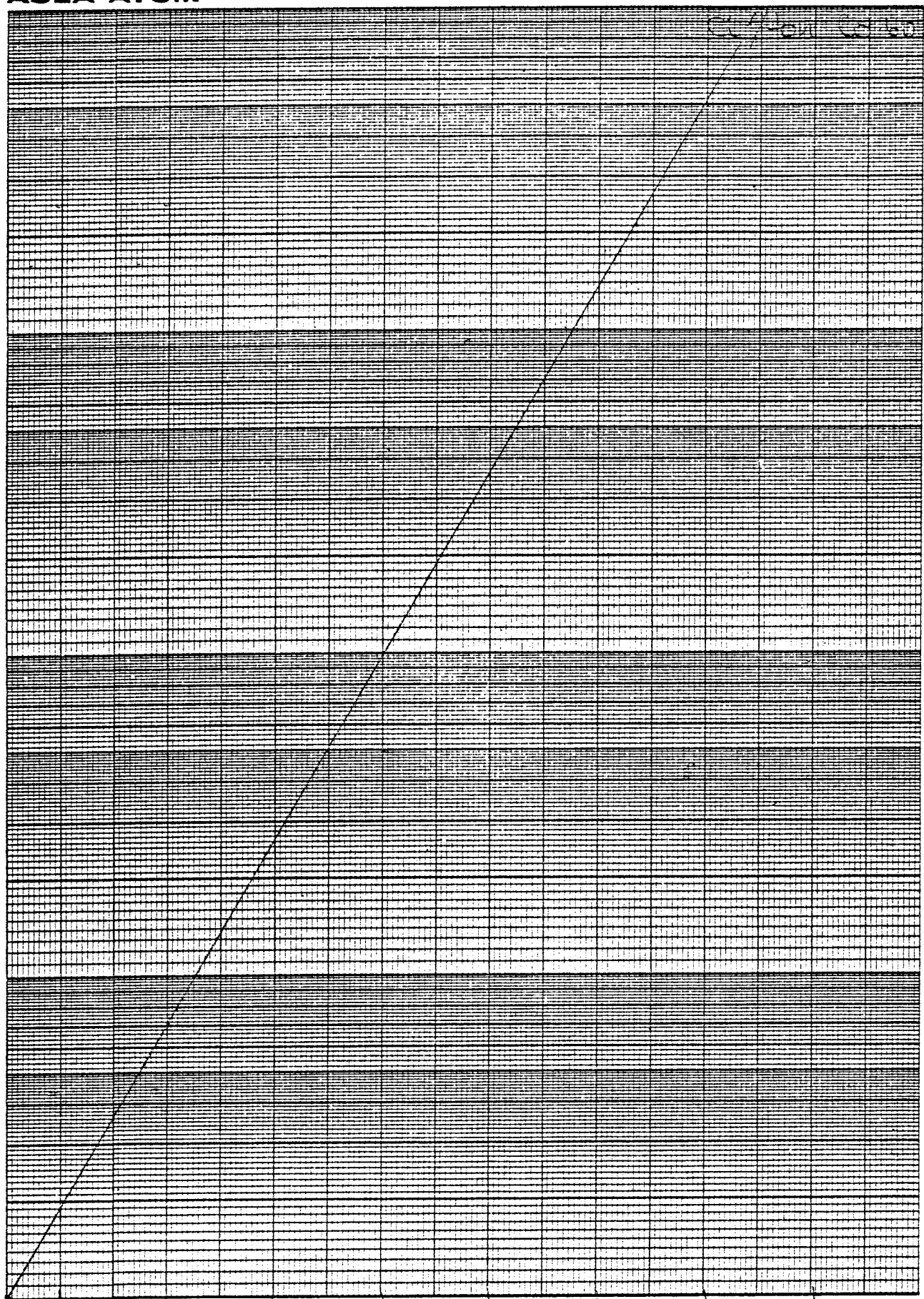
35 cm betong skärmar strålning med Co-60:s energi med ca en faktor 100. Dosraten på insidan av behållaren blir då ca 2 rem/h. För en oskärmd behållare gäller att aktivitetshalten får vara högst 0.01 Ci/ton Co-60. Dosraten på ytan och 1 m från behållaren blir då ca 20 resp 10 mrem/h.

I diagram 2 redovisas slutligen hur möjlig maximal aktivitetshalt (Ci/ton Co-60) varierar med betongskärmens tjocklek. På tjockningen av skärmen tänkes ske inne i transport-behållaren (med en inre behållare). Kurvan i diagram 2 har använts vid framtagning av de skärningsbehov som angetts i tabell 3.

max aktivitehalt (Ci/ton Co-60) af totala
betongtjockleken för utsett max 10 mrem/h
1 m utav för transporttjänsten

Diagram 2
sid 6-3

ASEA-ATOM



Betongtjocklek (cm)

Bilaga 4

1979-10-05 Rev 1979-10-19
88435-000

RIVNING AV SVENSKA KÄRNKRAFTVERK

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid</u>
1. Förutsättningar	1
.1 Allmänt	1
.2 Icke aktiva system	2
.3 Byggnader	3
2. Omfattning av VBB's andel	4
3. Metodik för nedmontering	5
.1 Inaktiva system	5
.2 Metoder för rivning av byggnadsdelar	6
.3 Aktiva byggnadsdelar	7
.4 Övriga byggnadsdelar	9
4. Tidplan	12
5. Personalbehov	13
.1 Rivning av inaktiva system	13
.2 Rivning av byggnader	13
6. Kostnadsuppskattning	14
.1 Inaktiva system	14
.2 Aktiva byggnadsdelar	15
.3 Övriga byggnadsdelar	16
.4 Kostnadssammanställning	17
7. Barsebäck 1 i jämförelse med Oskarshamn II	18

Bilaga 1 - 9

ASEA-ATOM och VBB har av KBS fått i uppdrag att tillsammans undersöka lämpligt tillvägagångssätt vid en framtida rivning av svenska kärnkraftverk samt uppskatta tidsåtgång och kostnader härför.

1. Förutsättningar

1.1 Allmänt

Som referensanläggning tjänar en ASEA-ATOM's BWR på 590 MW, i första hand Oskarshamnverket II, men de skillnader som representeras av Barsebäcksverket 1 skall också studeras. Resultaten skall kunna appliceras även på andra anläggningar där så är möjligt.

Anläggningen skall helt nedmonteras så att platsen kan användas för annat ändamål.

Verket har varit i drift under 40 år med en belastningsfaktor på 0,8. Rivningsarbeten startar ett år efter avställning, varvid använt bränsle och normalt utbytbar aktiv utrustning har borttransporterats.

Anläggningen antas ha fungerat normalt under hela drifttiden utan något haveri med större aktivitetsutsläpp. Visst driftläckage har dock antagits, se nedan.

Erfarenheten hos verkets drifts- och underhållspersonal skall utnyttjas för planeringsarbete samt även för arbetsledning vid demontage av utrustning, speciellt under tidigare skeden.

Studien förutsätter att rivningen skall utföras med en känd teknik, även om bättre metoder säkert kommer att finnas när rivningen blir aktuell. Vid val av arbetsmetoder skall hänsyn tas såväl till skydd för personalen som till skydd mot utsläpp till omgivningen.

Kontrollfunktioner skall i tillämpliga delar motsvara de som används vid kärnkraftbygge.

Vid beräkning av aktivitetsinventarium skall även utförda utländska (främst amerikanska) utredningar beaktas. Enklare dekontaminering skall utföras, såsom tvättning med högtrycksspruta eller borttagning av mindre betongytor.

Som rena betraktas ytor med kontamination understigande

10^{-4} $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ för β - och γ -strålning och

10^{-5} $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ för α -strålning.

Som aktivt avfall betraktas sådant med ytkontamination överstigande dessa värden och sådant med inducerad eller absorberad aktivitet överstigande 0,002 $\mu\text{Ci/g}$.

Radioaktivt avfall skall transporteras till en central avfallsanläggning, Programrådets ALMA. Transportförpackningarna skall vara i överensstämmelse härmed med innermått 2,5 x 3,7 x 2,7 m.

Behållarna kan vara av två typer, en oskärmad av stål med tomvikt 10 ton eller en skärmad av betong med tomvikt 52 ton. Totalvikten får ej överstiga 100 ton. I den oskärmade behållaren kan material med ytdoserater upp till 30 mrem/h transporteras och i den skärmade material med upp till 1 rem/h. Dessa värden är beräknade så att IAEA's transportbestämmelser blir uppfyllda.

Möjligheter till återanvändning av komponenter och material skall normalt ej krediteras projektet.

Vid tidpunkten för rivningsarbetet finns inga kraftverksenheter i drift kvar på platsen, varför rivningen kan ske utan några sådana hänsyn.

Kostnadsberäkningen skall motsvara kostnadsläget vid mitten av 1979.

1.2 ___ Icke aktiva system

Generellt gäller för inaktiva eller rengjorda komponenter, som monteras ner att de placeras på upplag utanför kraftstationen. varifrån borttransport sedan betalas av skrotvärdet.

Processutrustning och dylikt:

Rör, ventiler, upphängningsanordningar, pumphar, utrustning i pumpgröpar, regler- och smörjsystem för turbin, kylsystem, kontrollutrustning samt alla därmed sammanhängande eller likartade komponenter nedmonteras i lämpliga bitar och uttransporteras ur byggnaden.

Mindre delar kan få gå med byggmassorna ned i grunden eller till tipp. Detsamma förutsätts gälla installerad VVS-utrustning.

Elutrustning:

Alla lågspännings- och svagströmskablar m m lämnas på plats. Antingen betalar skrotvärdet nedmontering och borttransport av dem, eller också får de gå tillsammans med byggavfallet.

För avveckling av all övrig elutrustning inklusive generator och transformatorer redogörs i ASEA-ATOM's del av studien.

Övrig utrustning:

Sedan de ej längre behövs nedmonteras traverser och hissar samt uttransporteras.

Brandskyddsutrustningen kan avvecklas utan kostnad. Detsamma gäller verkstads- och laboratorieutrustning, kommunikationsutrustning och dylikt.

1.3 Byggnader

All rivning skall ske med i dag känd och beprövad teknik. Bättre och billigare metoder torde dock finnas den dag rivningen blir aktuell.

Aktiva partier skall förpackas för transport till ALMA, se ovan. Kostnader för transport och slutförvar skall dock ej medtagas i denna del av utredningen.

Enligt uppskattning gjord tillsammans med beställaren och ASEA-ATOM skall följande byggnadsdelar anses vara aktivt förorenade och ej rimliga att rengöra:

- 1) Betongcylindern närmast kring reaktortanken till ett djup av drygt 1,0 m på en höjd av ca 7,0 m.
- 2) I bränsle-, förvarings- och kondensationsbassängerna till ett djup av 5 cm i betongen innanför rostfria plåten över hela ytorna. Dessutom har i samband med sprickor i betongen ytterligare totalt 5 m³ betong förorenats.
- 3) I pumpgropar för aktivt avlopp har betongen förorenats till ett djup av 10 cm. Sprickor i konstruktionen ger dessutom 1 m³ förorenad betong.
- 4) I utrymmen tillhörande kategori C₁ och C₂ är golven förorenade till ett djup av 1 - 2 cm på 10 % respektive 1 % av totala ytan. Kategoribeteckningarna är enligt ASEA-ATOM och betyder: C₁ processutrymmen med varmt ofiltrerat reaktorvatten och C₂ övriga processutrymmen där risk för luftburen aktivitet föreligger.
- 5) Under rivningsarbetets gång har ett visst parti av gårdsplanen förorenats av spill, vilket ger ca 10 m³ avfall.

Alla byggnadstekniska stålkonstruktioner inom aktiva områden, såsom gallerdurksbjälklag, balkar och dylikt kan rengöras från aktivitet.

Icke aktiva byggnadsdelar rivs på lämpligaste och mest ekonomiska sätt. Betongkonstruktioner djupare än 1 m under markytan kan lämnas kvar, om de ej hindrar återfyllningen av grunden. De översta 30 cm skall fyllas med naturmaterial samt matjord på ytan.

Alla byggnadsverk på platsen skall tas bort med undantag för gasturbinanläggning, utgående kraftledningar, hamn och skyddsrum.

2. Omfattning av VBB's andel

VBB's andel omfattar två huvudtyper av arbeten, dels icke aktiva system (med undantag för el-sidan) och dels byggnader och markarbeten.

Till de icke aktiva systemen räknas även sådana, som efter rengöring blivit inaktiva. De studerade systemen och deras viktigaste komponenter är redovisade under 3.1 nedan.

VBB redogör för rivning av såväl aktiva som inaktiva byggnader. De delar, som skall betraktas som aktiva, redovisas i kap. 1.3 ovan. Dessutom bedöms det arbete som erfordras med grunder och mark kring stationen för att göra området fritt användbart för annat ändamål.

För att få synpunkter på lämpliga rivningsmetoder och sammanhängande kostnader har ett par stora entreprenadföretag samt några specialfirmor konsulterats, se särskild referenslista.

3. Metodik för nedmontering

3.1 Inaktiva system

När det gäller normala, ej kontaminerade rör och ventiler samt kablar för lågspänning och svagström förutsättes att dessa antingen nedmonteras och bortförs av en skrotuppköpare eller att de följer med rivningsmassorna. Vilket alternativ det än blir sker det kostnadsfritt. För jämförelsens skull har kostnaderna beräknats för nedmontering av elutrustning innefattande elskåp, kablar, kabelstegar och -rännor, transformatorer, dieslar, batterier, skenstråk och omformare till 1,0 å 1,5 Mkr.

Huvudprincipen för övrig utrustning är den att komponenterna delas upp, antingen vid montageförband eller genom gasskärning, i bitar som är lagom stora för befintliga lyftanordningar och transportvägar, varefter bitarna läggs på upplag på gården utanför byggnaden. Någon kostnad för borttransport därifrån är ej medräknad.

För pos. 2 - 7 nedan gäller att utrustningen måste göras ren före nedmonteringen, så att den är helt inaktiv. Kostnad härför redovisas av ASEA-ATOM. Vissa delar kan dock vara svåra att göra rent, varför dessa får behandlas som aktivt material.

För kostnadsuppskattningen har nedmontering av följande system närmare studerats:

- 1) Serviceplattformar för reaktor
- 2) Lågtrycksturbin
- 3) Kondensor
- 4) Förvärmare
- 5) Matarvattensystem
- 6) Kondensatreningsanläggning
- 7) Kondensatpumpar
- 8) Rensverk
- 9) Kylsystem
- 10) Vattenverk och Totalavsaltningssystem
- 11) Fläktar
- 12) Kompressor-anläggning

- 13) Traverser
- 14) Hissar
- 15) Brandskydd

Demontaget görs i största möjliga utsträckning genom delning i befintliga förband. Där så krävs skärs bitarna sönder med gasskärning eller annan lämplig metod. För tunga lyft utnyttjas befintliga traverser.

3.2 Metoder för rivning av byggnader

Här beskrives kortfattat några olika metoder, som kan komma till användning vid rivning av tunga betongkonstruktioner.

- 1) Hålborrning och spräckning med hydrauler. Detta kan ske antingen med stora kärnborrade hål och kraftig hydraulutrustning eller med små hål och små rörformade hydrauler. Exempel på den första metoden är "Hydrocrack", se broschyren, Bilaga 7, för vilka 160 mm hål erfordras. Den andra metoden representeras av Atlas Copcos "Darda" och 45 mm hål. Här har räknats med den förstnämnda metoden, då den med sin betydligt större rörelse ger grövre sprickor, vilket är värdefullt i armerade konstruktioner.
- 2) Sömborrning med grova hål. Metoden framgår av broschyren, Bilaga 8, och består av slits gjord med tätt placerade diamanthörade hål av omkring 150 mm diameter.
- 3) Termisk lans. Denna består av ett rör innehållande speciallegerade metalltrådar, som i gas förbrinner vid så hög temperatur att lågan smälter både betong och stål. Lansen gör ett ca 50 mm stort hål i en meter betong på omkring 5 min, och delning av betong går till så att man gör hål vid hål. Teoretiskt går metoden bättre ju mera betongen är armerad. Se i övrigt Bilaga 9.
- 4) Sågning med diamanthörade klingor. Metoden är lämplig vid ett sågdjup av upp till 30 - 40 cm, även om det under vissa betingelser kan göras betydligt djupare snitt.
- 5) Borttagning av ytskikt med bilning. Aktuellt endast vid aktivt förorenad yta, varför allt damm m m måste tas om hand. Tunna skikt (ett par cm) borttas med tryckluftdriven bilmaskin och påmonterad dammsugare. Det kan dock vara lämpligt att byta tryckluftmaskinen mot en hydraulisk, varvid

dammbildningen blir mindre. Om ytskiktet som skall tas bort är tjockare, t ex om det sträcker sig innanför armeringen, bör arbetet underlättas genom uppsågning i rutor till aktuellt djup före bilningen.

- 6) Borttagning av ytskikt utan bilning. I t ex kondensationsbassängen, där betongytan måste tas bort och tätplåten finns 20 cm innanför ytan, kan det vara enklare att ta bort all betong till plåten. Man sågar därvid in till plåten samt borrar hål för hydrauler, med vars hjälp betongen skjuvas loss.

Ett annat sätt att spjälka av en betongyta med liten dammbildning är att borra små hål på omkring 20 - 25 cm avstånd, i vilka expandrar sätts in. Dessa har en egg runt om på lämpligt djup som spjälkar loss betongen kring hålet när de tvingas expandera med hjälp av en hydraul.

Ett intressant sätt att åstadkomma en ytavflagning vore att värma ytan och därefter avkyla den, varvid betongen i ytan bör lossna, i allmänhet in till armeringen. Då det inte finns erfarenhet av en sådan metod, ännu mindre kostnadsuppgifter, har hänsyn härtill ej tagits.

- 7) Sprängning. Utföres endast för inaktiva konstruktioner. Med skickligt utförd sprängning kan mycket goda resultat erhållas.
- 8) Slitssprängning. Sker med två parallella hålradder, c/c omkring 20 cm i zig-zag. Vid normalt armerade konstruktioner och rimliga vägg tjocklekar kan man "blåsa bort" betongen mellan hålen och så öppna en slits i betongkonstruktionen. Efter avskärning av armeringen kan sedan betongen lyftas bort blockvis.

3.3 Aktiva byggnadsdelar

Sedan med något speciellt undantag all utrustning borttagits, såväl aktiv som icke aktiv, påbörjas rivning av aktivt förorenade byggnadskonstruktioner i reaktor-, turbin- och avfallsbyggnaderna.

Så länge rivningsarbetet med aktiva byggnadsdelar pågår måste respektive byggnads täthet utåt vidmakthållas. Ventilationssystem och filter skall fungera och kompletteras med ökad kapacitet där så erfordras.

Som nämnts under kapitel "Förutsättningar" skall aktiva byggnadsdelar efter rivningen förpackas i standardiserade behållare för transport till avfallsanläggningen ALMA. Vid nedmontering och övrig hantering måste speciella hänsyn tas till att aktivt förorenat damm eller gaser ej släpps ut till omgivningen. Dammrisken medför att arbetet måste utföras med andningsskydd eller dylikt.

Reaktorbyggnaden är den tidsmässigt helt bestämmande byggnaden. Dels innehåller den de ur nedmonteringssynpunkt svåraste systemen, varför rivningsstart för byggnaden blir sen, dels har den avsevärt större partier aktivt förorenat byggmaterial än andra byggnader. Av denna orsak behandlas här endast reaktorbyggnaden mera i detalj.

Det största och mest förorenade partiet är det biologiska skyddet (s k strumpan) närmast runt reaktortanken. (Visas som pkt 1 i Bilaga 1.) Detta är emellertid ej så aktivt att spec. strålskärning krävs vid arbetet med rivningen. Då damningsrisk föreligger måste dock arbetet utföras med friskluftmask. I största möjliga utsträckning bör man arbeta från utsidan, där betongen är i princip inaktiv. Betongen, som här ej är speciellt hårt armerad, sönderdelas i stora block genom i första hand hålbörning och spräckning med hydrauler i hålen. Alternativa metoder, dock något dyrare, är skärning med termisk lans eller sömbörning medelst kärnborrhål. Den översta delen, som icke är förorenad, nedskärs och borttas i så stora bitar (kanske 60 ton) som utrymme och lyftanordningar tillåter. De aktiva partierna, mellan nivåerna ca 118,0 och 125,5, uppdelas i 18 st block med ett format anpassat till transportbehållarna och en vikt på omkring 32 ton samt kilformade partier nedtill.

Nedtagning av plåten i bränslebassängerna beskrivs av ASEA-ATOM. Efter borttagningen bortbilas förorenad betong innanför plåten samt i samband med sprickor i bottens eller sidoväggarnas betong. (Pkt 2.) För att underlätta bilningsarbetet utföres lämplig slitsning med sågklingor. Allt damm från dessa arbeten måste omhändertas, lämpligen förses maskinerna med dammsugare.

Sedan den rostfria plåten i wet well avlägsnats, borttas på liknande sätt bakomvarande förorenad betong. (Pkt 3.) På den cylindriska väggen räknas med att hela 20 cm betongskiktet innanför tätplåten i allmänhet behöver borttas. Detta sker genom att kärnborrhål görs c/c omkring 1,0 m och vertikala slitsar sågas genom hålen. Med domkrafter spjälkas sedan betongen loss från plåten. Materialet hissas upp genom hål, som tagits i det ringformade bjälklaget på +106,0.

Samtidigt med ovannämnda arbeten rensas i reaktorbyggnaden sådana betongytor som blivit förorenade, främst golv, från ytskiktet av betong. I första hand utgås ifrån att detta 1 å 2 cm tjocka skikt bilas bort med pneumatisk eller hydraulisk maskin, varvid avfallet tas om hand. Andra metoder, som ger mindre nedsmutsning, bör undersökas, t ex att spjälka bort ytskiktet med expander eller genom uppvärmning och avkylning.

I pumpgropar för aktivt vatten skall 10 cm av betongytan tas bort. Betong och armering sågas upp i rutor, ca 40 cm stora, vilka spjälkas bort. Oftast torde det vara praktiskt att ta med hela betongtjockleken in till berget.

På liknande sätt borttas ytskikt av förorenad betong i turbin- och avfallsbyggnaderna.

All aktivt förorenad betong (losstagen enligt ovan) uppsamlas och transporteras för förpackning i transportbehållare. Detta arbete utförs på 106-planet strax bredvid lyftschaktet. Varje behållare rymmer en mängd löst packat betongavfall som motsvarar 14 - 18 m³ fast betong. Totalt behövs 30 st transportbehållare för att ta hand om all förorenad betong.

3.4 Övriga byggnadsdelar

Rivningen av helt inaktiva byggnader sker på det sätt, som man finner enklast och samtidigt billigast. Takkonstruktionen kan i allmänhet lyftas bort i bitar med mobilkran. Betongstommen sprängs till hyggligt styckefall och efter en lämplig plan, så att massorna faller ned i "källaren". Där mellanbjälklag finns under jord måste även dessa sprängas, så att grunden kan fyllas väl.

Sedan alla förorenade byggnadskonstruktioner borttagits eller dekontaminerats kan även reaktor-, turbin- och avfallsbyggnaderna rivras på konventionellt sätt. Ej heller behöver längre byggnadernas täthet vidmakthållas. Ventilationssystem och filter är det första, som monteraras ned.

I reaktorinneslutningen börjar rivningsarbetet med valven på +98,5 och +106,0. (Pkt 4.) De nedtas genom borrar och spräckning samt efterföljande försiktig sprängning. Massorna får rasa ned i botten. Därefter sprängs de åtta pelarna under centraldelen (pkt 5) och de återstående delarna av denna faller ned. Uppstående delar och speciellt den hårt armerade HC-väggen kan behöva kompletterande sprängning och skärning av järn för att få hela konstruktionen under +105 samt en god packningsgrad.

Samtidigt med dessa arbeten påbörjas nedtagning av väggar och bottnar i bränslebassängerna (pkt 6) som är kraftigt armerade. Detta tillgår så att slitsar sprängs genom väggarna så att betongblock på ca 30 ton bildas. Efter avskärning av armeringen lyftes blocken med traversen samt transporteras till turbinbyggnaden för placering i de djupa delarna. En alternativ metod, som är något dyrare men som stör övriga arbeten mindre, är att dela upp väggarna i block genom borrning och spräckning.

Så snart ske kan påbörjas nedtagning av sådana bjälklag i reaktorbyggnaden, som inte behövs som arbetsplattform eller för stabiliteten. (Pkt 7.) Detta sker dels genom borrning och spräckning, dels genom sprängning. Sådana innerväggar sprängs, som ej är nödvändiga för ytterväggarnas stabilitet. Parallellt med detta arbete nedmonteras huvudtraversen och yttertaket. (Pkt 8.)

Vid denna tidpunkt har alla övriga byggnader utom avfallsbyggnaden jämnats med marken, se nedan. Huvudventilationsskorstenen (pkt 9) sprängs och får falla över resterna av turbinbyggnaden. Reaktorbyggnadens ytterväggar ned till +126 och däröver kvarvarande bjälklag sprängs sedan så att massorna i huvudsak faller ner innanför och omedelbart utanför byggnaden. (Pkt 10.)

Reaktorinneslutningens ytterväggar sprängs sedan uppifrån i ca 4 m höga skift. (Pkt 11.) Dessa väggar, som är hårt armerade med både vanlig armering och spännkablar samt innehåller en 5 mm tätplåt, torde vara de svåraste ur rivningssynpunkt. Själva sprängningen kan gå till på flera sätt, t ex genom slitssprängning till ej alltför stora block eller genom att borra vertikalt omedelbart utanför tätplåten, varvid denna och den tunnare inre betongen faller ned i gropen, samt slutligen sönderskjutning av den yttre cylindern medelst centralt placerade vertikala laddningar. Parallellt därmed och stegvis sprängs kringliggande delar av reaktorbyggnaden inifrån och utåt. (Pkt 12.) Allt detta utförs ned till +105, varvid på slutet vissa massor får transporteras till andra delar av kraftstationen, där grunderna ej helt fyllts upp. Med en viss mindre överhöjning av fyllnadsmassorna behöver inga rivningsmassor köras till tipp utanför området.

Övriga byggnader rivs huvudsakligen genom sprängning av betongkonstruktionerna och i princip på likartat sätt som beskrivits ovan. I turbinbyggnaden måste först vissa förorenade golvytor bortbilas. För vissa massiva betongdelar, framför allt fundamentet för huvudmaskineriet i turbinbyggnaden, bortsprängs pelarna sedan eventuella underliggande grova väggar bortrensats, varvid hela konstruktionen faller ned under markytan.

Generellt gäller för alla sprängningsarbeten att de måste utföras med största omsorg och i samarbete med speciell expertis. En i byggnadens funktion väl erfaren konstruktör måste hela tiden följa arbetet.

Efter varje större sprängning skall resultatet inspekteras, hindrande armering och andra ståldelar avskäras och eventuell eftersprängning utföras. Arbetet måste sikta till att massorna är stabila efter sprängningen och att hålrummen under den framtida markytan utfylls i största möjliga utsträckning.

Andra byggnader inom stationsområdet, såsom vattenverk och tankar, förråd, verkstad och garage, rivs på enklaste sätt. Vid vattenintaget nedmonteras galler och sprängs betongkonstruktionen till 2 m under vattenytan. Samtliga mynnningar vid bergtunnlarna för till- och frånvatten fylls igen med rivningsmassor.

Efter avslutad rivning skall stationsområdet avjämnas och täckas med ett lager naturmaterial. Absolut planhet bör ej eftersträvas, utan vissa delar kan stå upp som mjuka kullar. Så kan platsen för maskinstationen ges en överhöjning av upp till 1,0 m, vilket också gör att ofrånkomlig sättning av fyllnadsmassorna ej kommer att märkas. Som naturmaterial i ytan kan väljas 25 cm mo samt 5 cm matjord. Innan detta läggs på skall dock ytan på sprängningsmassorna ha tätats, bl a genom upprepad körning med tunga bandtraktorer.

4. Tidplan

Under det sista året, som anläggningen befinner sig i drift, påbörjas planeringsarbetet för rivningen. Detta utförs då av verkets driftspersonal, som successivt förstärks med speciella kompetenser.

Sedan produktionen från verket planmässigt stoppats dröjer det ca ett år innan någon egentlig rivningsverksamhet kan komma igång. Under denna tid hinner bränslet svalna och borttransporteras ävensom styrstavarna m m.

De delar av rivningsarbetet, som ligger på VBB's ansvar att studera, och som redogörs för i denna utredning, kan till större del ej utföras förrän de partier redan utförts, som ASEA-ATOM har hand om. Den tidplan, som presenteras i Bilaga 2 har därför gjorts av ASEA-ATOM och VBB i samarbete.

Där osäkerhet beträffande rivningsmetod eller dess kapacitet förelegat har tiden visats så att den bedömts vara på säkra sidan. För de delar, som VBB studerat, har hela tiden räknats med arbete på endast ett skift. Hänsyn har också tagits till rimligt jämn sysselsättning. Som synes blir den totala rivningstiden från reaktorstopp ca 4 $\frac{1}{2}$ år. Den kritiska linjen går hela tiden genom reaktorbyggnaden.

5. Personalbehov

Den allmänna planeringen för verkets rivning utförs av den normala driftspersonalen och huvudsakligen under året mellan reaktorstopp och rivningsarbetenas påbörjande. Då denna planering till större delen berör de aktiva komponenterna har denna personalinsats helt upptagits i ASEA-ATOMS del av utredningen. Här har endast medtagits erforderligt personalbehov för rivning av inaktiva system (utom el) och av byggnaderna.

5.1 Rivning av inaktiva system

Detta arbete utförs huvudsakligen omedelbart efter de av ASEA-ATOM studerade systemen eller sedan förorenad betong borttagits. Den största komponenten är lågtrycksturbinen med kondensor. Sedan turbinen dekontaminerats nedmonteras den och kondensorn under första hälften av tredje rivningsåret. För detta arbete åtgår ca 15 man.

I största möjliga utsträckning bör övrigt nedmonteringsarbete förläggas till tiden före eller efter turbinrivningen. Med god planering bör arbetskraftsbehovet vara relativt jämnt och bli som framgår av Bilaga 3.

Huvuddelen av arbetet utförs under tredje året. Största antalet sysselsatta är 20 st och den totala arbetsinsatsen motsvarar 230 manmånader. Därtill bör läggas ca 25 manmånader för planering och central ledning.

5.2 Rivning av byggnader

Det största arbetskraftsbehovet utgör ca 40 man och inträffar under del av tredje och fjärde året. En viss del av detta folk kommer från specialfirmor, som utför vissa delar av rivningsentreprenaden.

Med en rimlig utjämning av arbetskraftsbehovet bör den totala arbetskraftskurvan få ungefär det utseende som visas i Bilaga 3.

Totalt blir detta ungefär 850 manmånader. Siffran inkluderar då lokal arbetsledning, men något tillägg bör göras för planering och central ledning, säg 60 manmånader.

6. Kostnadsuppskattning

Samtliga nedan angivna kostnader är beräknade så att de innefattar alla till arbetet hörande bikostnader i form av arbetsledning, sociala kostnader, skyddsanordningar, bodar, maskiner, erforderliga ställningar, kraft, transporter o d. Priser på huvudobjekt är även satta så att de täcker in detaljer som utförs i samband därmed, men som ej särskilt nämns. Dessutom har kostnaderna avsiktligt beräknats något på höga sidan.

Slutligen har till varje underavdelning lagts in ett procentpålägg för "oförutsett" som skall täcka in dels en mängd ej specificerade arbeten av mindre betydelse, dels som säkerhet för kostnadsökningar på grund av att det gäller ett arbete som hittills ej utförts i denna skala, och dels som en gardering för den osäkerhet som betingas av den korta utredningstiden. Pålägget är i storleksordning 20 - 30 %.

De byggmängder, som utgör grund för kostnadsberäkningen, har erhållits från Oskarshamnsverket II. Gränsen mellan OI och OII har valts såsom visas på huvudritningar. Avfallsbyggnaden har dock medräknats i sin helhet. För vattenverk, vattenintag, verkstad, förråd och garage har halva rivningskostnaden medtagits.

Alla kostnader motsvarar den prisnivå som gällde vid mitten av år 1979.

6.1 ___ Inaktiva system

Nedanstående uppställning är gjord i överensstämmelse med beskrivningen i kap 3.1. Kostnaderna är något mera specificerade i Bilaga 4.

	kkr
1) Serviceplattform för reaktor	30
2) Lågtrycksturbin	900
3) Kondensor	1 550
4) Förvärmare	120
5) Matarvattensystem	70
6) Kondensatreningssystem	90
7) Kondensatpumpar	30
8) Rensverk	70
9) Kylsystem	90

	kkr
10) Vattenverk, totalavsaltning	50
13] Traverser, hissar	160
14] Diverse smärre anläggningar	165
11-12] Diverse smärre anläggningar	165
16-18] Diverse smärre anläggningar	165
Tillägg för oförutsett under 6.1	<u>875</u>
Totalt	<u>4 200</u>

6.2 Aktiva byggnadsdelar

Nedanstående kostnadssammanställning är specificerad i Bilagor 6 och 6.1. Vissa typiska å-priser för rivningsarbeten, som tillämpats vid beräkningen, framgår av Bilaga 5.

	kkr
1) Reaktorinneslutning med bassänger	5 290
2) Reaktorbyggnad	115
3) Turbinbyggnad	105
4) Avfallsbyggnad	40
5) Förorenat material utanför stationen	10
Tillägg för oförutsett under 6.2	<u>1 680</u>
Totalt	<u>7 240</u>

6.3 Övriga byggnadsdelar

Nedanstående kostnadssammanställning är specificerad i Bilagor 6 och 6.2. Vissa typiska å-priser för rivningsarbeten, som tillämpats för beräkningen, framgår av Bilaga 5.

		kkkr
1)	Reaktorinneslutning med bassänger	6 485
2)	Reaktorbyggnad	8 775
3)	Turbinbyggnad	11 335
4)	Elbyggnad	2 270
5)	Kontorsbyggnad	655
6)	Avfallsbyggnad	2 815
7)	Reservkraftbyggnad	450
8)	Rensverksbyggnad	355
9)	Transformatorbås	255
10)	Aktiv närverkstad	420
11)	Vattenintag	450
12)	Vattenverk	285
13)	Verkstad, förråd, garage	420
14)	Markarbeten, planering	220
	Tillägg för oförutsett under 6.3	<u>8 710</u>
	Totalt	<u>43 900</u>

6.4 Kostnadssammanställning

Även om varje delpris skall täcka alla sekundära omkostnader som är förbundna med detta arbete, måste en viss fast kostnad förutsättas för entreprenörens etablering på platsen. Härför beräknas ca 2,5 Mkr erfordras.

Totala kostnaden för de delar av studien, som ligger på VBBS ansvar, är sammanställd nedan. Härtill kommer då kostnad för rivning av aktiva komponenter och elsystem, som beräknas av ASEA-ATOM.

- Etableringskostnad	2,5 Mkr
- Rivning inaktiva system	4,2 "
- Rivning aktiva byggnadsdelar	7,3 "
- Rivning inaktiva byggnadsdelar	43,9 "
	<hr/>
Totalt	57,9 Mkr

7. Barsebäck 1 i jämförelse med Oskarshamn II

Barsebäcksverken är på samma effekt som Oskarshamn II. Reaktorsidan är praktiskt taget identisk och layouten för reaktorbyggnaden likaså.

Vad som huvudsakligen skiljer verken åt är grundläggningssättet och grundläggningdjupet. Detta sista gäller speciellt reaktorbyggnaden.

Vid jämförelse mellan turbinbyggnaderna finner man att den har större volym i Barsebäck. Vissa hjälpsystem har utformats olika vid de båda anläggningarna. Så ligger pump och värmeväxlare i verkstadsbyggnaden i B1 men i rensverksbyggnaden i OII. Dessutom skall verkstadsbyggnaden i B1, som är sammanbyggd med maskinstationen, betjäna även B2, medan motsvarande funktioner vid OII ligger i en fristående byggnad. Personal- och kontorsbyggnaden vid B1 har betydligt större volym än motsvarande vid OII. Samma sak gäller beträffande elbyggnaden.

I Barsebäck är rensverksbyggnaderna fristående medan de i Oskarshamn är sammanbyggda med kraftstationerna.

När det gäller utrymme i grunden, d v s delen under markytan, är detta betydligt mindre vid B1 än vid OII, vilket ger mindre utrymme för rivningsmassor. I Barsebäck kan dessa till en del läggas i betongtunnlarna för kylvatten, sedan taket sprängts ned. Dock måste omkr 25 000 m³ rivningsmassor transporteras bort till en yttre tipp.

Vid jämförelse mellan de beräknade rivningskostnaderna finner man att den betongmängd som skall rivas är ungefär 25 % större i Barsebäck än för OII, i huvudsak beroende dels på att en relativt sett större del av byggnaderna ligger ovan jord, dels på i flera fall större byggnader. Även övriga rivningsmängder är i allmänhet något större. Detta resulterar i att kostnaden för att riva byggnaderna för B1 blir omkring 8,5 Mkr högre än de ovan beräknade för OII.

Dessutom torde B1 behöva ett par månader längre tid för rivningsarbetet.

Stockholm 1979-10-05

VBB

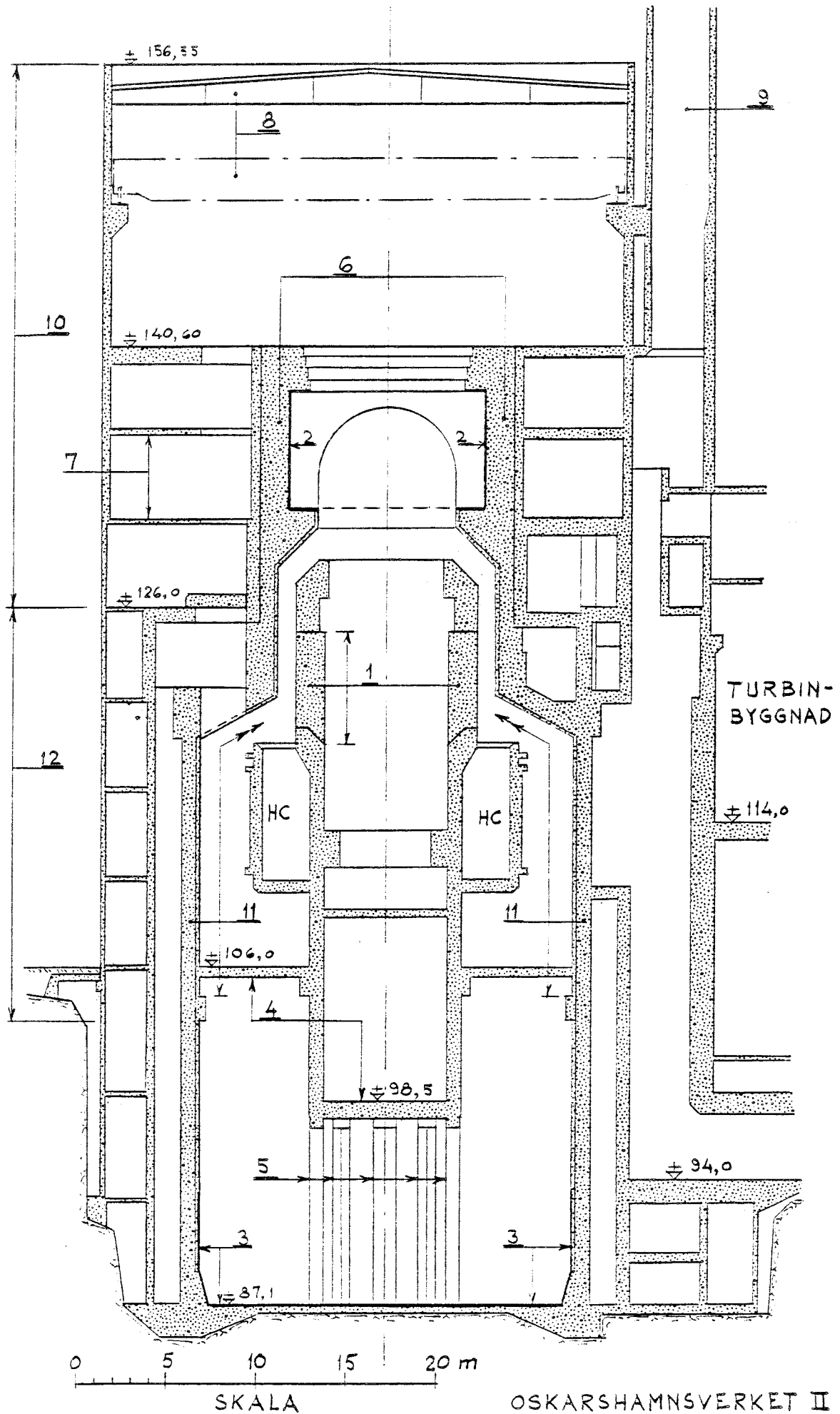
Arne Göransson

AG/LIL/ENZ

Referenslista

Under utredningens gång har vi tagit kontakt med representanter för följande företag:

Armerad Betong - Vägförbättringar
Stabilator
Skånska Cementgjuteriet
Hålmetoder
Nordisk Kartro
Nitro-Consult
Stal-Laval



OSKARSHAMNSVERKET II
REAKTORBYGGNAD,
ARBETSORDNING

VBB RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK

88435-000

AG

1 ÅR EFTER REAKTORSTOPP RIVNINGSTID →

ÅR 1 ÅR 2 ÅR 3 ÅR 4 ÅR 5

FÖRBEREDANDE ARBETEN
PLANERING, MYNDIGHETSTILLSTÅND,
FÖRTFÖRSLING AV BRÄNSLE MM.

AKTIVITETSKONTROLL, DEKONTAMINERING

REAKTORBYGGNAD
ALLA AKTIVA SYSTEM
ELSYSTEM

ÖVRIGA INAKTIVA SYSTEM
INRE BETONGCYLINDER
BRÄNSLEBASSÄNGER

INNESLUTNING
ÖVRIG AKTIV BELÖNG
LYFTANORDNINGAR
SKORSTEN

BYGGNAD ÖVER +126
BYGGNAD UNDER +126

TURBINBYGGNAD
ALLA AKTIVA SYSTEM
ELSYSTEM
ÖVRIGA INAKTIVA SYSTEM
BYGGNAD

AVFALLSBYGGNAD
SYSTEM
BYGGNAD

PROVISORISK AVFALLSANLÄGGNING
ÖVRIGA BYGGNADER

AVSLUTANDE MARKARBETEN

SPECIFIERAS AV ASEA-ÅTOM

SPECIFIERAS AV ASEA-ÅTOM

RIVNING AV AKTIVA DELAR
RIVNING AV INAKTIVA DELAR

VBB

RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK

Bilaga 3
1979-10-05

AG

BERÄKNAD ARBETSSTYRKA FÖR RIVNING AV:

ÅR 2

ÅR 3

ÅR 4

ÅR 5

INAKTIVA SYSTEM

MAN

30

20

10

0

BYGGNADER

MAN

50

40

30

20

10

0

Inaktiva byggnader
Kostnadsberäkning

	kkkr
1) Serviceplattform för reaktor	
- Nedtagning och uttransport	30
2) Lågtrycksturbin	
- Turbinen (3 turbinhus) inkl lagerbockar: nedmontering, viss sönderskärning och ut- transport, totalt	900
3) Kondensor	
- Nedskärning och uttransport	1 400
- Ångledningsrör, som ovan	50
- Tapproggeanläggning, som ovan	100
4) Förvärmare (huvuddel)	
- Nedmontering av	
- Högtrycksförvärmare	40
- Lågtrycksförvärmare inkl delning	80
5) Matarvattensystem	
- Nedmontering av pumpar	30
- Nedmontering av övriga delar	40
6) Kondensatreningsanläggning (huvuddel)	
- Nedmontering av tankar	50
- Nedmontering av filter m m	40
7) Kondensatpumpar (huvuddel)	
- Nedmontering	30
8) Rensverk	
- Nedmontering av	
- Korgbandsilar	40
- Grindar med rensare	10
- Övrigt inkl travers	20
9) Kylsystem	
- Nedmontering av	
- Huvudvattenpumpar	30
- Ståltuber	40
- Hjälpkylvattenpumpar	20

	kr
10) Vattenverk och totalavsaltning - Nedmontering av all utrustning	50
11) Fläktar - Nedmontering	15
12) Kompressoranläggning - Nedmontering	15
13) Traverser - Nedtagning och erforderlig delning	120
14) Hissar - Nedmontering	40
15) Brandskydd	0
16) Verkstad och förråd - Borttagning av utrustning	10
17) Vattenintag - Nedmontering av grindar m m	25
18) Nedmontering av diverse ej specificerade smärre komponenter i olika byggnader	100
Tillägg för oförutsett	<u>875</u>
	<u>Totalt 4 200</u>

VBB

88435-000
Rivning av svenska
kärnkraftverk

Typiska rivningspriser

Bruttopriser, inkl allm anordningar, ställningar m m

Aktivt förorenad betong

Borttagning av ytskikt:

Bilning e d 1 cm	450 kr/m ²
Bilning e d till armering	600 kr/m ²
Sågning och bilning 10 cm	1 700 kr/m ²
Borttagning till tätplåt 20 cm	1 400 kr/m ²

Delning av grov armerad betong:

Sömborrning	4 400 kr/m ²
Borrning och spräckning	3 500 kr/m ²
Termisk lans	3 800 kr/m ²

Rivning av grov betongkonstruktion:

Delning i stora block och lastning i behållare	12 000-14 000 kr/m ³
Borttagning av begränsade partier	15 000 kr/m ³

Inaktiv betong

Rivning genom sprängning inkl
packning eller lastning:

Grova, hårt armerade konstr	1 000 kr/m ³
Medelgrova konstr	700 kr/m ³
Tunna konstr	600 kr/m ³
Borttransport av rivningsmaterial	50 kr/m ³
Slitssprängning i metertjock hårt arm betong	900 kr/m
Sågning 30-40 cm betong	800 kr/m

Övriga byggarbeten

Rivning av stålstomme	400 kr/ton
Rivning stålbjälklag	75 kr/m ²
Rivning yttertak exkl huvudbalkar	100 kr/m ²
Rivning lätta väggar och tak	60 kr/m ²
Rivning förråd o d (byggvolym)	30 kr/m ³
Fyllning med 25 cm mo samt matjord	15 kr/m ²

Rivning av byggnader
Kostnadsberäkning

Vissa typiska å-priser, som tillämpats vid beräkningen, framgår av Bilaga 5.

Kostnader i kkr:

	Aktiva delar	Inaktiva delar
1) Reaktorinneslutning med bassänger		
- Vägg mot reaktortank	3 120	
- Bakom plåtbeklädnad i wet well	634	
- Bakom plåtbeklädnad i bassänger	1 510	
- Golv i C ₁ -utrymmen	24	
- Övriga betongkonstruktioner		6 419
- Stålkonstruktioner		66
SUMMA	5 288	6 485
2) Reaktorbyggnad		
- Golv i C ₁ -utrymmen	29	
- Golv i C ₂ -utrymmen	3	
- I pumpgrop	84	
- Övriga betongkonstruktioner		8 336
- Stålkonstruktioner		103
- Yttertak		136
- Skorsten		200
SUMMA	116	8 775
3) Turbinbyggnad		
- Golv i C ₂ -utrymmen	37	
- I pumpgroppen	69	
- Övriga konstruktioner		11 005
- Stålkonstruktioner		73
- Yttertak		257
SUMMA	106	11 335
4) Elbyggnad		
- Betongkonstruktioner		2 153
- Lättväggar m m		117
SUMMA	0	2 270

	Aktiva delar	Inaktiva delar
5) Kontorsbyggnad		
- Betongkonstruktioner		581
- Lättväggar m m		74
SUMMA	0	655
6) Avfallsbyggnad		
- Golv i C ₂ -utrymmen	7	
- I pumpgröp	33	
- Övriga betongkonstruktioner		2 570
- Stålkonstruktioner		14
- Lättväggar och -bjälklag		231
SUMMA	40	2 815
7) Reservkraftbyggnad		
- Betongkonstruktioner		441
- Lättväggar		9
SUMMA	0	450
8) Rensverksbyggnad		
- Betongkonstruktioner		262
- Övrigt		93
SUMMA	0	355
9) Transformatorbås		
- Betongkonstruktioner		231
- Övrigt		24
SUMMA	0	255
10) Aktiv närverkstad		
- Betongkonstruktioner		356
- Lättväggar, stålbjälklag		64
SUMMA	0	420
11) Vattenintag (halva kostnaden)		
- Betongkonstruktioner		450
SUMMA	0	450

	Aktiva delar	Inaktiva delar
12) Vattenverk (halva kostnaden)		
- Betongkonstruktioner		275
- Övrigt		10
SUMMA	0	285
13) Verkstad, förråd, garage (halva kostnaden)		
- Betonggrund		135
- Överbyggnad		285
SUMMA	0	420
14) Markarbeten, planering m m		
- 10 m ³ aktivt förorenat material	10	
- Övriga markarbeten		220
SUMMA	10	220
Tillsammans:	5 560	35 190
Tillägg för oförutsett:	1 680	8 710
<u>TOTALT</u>	<u>7 240</u>	<u>43 900</u>

Rivning av kärnkraftverk OE, kostnader kontaminerade delar		Datum	Avd.	Reg. nr	Blad nr
		28/9 1979	E 25	88435000	1
		Namn		Granskad	Bilaga nr
		Sten G. Lund			
Byggnadsdel	m ²	m ³	äpris kr	pris kr	
Reaktorinneslutning C ₁ -utrymmen	53	(1)	450	23'900	
" strumpan		240	13000	3'120'000	
" , 5cm betong bakom plät- beklädningen	1020	(51)	600	612'000	
" d:o till. för sprickor		1,5	15000	22'500	
Reaktorbasängar 5cm bet. bakom plätbeklädning	2430	(122)	600	1'458'000	
" d:o tillägg för sprickor		3,5	15000	52'500	
Reaktorbyggnad, pumpgropp ¹⁾ , 10cm bitning	48	(4,8)	1700	81'600	
" C ₁ -utrymmen	64	(1)	450	28'800	
" C ₂ - "	7		450	3'200	
Turbinbyggnad, pumpgroppar ¹⁾	36	(3,6)	1700	61'200	
" C ₂ -utrymmen	83		450	37'400	
Avfallsbyggnaden, pumpgropp ¹⁾	16	(1,6)	1700	27'200	
" C ₂ -utrymmen	16		450	7'200	
1) tillägg för sprickor i 4 pumpgroppar		1	15000	15'000	
				<u>E 5'550'500</u>	

Rivning av kärnkraftverk OG, kostnader Betong, ej kontaminerade delar	Datum 27/9 1979	Avd. E25	Reg nr 88435000	Blad nr 1
	Namn Åke Sällund		Granskad	Bilaga nr

Byggnad, konstruktionstyp	m ²	m ³	ömskr kr	Pris kr
Reaktorinneslutn., tunna konstruktioner (inkl. bassänger)	1570	314	600	188'400
" medelgrova "	155	85	700	59'500
" grova "	4900	6171	1000	6'171'000
Reaktorbyggnad, tunna konstruktioner	12400	3100	600	1'860'000
" medelgrova "	9600	5280	700	3'696'000
" grova "	3080	2772	1000	2'772'000
Turbinbyggnad, tunna	11823	3547	600	2'128'200
" medelgrova "	4133	2269	700	1'588'300
" grova "	6989	7289	1000	7'289'000
Elbyggnad tunna	11959	3588	600	2'152'800
Kontor "	3229	969	600	581'400
Avfallsbyggnad "	2815	563	600	337'800
" medelgrova "	2320	1274	700	891'800
" grova "	1490	1341	1000	1'341'000
Reservkraftbyggnad, tunna	2290	687	600	412'200
" grova "	29	29	1000	29'000
Transform.-bås, tunna	863	259	600	155'400
" medelgrova "	196	108	700	75'600
Närverkstad, tunna	1977	593	600	355'800
Rensverksbyggnad, "	1457	437	600	262'200
1/2 av vattenverk, verkstad, förråd garage och brandstation, tunna konstruktioner	2268	680	600	408'000
1/2 av vattenintaget, "	600	180	600	108'000
" " " grova "	350	350	1000	350'000
				E 33'218'400

Rivning av kärnkraftverk OII, kostnader Övriga ej kontaminerade delar	Datum 4/10 1979	Avd. E25	Reg. nr 88435000	Bid nr 2
	Namn Sten & Allens	Granskad	Bilaga nr	Byggnad, konstruktionsdel
	m ²	öpris kr	pris kr	Reaktorinneslutning, stålbjälklag
" " injutningsfläns till locket	740	75	55'500	Reaktorbyggnad, tak (stålkonstruktion)
" " stålbjälklag	1360	100	136'000	Turbinbyggnad, tak (stålkonstruktion)
" " stålbjälklag	1375	75	103'200	Elbyggnad, durkplåtsäckning
" " lättbetongväggar	2566	100	256'600	Kontor " "
" " och bjälklag	973	75	73'000	Avfallsbyggnad " och bjälklag
" " stålbjälklag (uppskattat)	140	50	7'000	Reservkraftbyggnad, lättbetongväggar
" " lättbetongväggar	1824	60	109'500	Transformatorbås, sättar av betong
" " stålbjälklag	1222	60	73'400	Aktiv Närverkstad, lättbetongväggar
" " stålbjälklag	3851	60	231'200	Rensverksbyggnad, tak (stålkonstruktion)
" " stålbjälklag	173	75	13'000	1/2 av Vattenverket, stålbjälklag
" " stålkonstruktion)	152	60	9'200	1/2 av Verkstad, förråd, garage och Brandstation. Byggnadsvolym 9486 m ³
	212	100	21'200	
	915	60	54'900	
	138	75	10'400	
	950	100	95'000	
	44	75	3'300	
	30		284'600	
		E	1'547'000	

Bilaga 7
1979-10-05

HÅLTAGNING I KÄRNKRAFTVERK

Håltagning i kärnkraftverk

SNUSFÖRBUD NÄR OSKAR

FICK SINA NYA SILRÖR



Istället för att med vissa mellanrum stanna driften vid Sveriges äldsta kommersiella kärnkraftverk – Oskar I i Oskarshamn, byggt 1972 – och rensa det komplicerade kylvattensystemet, har man nyligen installerat en utrustning för kontinuerlig rening av kondensorsystemet. Installationerna möjliggjordes genom en ovanlig entreprenad under extrema arbets- och säkerhetsförhållanden. Generalentreprenör har varit Armerad Betong Vägförbättringar AB med Hälmetoder AB som underentreprenör för hela det omfattande bilnings- och håltagningsarbetet.

Kärnkraftverket är försett med en s k kokareaktor i vilken vatten värms upp till ånga som driver turbinerna. För kylning av ångan används havsvatten, vilket gör att kondensorsystemet (med cirka 22 000 ytterst klarna rör) riskerar slamma igen av alger och liknande. Man har vid reningen använt karborundumkolor, som efter avstängning av turbinaggregatet manuellt förts igenom rören. Genom övergång till en modernare metod, med s k Taprogge-aggregat, renas kondensorenna numera kontinuerligt och under drift.

För denna installation krävdes att en bit av de fyra stora inloppsroren för kylvatten – med diametern 1,6 m – togs bort. I stället skulle nya silrör för återcirkulering av karborundumkulorna inmonteras. Eftersom inloppsroren var fastgjutna i betong var det nödvändigt att göra hål kring varje rör. Hålen behövde vara 3,1×4,7 m, med djup varierande från 1,6 till 2,5 m.

Hård arbetstakt, höga böter

För att nedbringa reaktorstoppet till det minsta möjliga bedrevs arbetena kontinuerligt, 16 man plus arbetsledare i två 12-timmars skift i varje skift. Arbetsstyrkans storlek avgjordes av det tillgängliga arbetsplatsutrymmet, som var dimensionerande för insatsen av personal och utrustning.

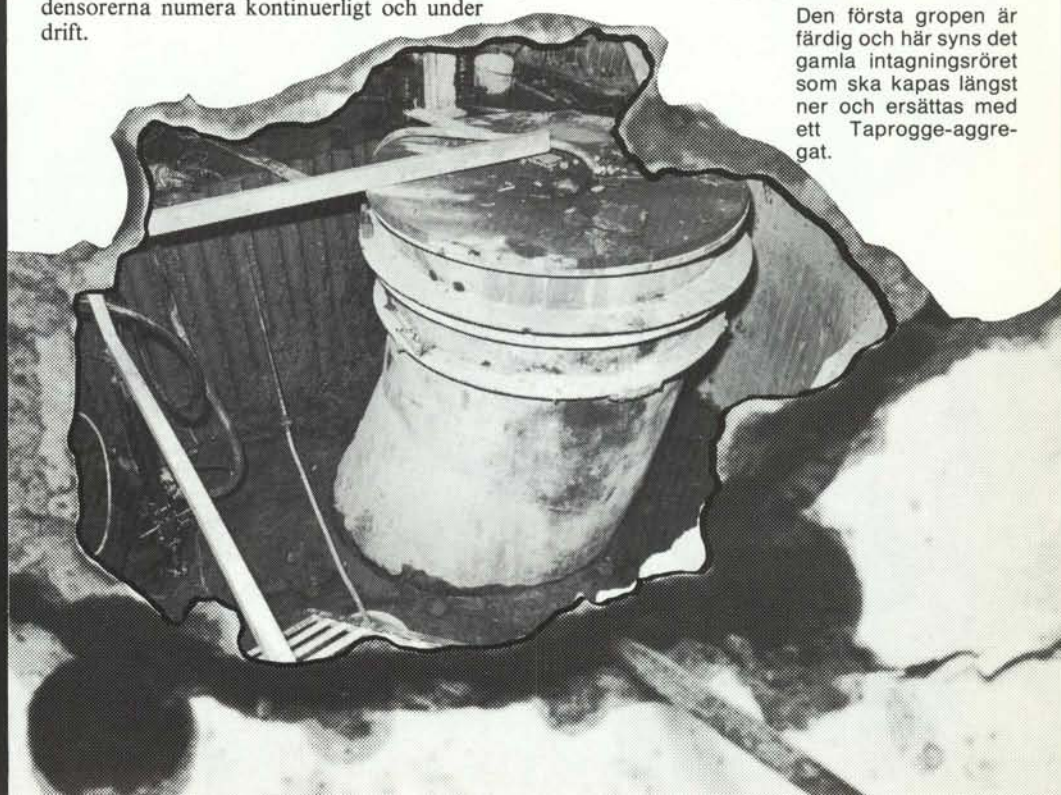
Arbetet pågick under en treveckorsperiod med maximal arbetsinsats under de två första veckorna.

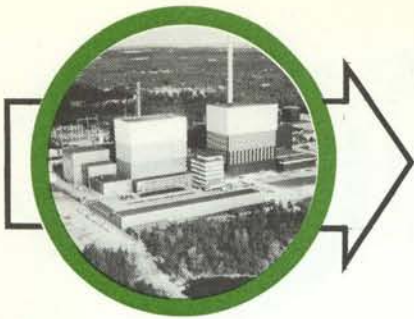
– Personalstyrkan var sammansatt på frivillig väg, men det var inga problem att få personal som var villig att ställa upp, säger Lars Eriksson, Hälmetoder, ansvarig för håltagningsarbetet. Grabbarna gjorde ett jättefint jobb och vi kunde hålla tidsplanen exakt på dagen. Varje dags försening hade inneburit förluster för flera hundratusen kronor för samhälle och betydande böter för oss.

Fyra olika arbetsmetoder

För att kunna klara av arbetsuppgiften var man tvungen att kombinera sågning, skärbörning, spräckning och bilning. Först sågades tre 150 mm djupa spår med parallella

Den första gropen är färdig och här syns det gamla intagningsröret som ska kapas längst ner och ersättas med ett Taprogge-aggregat.





slitsar (avstånd mellan slitsarna 130 mm). Därefter bilades materialet mellan slitsarna bort. I de uppbyggda spåren sömborrade man sedan med borrkronor med diametern 125 mm. Denna kombination av sågning och skärborrning gick snabbare än om man enbart sömborrat.

I fältet mellan sömmarna borrarades enskilda hål (diameter 160 mm) för spräckning med ett nytt schweiziskt spräckaggregat "Hydrocrack". Detta består av en hydraulisk pump till vilken kan anslutas upp till fyra st cylinderpaket. Varje paket har en maximal kraft på 400 ton, vilket innebär att armering av 16 mm diameter dras av. I fältet runt inloppsröret borrarades 2,5 m djupa hål för spräckning med "Hydrocrack"-aggregatet samt som komplettering, hål med diametern

45 mm för spräckning med Darda. (Dardan är ett spräckningsaggregat av Atlas Copcos tillverkning. Det består av en cylinder med två kilbackar, vilka pressas isär av en kilförsedd kolv.)

Någon yttre begränsningslinje runt inloppsröret behövde inte borraras då det fanns en dilatationsfog på lämpligt avstånd vilken kunde utnyttjas för detta ändamål.

De sista justeringsarbetena av hålets väggar och botten utfördes med luftdrivna bilningsmaskiner.

Maskinutrustningen utsattes också för hård belastning och man hade därför reservutrustningar klara att byta med så fort något gick sönder.

Totalt var 15 bormaskiner igång samtidigt. De maskintyper som användes var Diamant Boart, Dimas luft samt Malte Månsons nya fyrväxlade skärbormaskin. Borrkronorna var av märke Ess-Borr i standardutförande, fränsett kärnlängderna vilka var 0,7 respektive 1,0 m. Som reserv hölls ett förråd på 10 maskiner. Ingenting reparerades på platsen, utan man bytte ut hela maskinen för att inte förlora tid.

Övrig maskinutrustning var diamantsågar av Dimas fabrikat, samt som tidigare nämnts, spräckningsaggregaten Darda och

Hydrocrack, och ett antal bilningsmaskiner för justeringsarbeten.

— Maskinutrustningen höll i den utsträckning som vi hade väntat oss, säger Lars Eriksson. När utrustningen går nonstop så måste en del av maskinerna klappa ihop, det är helt naturligt. Men som helhet är vi nöjda med vad maskinerna presterat.

Hälmetoder utförde ytterligare ett jobb inne i kärnkraftverket, nämligen s k Wetwell-installationer inne i reaktorn. Reaktorn omges av en 150 mm tjock betongvägg, vilken på utsidan har en luftspalt och en 1 mm tjock stålplåt. I stålplåten hade ABV tagit upp 100 öppningar 300x300 mm. Hälmetodens uppgift var att i betongen bakom varje öppning borra fyra symmetriskt placerade hål med diametern 31 mm.

Dessa 400 hål utfördes av två man under sex 12-timmars skift.

I hålen monterades bultar, vilka används för att staga upp rör och installationer inne i reaktorn. Hålen i stålplåten reparerades genom att täckbitar svetsades fast med argonsvets.

Betonggolv sänktes

Intransporten av de nya silrören skapade problem. Dessa hade en diameter som var större än den lägsta passagen inne i kraftverket. Det var rörledningar och andra installationer som satt i vägen.

Att tillfälligt kapa av dessa eller att dela silrören i mindre delar var opraktiskt, tidsödande, och kostnadskrävande. Man valde då en enkel och radikal lösning, — man sänkte golvet i stället. Under det 250 mm tjocka betonggolvet fanns det ett fritt utrymme på 1,5 m ner till berget.

Först sågades en liten lucka, någon meter i fyrkant, upp i golvet. Genom denna sänktes järnbalkar ner vilka placerades på undersidan av den planerade utskärningen (2x10 m). Betongplattan kunde därefter sågas ut och vilade nu på balkarna. Med hjälp av en skruvmekanism kunde sedan balkarna och betongplattan sänkas de 200 mm som behövdes.

Strålningsrisk och snusförbud

Strålningen mättes med personliga dosimeter.

Här borrar ett 160 mms hål för att man senare ska kunna pressa in cylinderpaketet.

Kärnkraftverk — en ovanlig miljö för håltagning



trar som varje arbetare hade på sig så länge som han vistades inom område med risk för strålning. Entreprenören anlätade fö Bygghälsan för medicinsk kontroll av personalen.

Säkerhetsbestämmelserna vid in- och utpassering till arbetsställena var rigorösa och innebar tidsförluster på en timme per skift. Proceduren vid inpassning är att man tar av sig ända in till underkläderna, tar på sig skoskydd och går över den s k skogränsen. Därefter tar man fram overall och utrustning som man använder inne på kontrollerat område, d v s område där det kan finnas risk för strålning.

Vid utpassering går man först igenom en s k portalmonitor, vilken talar om ifall utrustningen är fri från strålning. Efter flera noggranna tvättningar av händerna görs ny mätning, varefter man får passera ut.

Vid vistelse i kontrollerat område är det förbjudet att dricka, äta, röka eller snusa. Detta p g a risken att få in radioaktiva ämnen i kroppen. Vid alla mat- och rökpauser måste man gå ut i säkert område, och då upprepa proceduren med mätning, tvättning, mätning igen o s v.

Summeras dessa tidsförluster blir det ganska stor del av den effektiva skifttiden som försvinner.

Vid arbetet med Wet-well installationerna är säkerhetskraven ännu hårdare då ju arbetet drevs inne vid reaktorn. Arbetet måste där utföras med en klädsel bestående av gasmask och dubbla overaller.

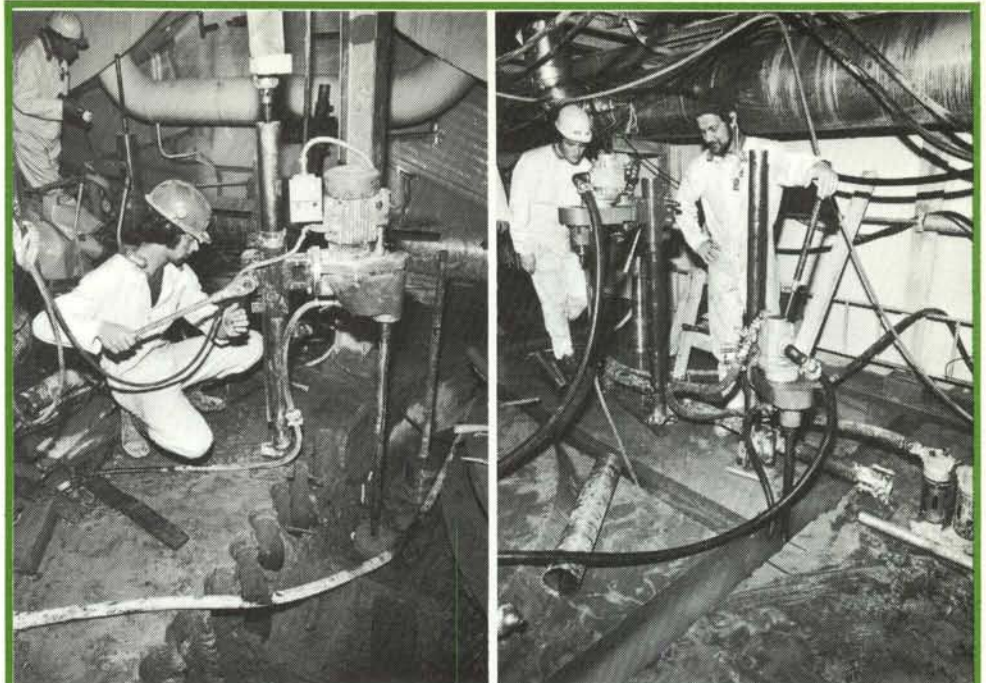
Samtliga mätningar gjorda under arbetets gång visade värden långt under alla tröskelvärden.

Massiv insats

Lars Eriksson sammanfattar arbetet på Oskarshamnverket så här:

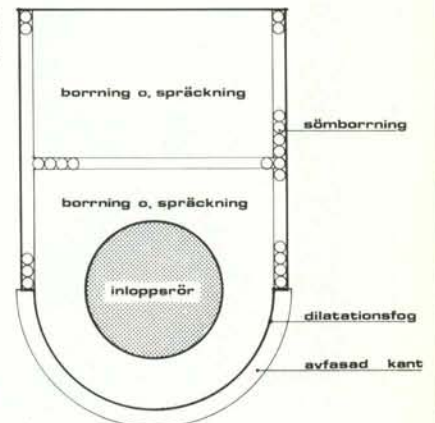
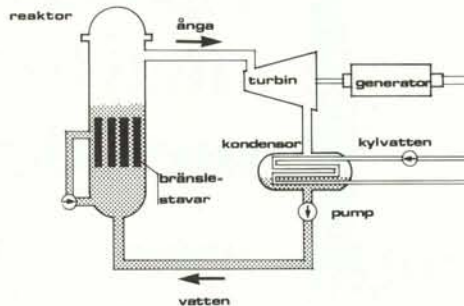
- En massiv insats av detta slag kräver fyra saker:
- god planering
- bra personal
- tåliga maskiner
- bra diamentverktyg.

I det här fallet förelåg samtliga dessa förutsättningar, säger Lars Eriksson. ■

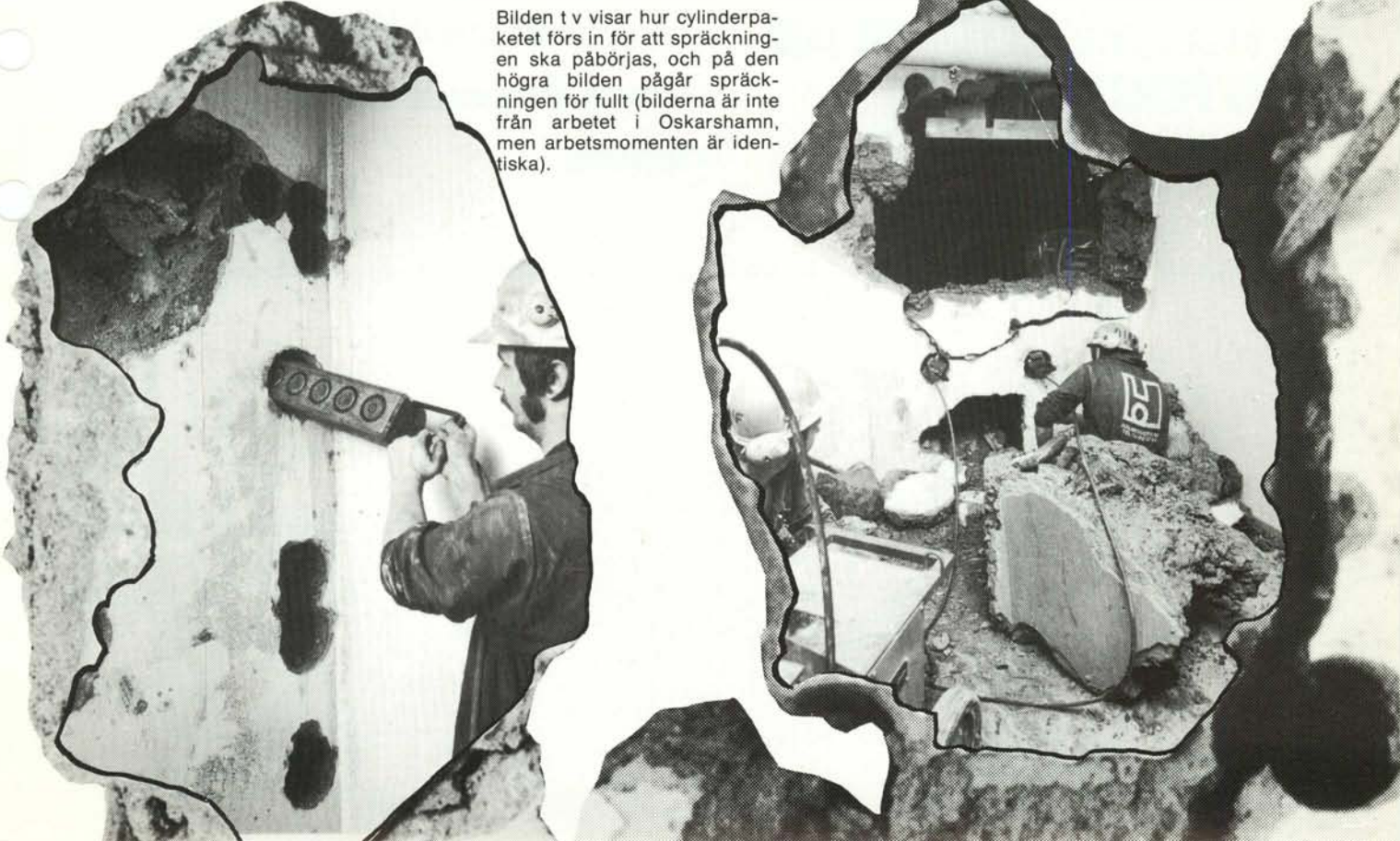


På bilden t v håller René Centerhag på med sömborring av spräckslitsen i den tredje gropen. Högra bilden visar hur platschefen Sören Norgren (t h) kontrollerar en av skärborrningsmaskinerna under överinseende av en representant från kärnkraftverket.

Högra skissen visar planen över ett av borrhålen och en kontur på hur gropen ska se ut. Vänstra bilden är en principskiss på en kokarreaktor i Oskarshamn.



Bilden t v visar hur cylinderpaketet förs in för att spräckningen ska påbörjas, och på den högra bilden pågår spräckningen för fullt (bilderna är inte från arbetet i Oskarshamn, men arbetsmomenten är identiska).





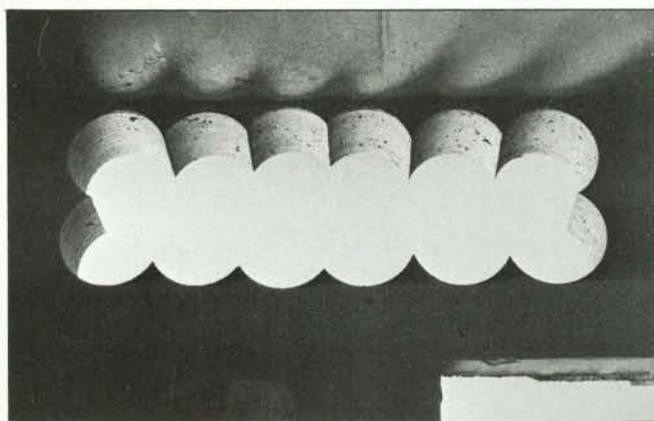
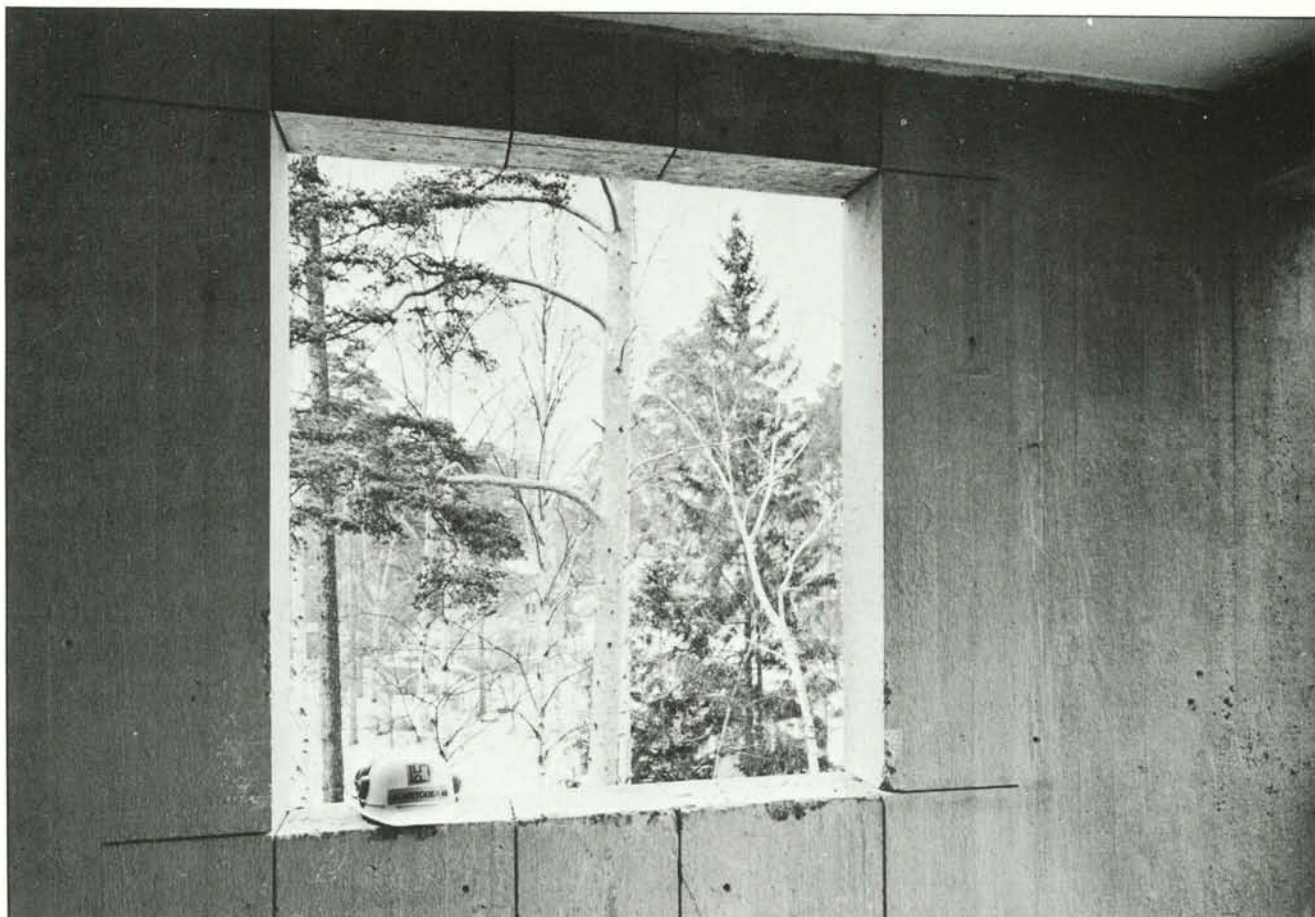
HÅLMETODER AB
STOCKHOLM
TEL 08-69 07 80

**Vi utförde håltagning-
en för Tapprogge-
aggregatet i Oskar I
med följande
metoder:**

- **diamantborrning**
- **diamantsågning**
- **spräckning med Hydrocrack**
- **spräckning med Darda**
- **bilning**

BORRNING, SÅGNING I GOLV, VÄGGAR OCH TAK

Borrning, sågning i golv, väggar och tak

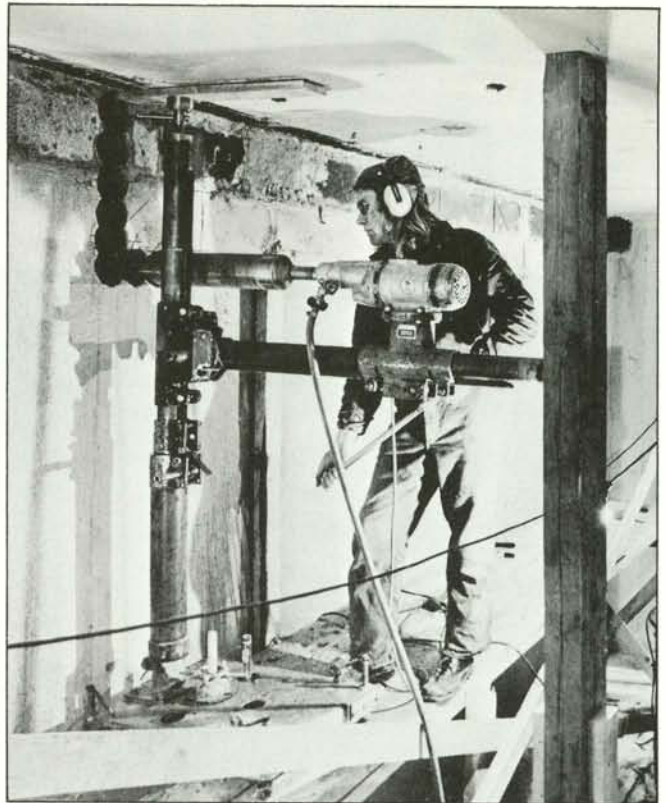


HÅLMETODER AB

Box 17130
104 62 Stockholm 17
08-69 07 80

stabilator

Göteborg 031-70 32 61
Malmö 040-10 35 10
Skellefteå 0910-189 95
Örebro 019-13 76 10



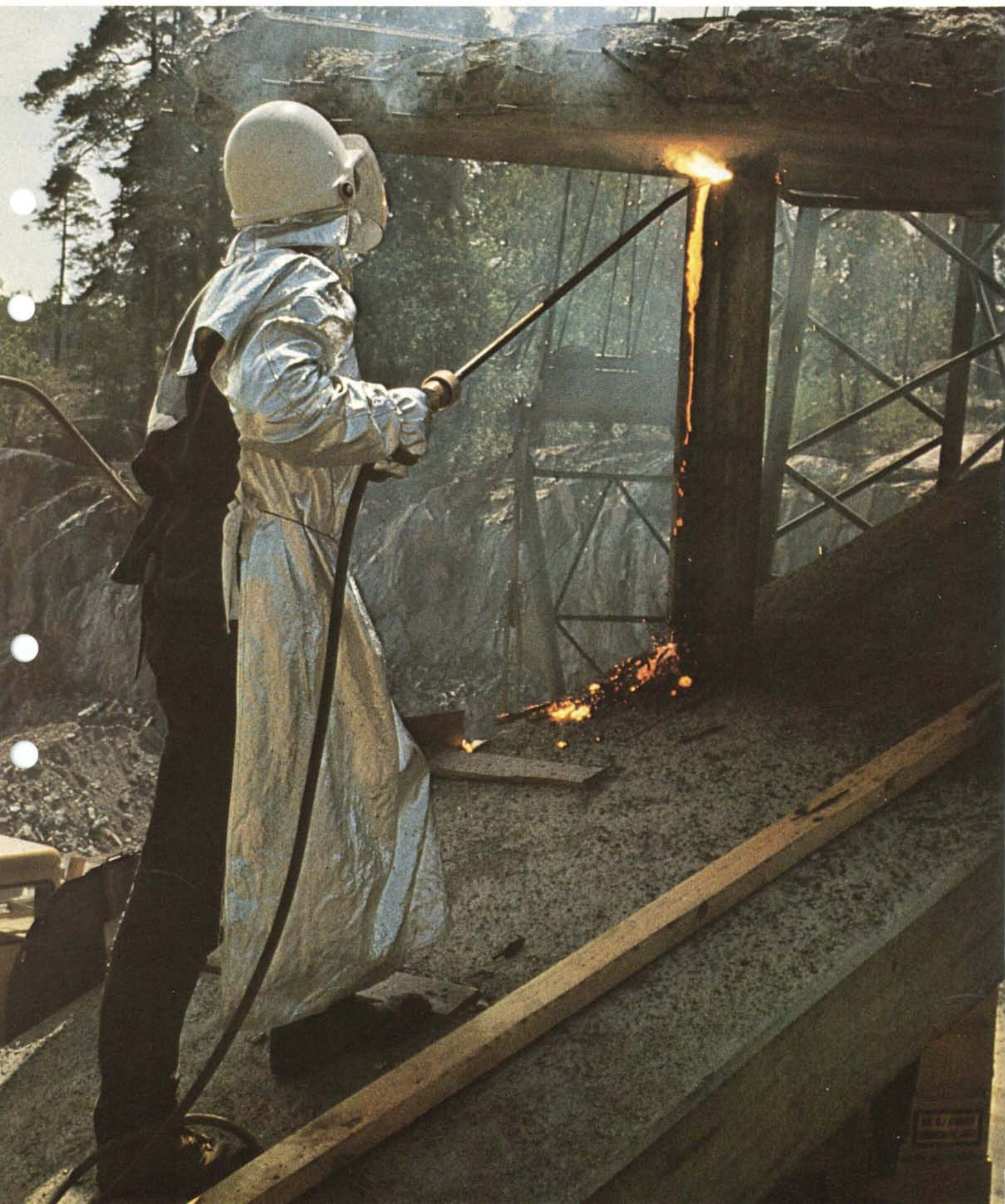
stabilator

HÅLMETODER AB

KARTRO BRÄNNLANS

Kartro Brännlans.

Produktinformation från Nordisk Kartro.



Kartro Brännlans.

Till Kartro Brännlans behöver du oxygengastuber med reducering (AGA typ TMO 630 eller likvärdigt). Och en slang med lanshållare. Sen är det enkelt. Lansen kan ta upp hål och skära i betong, sten, järnbalkar, gjutjärn, slaggblandade metaller etc. Strålen blir drygt 3.000 grader. Du kan t. o. m. arbeta under vatten. Och i trånga utrymmen. Det är lätt att komma åt för lansen är böjbar. Metoden är vibrationsfri och ger inget damm. Risken för vibrations-skador på armering och ledningar elimineras alltså helt. Och människan skyddas; yrkesskador på grund av skakningar, buller och damm undviks helt. Dessutom fritt från giftiga gaser, (under förutsättning att materialet du bränner i inte alstrar giftiga gaser). Brännlansarna tillverkas av Ferrox AB, Grythyttan.

Exempel på bra användningsområden.

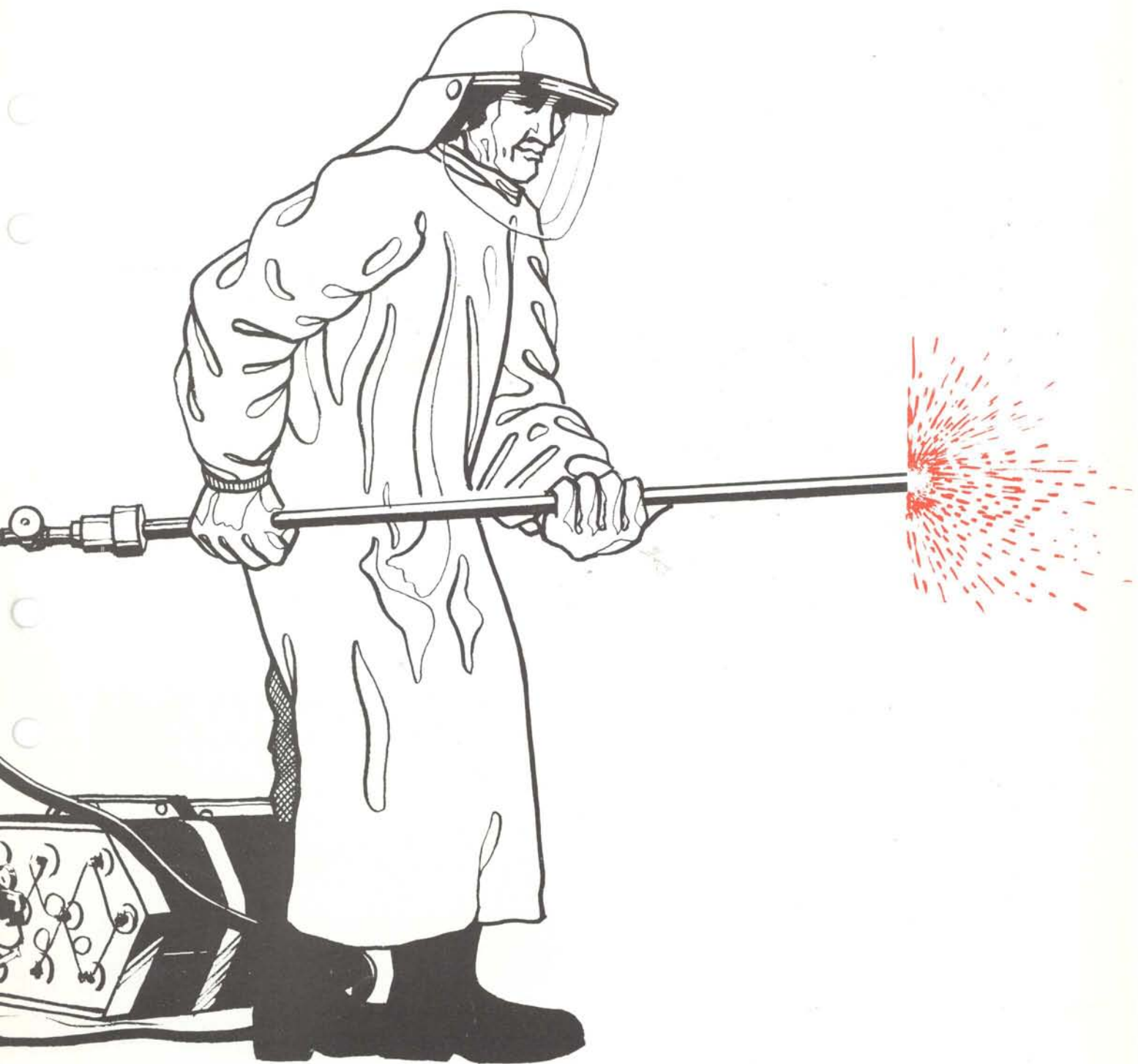
Kartro Brännlans är ett alternativ till bilning och borrar, framförallt när det skall göras ljudlösa arbeten eller arbeten utan vibrationer. Sjukhus t. ex. byggs ofta om för att bättre svara mot de allt högre kraven. Och ombyggnaden måste ske snabbt och tyst. Patienterna skall inte behöva flyttas, lika lite som känsliga instrument skall påverkas eller skadas. Till just sådana arbeten är Kartro Brännlans mycket lämpad. Men den har otaliga andra användningsområden — säkert också i Din bransch.

Teknisk förklaring.

Kartro Brännlans \varnothing 13 mm innesluter 28 trådar i ett rör. Trådarna är av kolhaltigt järn. Genom de många trådarna sänks gasgenomsläppet till ett minimum och förbränningen blir effektivare. Lansarna förbrukas efter hand. De är tre meter långa. Och finns i tre utföranden \varnothing 11 mm för järn- och \varnothing 13 mm för betongarbeten. Dessutom finns \varnothing 17 mm vilken används främst för öppning av ugnar på järnbruk. Men den kan också komma ifråga för speciella betongarbeten.

I lanshållaren finns en gummibuffert som tätar effektivt mellan lans och lanshållare. Gummibufferten pressas samman när lansen trätts på och locket på lanshållaren dras åt. Lanshållaren har en avstängningsventil och är lätt att hantera. Normalt arbetstryck 0,6—0,8 MPa (6—8 kp cm²). Anslutning till oxygengastub eller batteri med reduceringsventil sker med armerad plastslang eller konventionell gummislang (min 3/8"). Operatören bör utrustas med skyddshjälm med dok och skyddsglasögon, skyddsdräkt, kraghandskar och gummistövlar.

Kartro Brännlans komplett.



Användningsexempel.



Röda Bolaget.

Ett fint exempel på hur Kartro Brännlans fungerade vid skärningsarbeten under vatten. Man använde en $\varnothing 11$ mm lans.



Posten i Jakobsberg, ombyggnad.

Rivning av 50 cm tjocka väggar i starkt armerad betong. Det är Postens värdevalv i Jakobsberg som byggs om. Bygg-Nils AB i Eskilstuna utförde arbetet.

Järnbruk.

De flesta järn- och stålverk har många användningsområden för Kartro Brännlans. Vid t. ex. öppnande av ugnar, delning av rusor, skrotgårdar eller losskärning av kokiller. $\varnothing 11$ eller 13 mm brännlansar kan användas.



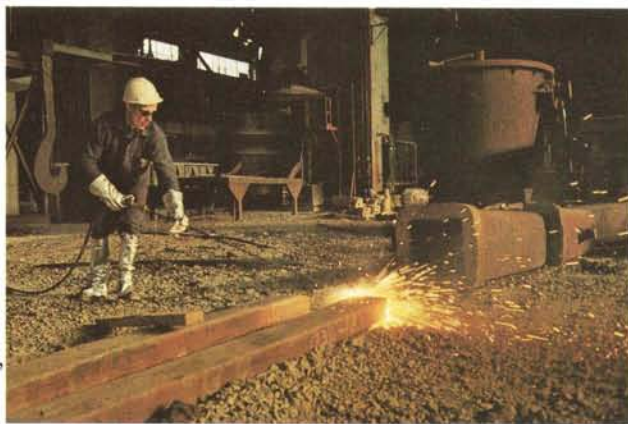
Rivning i Mörby.

En bro över Norrtäljevägen, man använde både bilning och Kartro Brännlans $\varnothing 13$ mm. Främst för kapning av de kraftigt armerade pelarna, samt för avskärning av all frilagd armering.



Huddinge, rivning.

Svenssons Stensätteri använde Kartro Brännlans $\varnothing 13$ mm vid rivningsarbeten av nedfarten till ett parkeringsgarage. Man hade mycket kraftiga betongkonstruktioner med mycket armering att jobba i. Kartro Brännlans valdes för sin snabbhet i jämförelse med bilning.



Nordisk Kartro

Box 99, 123 21 Farsta. Tel. 08-94 03 80. Telex 10794 kartro s

St. Badhusgatan 18, 411 21 Göteborg. Tel. 031-11 50 88.

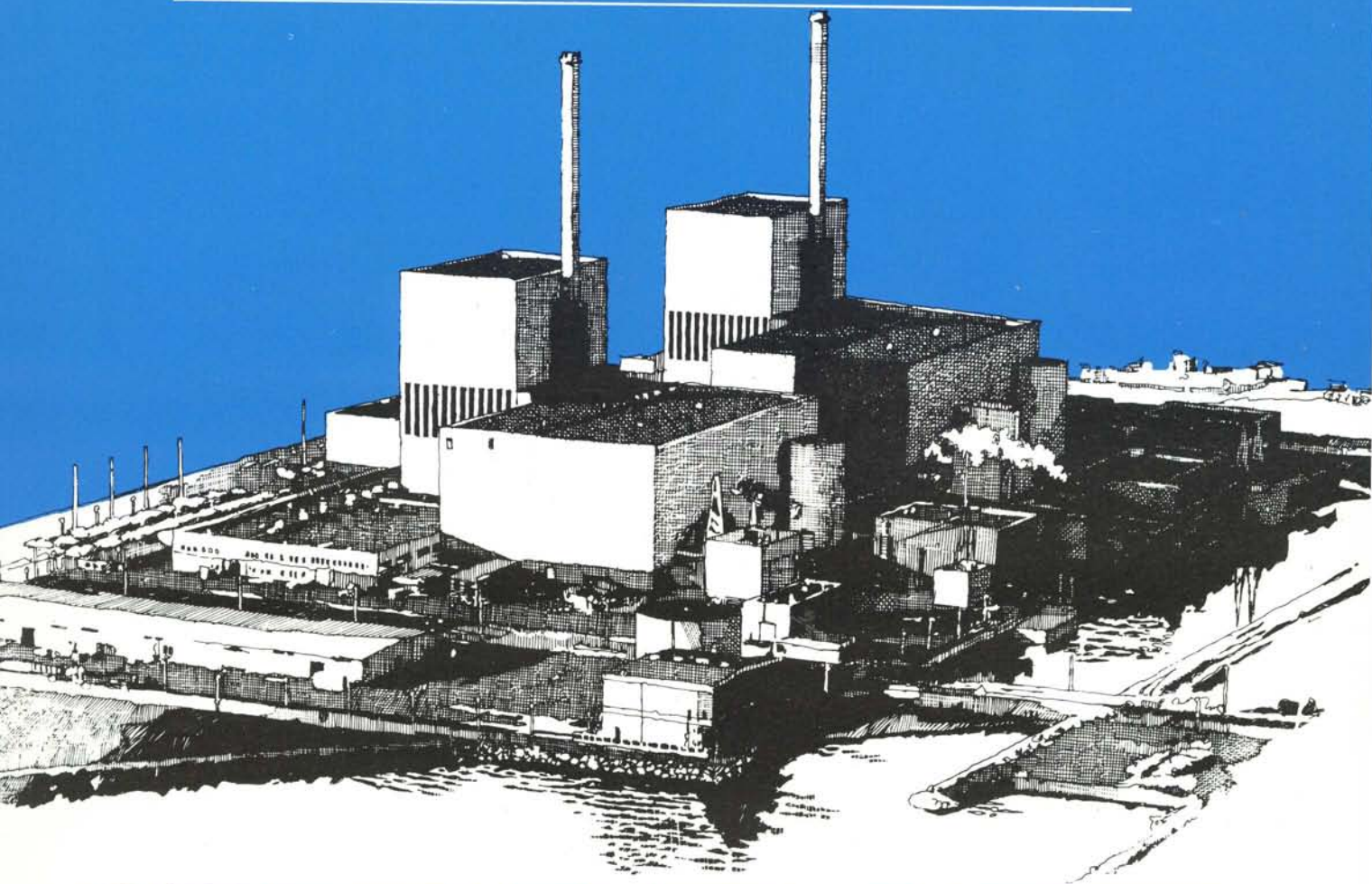
Köpenhamn — Helsingfors — Oslo.

R-497-1 7J3

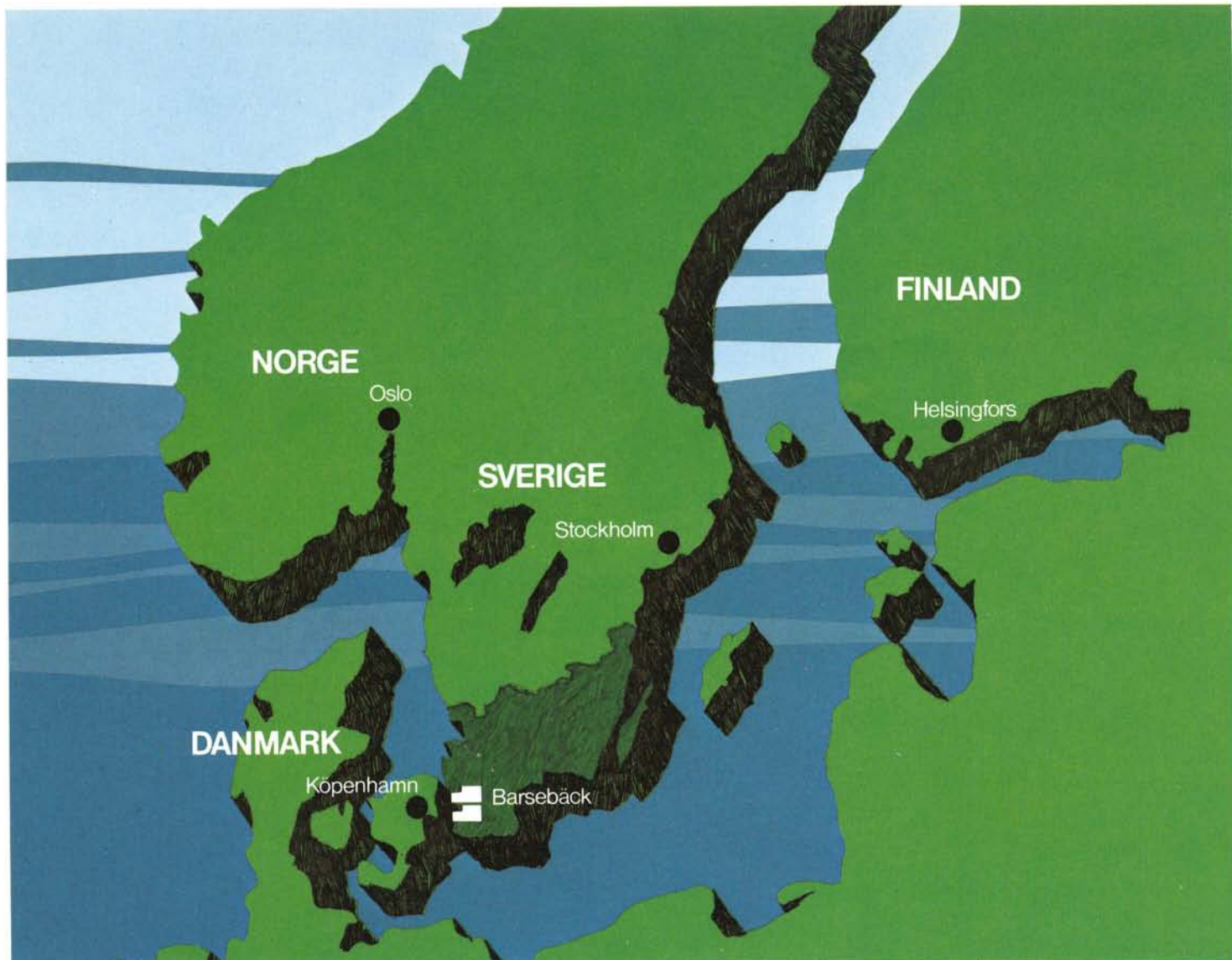
Bilaga 5

Barsebäcksverket

Teknisk information



SYDKRAFT



*Sydskrafts distributionsområde utgör 10 % av landets areal
och förser var femte svensk med elkraft.*



Barsebäckverket

Teknisk information

Sydkraft är Sveriges största privata elkraftföretag och svarar för elkraftförsörjningen i södra Sverige. Elproduktionen sker delvis i vattenkraftverk men huvudsakligen i värmekraftverk av olika slag.

Att Barsebäckverket skulle bli ett kärnkraftverk var ursprungligen ej självklart: alternativet oljekraft behandlades ingående. Behovet av ett kraftverk med en storlek av 2×600 MW var dock klart. I denna storlek och med den utnyttjningstid på mer än 6.500 timmar per år som förutsågs var kärnkraftalternativet det bästa såväl från ekonomisk synpunkt som från miljösynpunkt.

Innan det aktuella kraftverket placerades i Barsebäck hade nära 40 tänkbara platser längs Sydsveriges kust granskats. En ingående bedömning av möjligheterna att ansluta verket till kraftledningssystemet, att få kylvatten, att transportera tunga komponenter och att undvika störningar i bebyggelsen gjor-

des successivt av Sydkraft tillsammans med såväl lokala om regionala myndigheter och representanter för vissa miljövärdintressen.

I maj 1970 beställde Sydkraft en 570 MWe kokarreaktor (BWR) av ASEA-ATOM. Förutom reaktorn med hjälpsystem och första bränslesatsen ingick även kontrollutrustning med elektriska hjälpkraftsystem. Något senare beställdes en komplett turbin- och generatoranläggning från STAL-LAVAL.

I juni 1972 utlöste Sydkraft sin option på ytterligare en anläggning identisk med den första.

Första aggregatet startade reguljär drift vid full effekt den 1 juli 1975, exakt enligt den ursprungliga tidplan, som specificerades i kontrakten. Den totala tiden från start av byggnadsarbete till reguljär drift uppgår till 52 månader.

Reguljär drift av andra aggregatet startade i början av juni 1977, tre veckor före ursprunglig tidplan.

Värmekraftverkets principfunktion

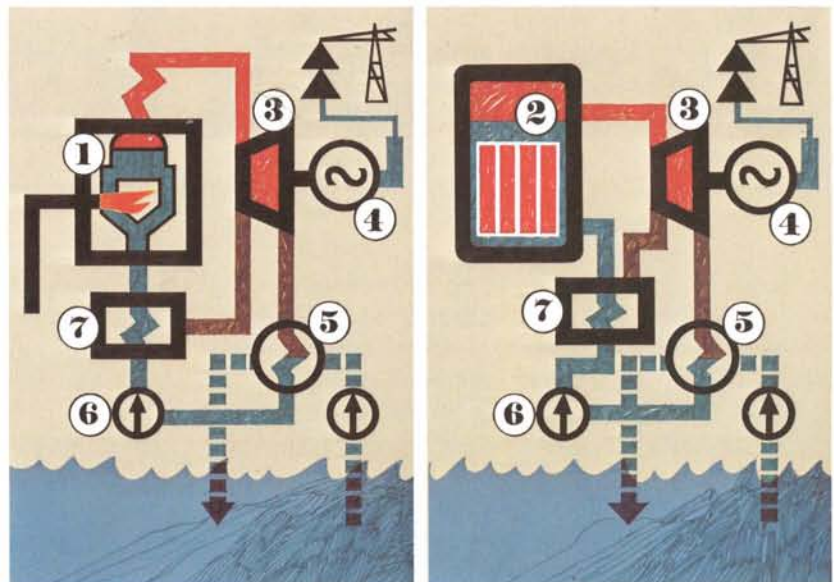
I ett konventionellt värmekraftverk upphettas vattnet till kokning i en kol- eller oljeeldad ångpanna. Motsvarande värmning av vattnet i ett kärnkraftverk sker i en reaktor av Barsebäckstyp (kokreaktor eller BWR) genom att vattnet passerar förbi långa smala stavar som innehåller uranbränsle. Inuti stavarna sker kärnklyvningarna som alstrar den önskade värmen. I övrigt är alla väsentliga delar i kraftverken lika, vilket framgår av principschemat. Kärnkraftverken bygger således i hög grad på känd teknik.

En stor fördel med uranbränsle är att den årliga förbrukningen utgör endast ca 18 ton uran eller ca 100 st bränsleelement, en mycket liten mängd jämfört med förbrukningen av bränsle i ett kol- eller oljeeldat kraftverk av samma storlek. Kolförbrukningen skulle bli ca 1 milj ton per år. Om man lagrar hela denna mängd på ett ställe får man en kon med ca 180 m diameter och en höjd av ca 90 m. Motsvarande mängd olja är ca 800.000 ton/år, eller ca 1 milj m³, och detta är mer än den dubbla volymen av kraftverksbyggnaderna för ett aggregat i Barsebäckverket.

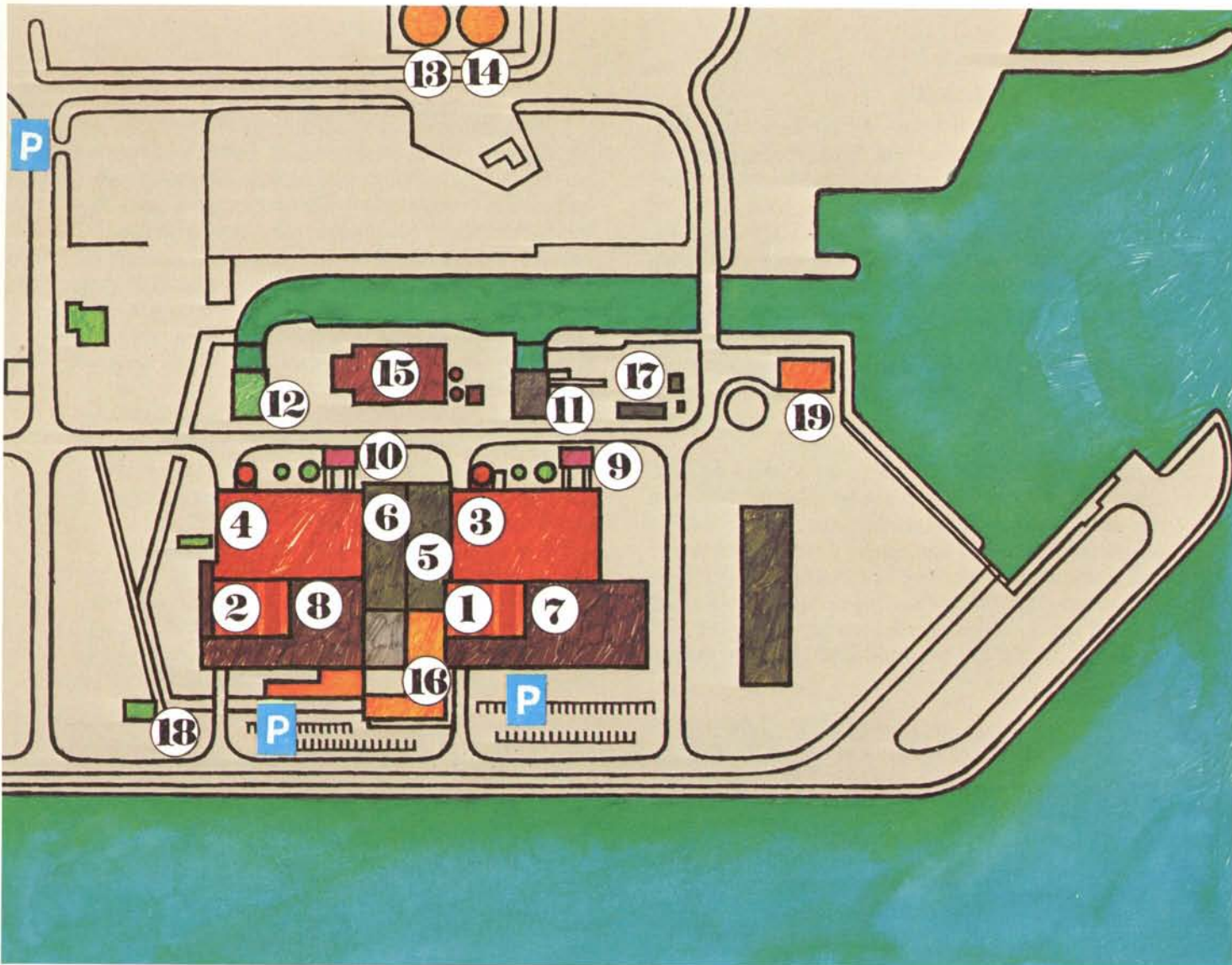
Kärnklyvningarna i bränslet, vilket består av urandioxid, åstadkoms av neutroner som träffar atomkärnor av uranisotopen U-235 och klyver kärnan under frigörande av energi och dessutom 2 å 3 nya neutroner. Det är dessa vid varje klyvning frisläppta nya neutroner som gör en kedjereaktion möjlig. Genom att hålla antalet fria neutroner under kontroll med hjälp av bl a neutronabsorberande styrstavar kan man reglera den totala energifrigörelsen i reaktorn.

Vattnet i reaktorn hålls under tryck så att kokning sker vid 286°C. Den bildade ångan strömmar från reaktorn till turbinen, där den tvingar skovelsystemet och den elektriska generatorns rotor att rotera.

Sedan ångan expanderat genom turbinen och avgett sin termiska energi, som först blivit rörelseenergi i turbinen och sedan elektrisk energi i generatorn, kondenserar ångan i kondensorn. Genom denna pumpas havsvatten i tunna rör och kyler ångan så att den kondenserar till vatten. Detta kondensat pumpas sedan genom en reningsanläggning via förvärmare och matarvattenpumpar åter in i reaktorn.



1. Ångpanna
2. Reaktor
3. Turbin
4. Generator
5. Kondensator
6. Matarvattenpump
7. Förvärmare



Kraftverksområdet

Barsebäcksverket är beläget vid sydvästra kusten av landet, ca 3 mil norr om Malmö.

Kraftverksområdet upptar en areal av ca 400 × 600 m. I söder ligger den 6 m djupa hamnen, som är avsedd att ta emot tunga komponenter till kraftverket och för utskeppning av utbränt bränsle. Hamnen har drygt 100 m kajlängd och har en 100-tons lyftkran. Hamnbassängen är också inlopp till kylvattenkanalen och tjänar därvid som sedimenteringsbassäng, där eventuell sand i Öresundsvattnet skall sjunka till botten. Kanalen, som skär in i området öster om byggnaderna, är 350 m lång och 6 m djup.

Intill kylvattenkanalen ligger rensverksbyggnaderna, där kylvattnet genomgår en mekanisk rening i grovgaller, fingaller och korgbandsilar. Här finns också turbinaggregatets fyra huvudkylvattenpumpar.

Mellan de båda rensverksbyggnaderna har byggnaden för behandling av aktivt avfall placerats. Här ryms alla tankar, pumpar och filter som behövs för rening och hantering av det låg- och medelaktiva avfallet från båda aggregaten.

Råvatten för kraftverkets behov levereras från det kommunala vattenledningssystemet. För rening av råvatten till processvattenkvalitet finns en totalav-

saltningssystem som är belägen invid kylvattenkanalen.

Totalavsaltningen består av en serie jonbytare i två stråk som kontinuerligt kan producera 50 m³/h helt rent vatten.

Öster om kraftverksområdet på andra sidan kylvattenkanalen ligger två 40 MW gasturbinaggregat med sina ställverk. Ytterligare ca 400 m inåt land finns 130 och 400 kV-utomhusställverk.

Situationsplan		
Block 1	Block 2	
1	2	Reaktorbyggnad
3	4	Turbinbyggnad
5	6	Elbyggnad
7	8	Byggnad för hjälpsystem
9	10	Huvudtransformator
11	12	Rensverk
13	14	Gasturbinanläggning
15		Avfallsanläggning
16		Personalbyggnad
17		Totalavsaltningssystem
18		Reningsverk
19		Lager för låg- och medelaktivt avfall

Reaktorbyggnad

Reaktorbyggnaden är uppförd i platsgjuten betong. Takkonstruktionen är av stål. Reaktorbyggnaden vilar på en betongplatta på moränleran ca 13 m under markytan. Berggrunden befinner sig på omkring 30 m djup, varför man ej kunnat grundlägga på berg, vilket anses ovanligt för ett bygge av denna karaktär. Markförhållandena i övrigt är dock sådana att grundläggningsarbetena kunnat utföras under idealiska förhållanden.

Reaktorbyggnaden är byggd kring reaktorinneslutningen, d.v.s. den centrala cylindriska byggnadskropp som innehåller de primära reaktorsystemen.

Reaktorinneslutningen består av en övre del, primärutrymmet, som genom ett bjälklag är skild från den under delen, sekundärutrymmet. Den övre delen innehåller reaktortanken med cirkulationsledningar och pumpar, ångledning, avblåsningsventiler m.m. Utrymmet står i förbindelse med den undre delen genom 96 grova, vertikala rör som går ned under vattenytan i det till hälften vattenfyllda undre utrymme.

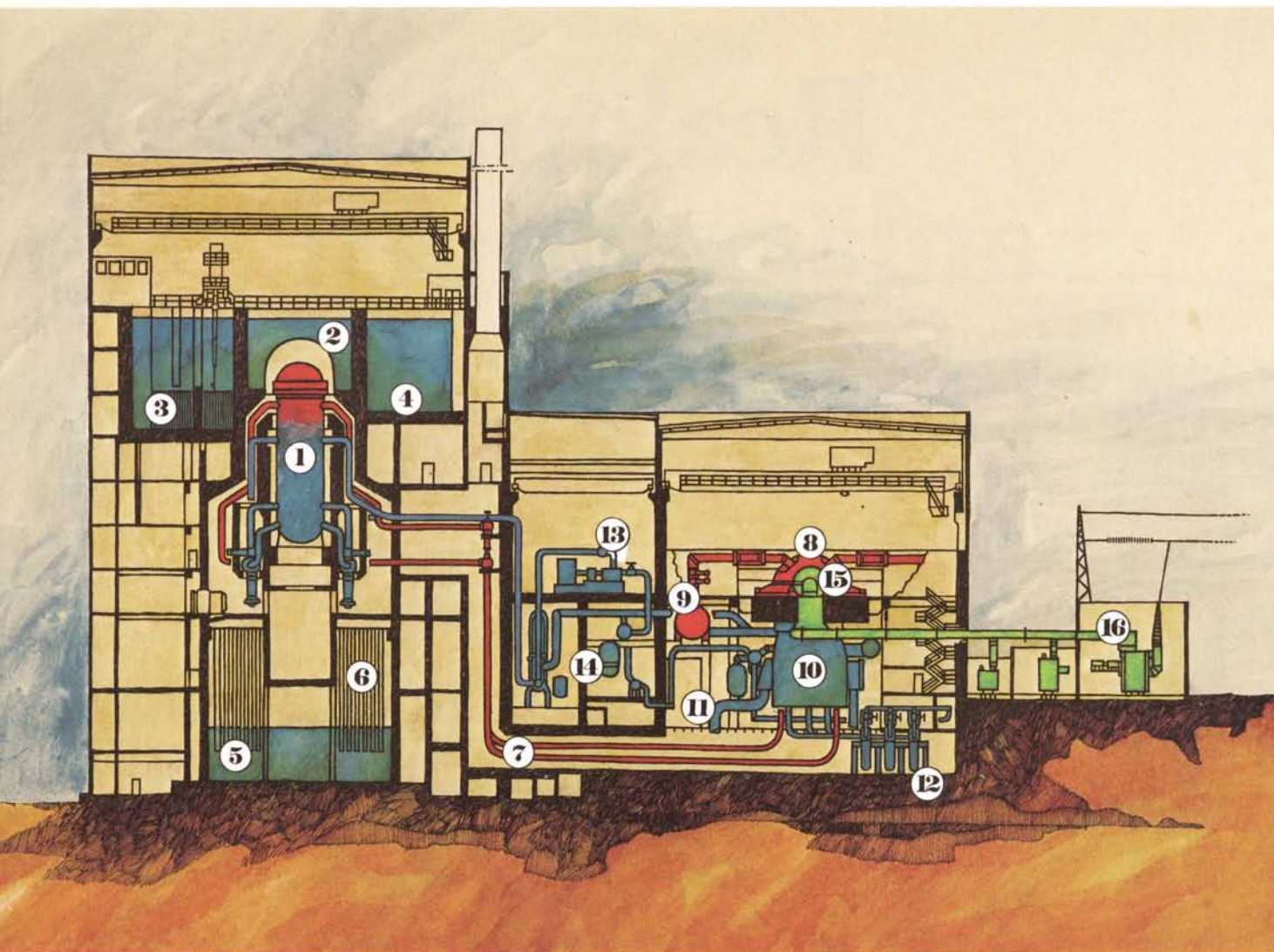
I händelse av brott på eller stort läckage från ett rör inom reaktorinneslutningen kommer det heta vattnet att strömma ut och övergå i ånga. Det uppkommande övertrycket driver ångan ned genom förbindelserören till bassängen, där ånga kondenserar i vattnet. Denna metod att begränsa trycket efter ett rörledningsbrott har gett inneslutningstypen dess namn "PS-inneslutning" efter det engelska uttrycket "pressure suppression". Sannolikheten för att inneslutningen skall behöva göra sådan tjänst är emellertid synnerligen liten.

I händelse av en haverisituation isoleras reaktorinneslutningen snabbt och automatiskt från omgivningen genom att avstängningsventiler, s.k. skalventiler, i varje rörledning som passerar inneslutningsväggen stängs.

Skalventiler finns på båda sidor om PS-skalet, en inre vanligen pneumatiskt manövrerad och en yttre elmotormanövrerad. Stängningssignalen till skalventilerna kommer från många olika vakter och villkor; det kan vara tryck-, temperatur- eller nivåvakter beroende på vilket utrymme som övervakas.



Vy över Barsebäckverket.



- | | | |
|--|----------------------|---------------------------|
| 1. Reaktortank | 7. Huvudångledningar | 12. Kondensatpumpar |
| 2. Reaktorbassäng | 8. Turbin | 13. Matarvattenpumpar |
| 3. Bränsleförvaringsbassäng | 9. Mellanöverhettare | 14. Matarvattenförvärmare |
| 4. Förvaringsbassäng för interna delar | 10. Kondensor | 15. Generator |
| 5. Kondensationsbassäng | 11. Kylvatten | 16. Huvudtransformator |
| 6. Nedblåsningsrör | | |

Inneslutningsväggen är i sin nedre cylindriska del byggd av två glidformsgjutna betongskal åtskilda av en plåt-cylinder som skall garantera inneslutningens täthet. Det yttre och tjockare betongskalet rymmer vertikala och horisontella förspänningskablar. Den övre smalare och koniska delen av inneslutningen är byggd av platsgjuten slakarmerad betong och den avslutas upptill av ett med tätplåten ihopsvetsat flänsparti. Till denna fläns bultas PS-kupolen som utgör inneslutningens lätt demonterbara lock för att komma åt reaktortanken.

I övergången mellan den cylindriska delen och toppartiet finns en mindre transportöppning försedd med avtagbar kupol. I anslutning till en transportgång genom reaktorbyggnaden finns en personalsluss som möjliggör passage in till PS.

Turbinbyggnad

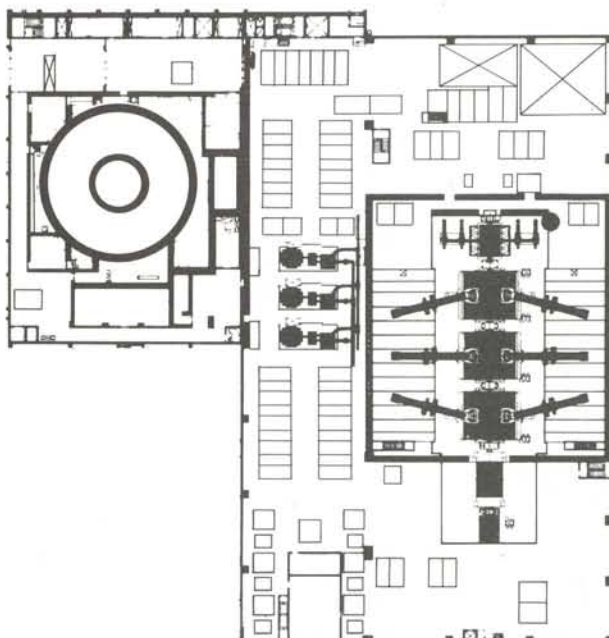
Turbinbyggnaden består av två delar, dels den egentliga turbinbyggnaden med turbinkondensor och generator m.m., dels mellanskeppet innehållande matarvattenpumpar, förvärmare, ventilationsutrymmen m.m.

Turbinbyggnaden är utförd i platsgjuten betong och vilar på betongplattor på moränleran. Grundläggningsdjupet varierar mellan 1 och 13 m under markplanet beroende på att byggnaden genomkorsas av kulvertar för kylvatten, ånga, elkablar m.m.

Takkonstruktionen utgörs av stål.

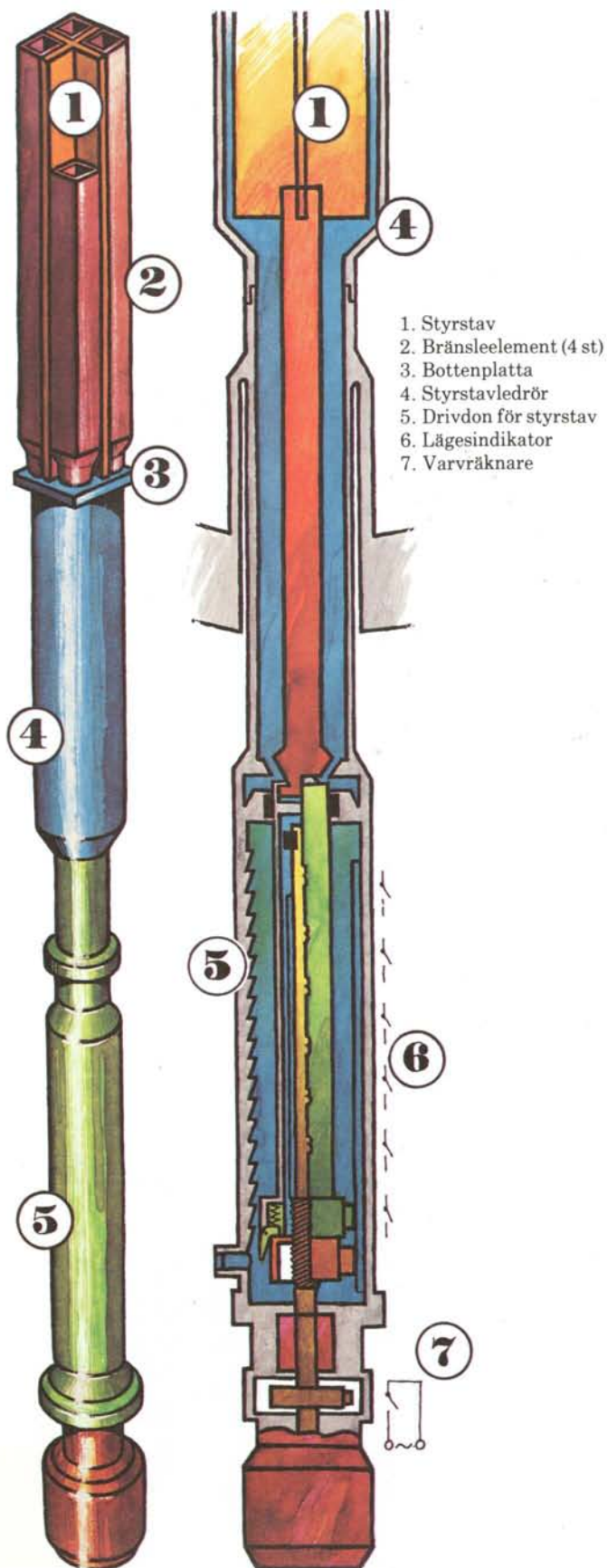
Turbinen vilar på ett betongfundament som gjutits separat från övriga betongkonstruktioner i turbinbyggnaden.

Mellanskeppet utom takkonstruktionen har utförts helt i platsgjuten betong.



Reaktor- anläggningen

Drivsytstem för styrstavar.



1. Styrstav
2. Bränsleelement (4 st)
3. Bottenplatta
4. Styrstavledrör
5. Drivdon för styrstav
6. Lägesindikator
7. Varvräknare

Uranbränslet i form av små cylindriska kutsar är staplade i lillfingertjocka kapslingsrör, vilka är samlade i kvadratiske knippen om 8×8 stavar omgivna av ett plåthölje. Bränslestavknippet med sina 63 stavar och omslutande bränslebox hanteras som en enhet och kallas bränsleelement. En sådan har en total längd av 4383 mm. Reaktorhärden består av 444 st bränsleelement och inryms i reaktortanken.

När bränslet är nytt är det anrikat till 2,8 % innehåll av den klyvbara isotopen U-235. När bränslet efter fem års drift tas ut ur reaktorn är halten U-235 omkring 0,7 %. De övriga urankärnorna har klyvts. Klyvningsresterna finns kvar inne i kutsarna och är oftast radioaktiva och deras sönderfall ger bränsleelementet dess restvärme och radioaktivitet. Det är klyvningsresterna som är det högaktiva avfallet, och de utgör endast 3 % av det använda bränslet.

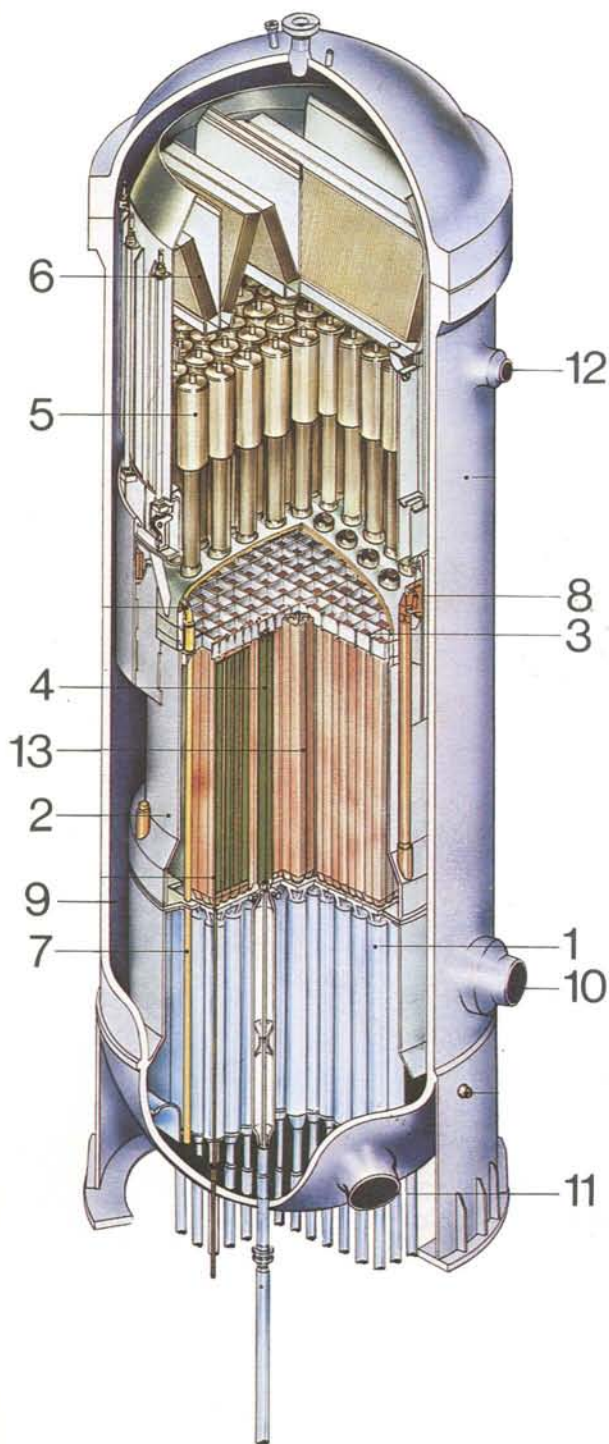
Under inverkan av neutronbombardemanget och kärnprocesserna inne i reaktorn har en del av det icke klyvbara uranet (U-238) omvandlats till plutonium (Pu-239), som är klyvbart. En del av plutoniet har under drifttiden klyvts och bidragit till energiproduktionen.

De återstående mängderna plutonium U-235 och U-238 är värdefulla för återanvändning i bränsle för nya reaktorer.



Inspektion av ett nytt bränsleelement i bränsleförrådet.

Reaktor i genomskärning.



Vardera reaktorn i Barsebäck producerar på detta sätt årligen en viss mängd högaktivt avfall som slutligt koncentrerat och i fast form upptar en volym av ca 3 m³.

Effektutvecklingen i bränslestavarna tas upp av ett stort vattenflöde förbi stavarna som kyler dessa, varigenom ånga bildas. Vattenflödet upprätthålls med hjälp av fyra cirkulationspumpar som via yttre ledningar suger vatten från tankens övre del, blandar det med inkommande matarvatten och tvingar det åter in i härden genom bränslepatronernas bottenöppningar. Huvudcirkulationssystemet kan pumpa totalt 7.000 kg/sek genom reaktorhärden vid full effekt. Genom att variera kylflödet i härden kan en reglering av reaktoraffekten erhållas.

Regleringen av reaktoreffekten med cirkulationspumparna används för relativt snabba ändringsförlopp. Reaktoreffekten ändras också långsamt beroende på att bränslet bränns ut. För att motverka denna ändring måste man successivt dra ut styrstavar.

Den långsiktiga styrningen av neutronflödestätheten och därmed reaktoreffekten sker med neutronabsorberande styrstavar som underifrån kan föras in i härden. De 109 styrstavarna är korsformiga och manövreras i härden i spalterna mellan bränslepatronerna. Den upp- och nedgående rörelsen erhålls vid normal reglering genom en elmotor som via en mutter och en lång skruv manövrerar styrstaven. Styrstavarna kan också vid snabbavstängning av reaktorn på några sekunder skjutas in i härden genom ett av skruvmekanismen oberoende hydrauliskt system.

Ångan, som bildas i reaktorhärden under drift, skiljs från vattnet genom ångseparatorer som monterats inne i tanken. De fungerar så att fast monterade ledskovlar i inloppet av ett rör sätter hastig rotation på ångvattenblandningen, varvid vattnet avleds åt sidorna och ångan fortsätter uppåt. Fukthalten i ångan är här mindre än 10 viktsprocent.

I den efterföljande fuktavskiljaren överst i reaktortanken passerar ångan ett paket av veckade plåtar och vid ångströmmens upprepade omböjningar träffar vattendropparna plåtytan och dräneras ned under vattenytan. Ångan som lämnar reaktortanken har en fukthalt ej överstigande 0,1 viktsprocent.

Bränslebyte sker i regel en gång om året när kraftverket ställs av sex till åtta veckor för översyn.

1. Ledrör för styrstav
2. Moderator tank
3. Härdgaller
4. Styrstav
5. Ångseparator
6. Fuktavskiljare
7. Härdstrilrör
8. Matarvattenfördelare
9. Fallspalt
10. Utloppsstuds för kylvatten till HC-pump
11. Inloppsstuds för kylvatten från HC-pump
12. Ångutlopp
13. Bränsleelement.

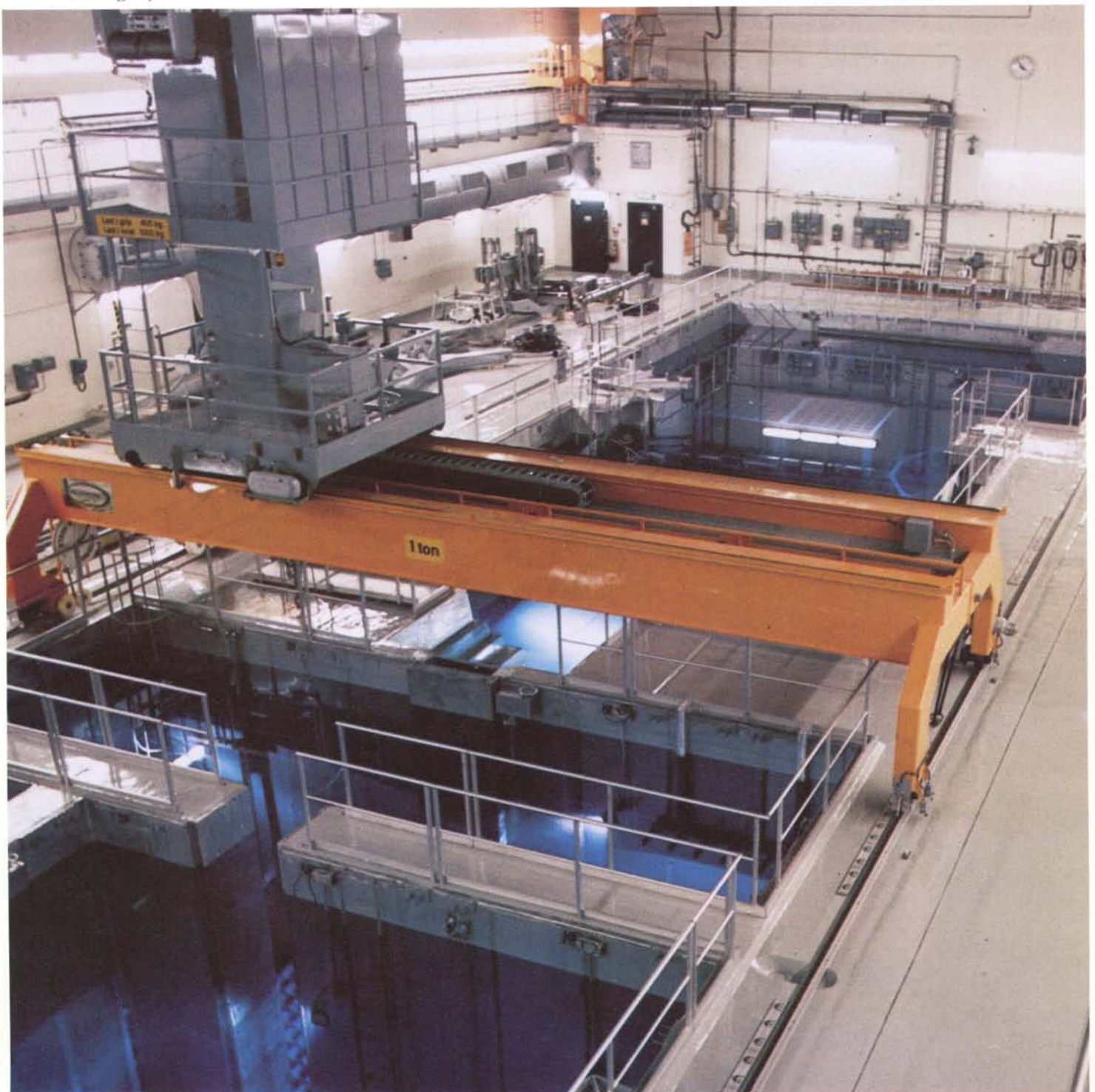
När reaktorn ställts av och kylts ned till ca 50°C börjar arbetena med att öppna reaktortanken. I bassängerna på reaktorns betjäningsplan finns vatten tjänande som strålskydd. Vattnet i bassängen ovanför reaktorn pumpas bort och kupolen över PS-inneslutningen lossas. Härefter demonteras reaktortankloppet och vattnet återfylls. När man under vatten lyft bort fuktavskiljare och ångpanneseparatorer är härden frilagd. Med hjälp av bränslebytesmaskinen, som går på räls ovanför reaktorbassängerna, och en teleskopisk gripklo kan bränsleelementen lyftas ett och ett och placeras i bränslebassängen vid sidan om reaktortanken. En femtedel av alla elementen (ca 90 st) lyfts ut och ersätts med nytt bränsle varje år.

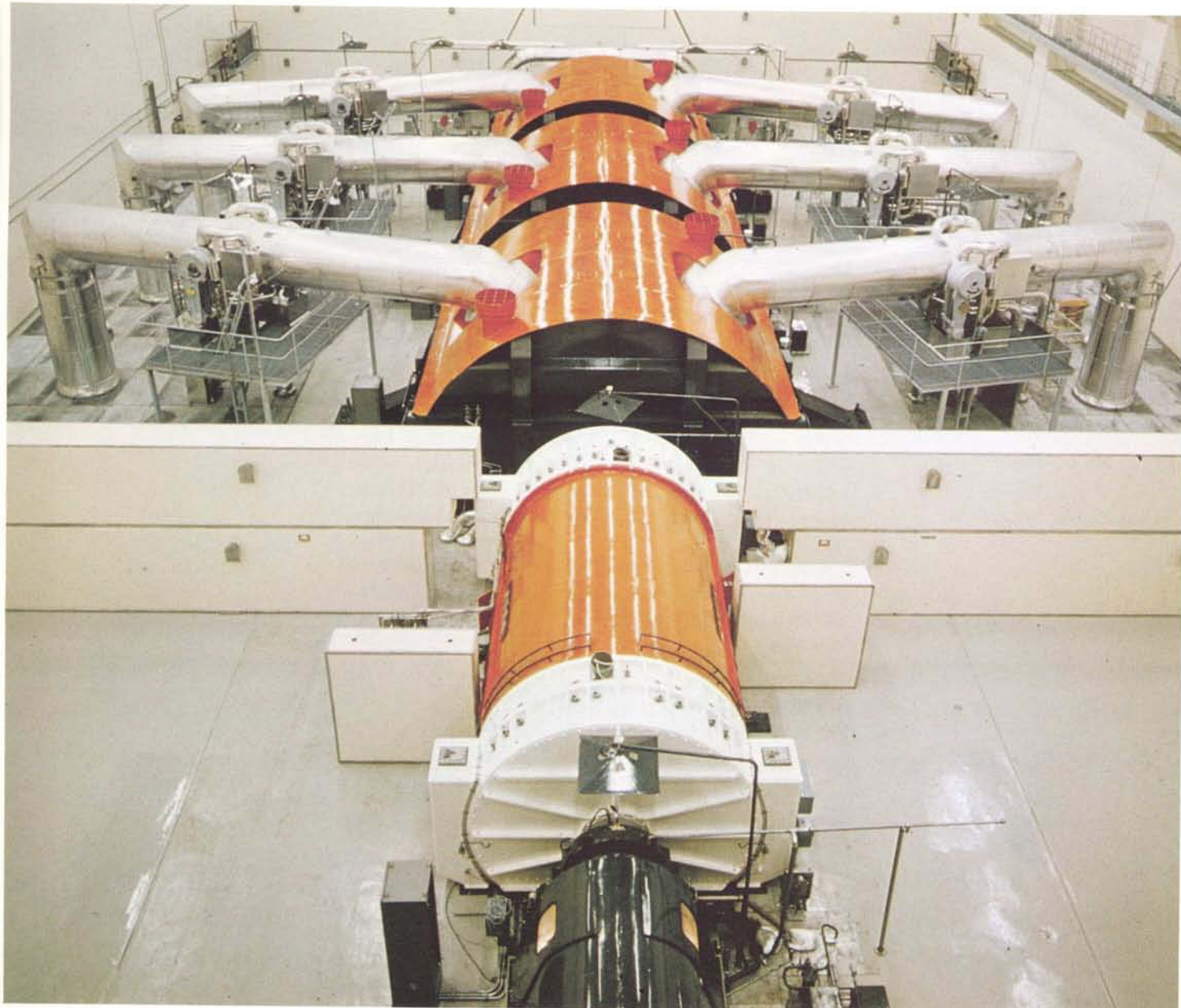
Reaktorhallen med bränslebytesmaskinen. I förgrunden bränsleförvaringsbassängerna och längst bort bassängen för interna delar.

De utbrända bränsleelementen får stå i bränslebassängen under minst sex månader, varvid radioaktiviteten gradvis avtar. Därefter transporteras de bort. Transporten sker i en särskild strålskyddsbehållare som rymmer ett fåtal bränsleelement. Denna behållare är konstruerad för att uppfylla internationella bestämmelser om strålskydd och hållfasthet.

Bränslet transporteras på båt från kraftverkets hamn.

Det använda bränslet innehåller 3 % avfall och 96 % uran, samt 1 % plutonium som kan återanvändas. För att separera avfallet från uran och plutonium måste bränslet upparbetas med en kemisk process vid en speciell upparbetningsanläggning.





Turbinhallen med generatort i förgrunden.

Turbinanläggningen

Turbinanläggningen har tillverkats av Stal-Laval AB i Finspång, men konstruktionen baserar sig på ett licensavtal med Brown-Boveri i Schweiz. Turbinen består av fyra delar, en högtrycksturbin och tre lågtrycksturbiner. Varje turbindel har sitt ånginlopp mitt på och ångan expanderar axiellt åt båda hållen genom ett skovelsystem. Under lågtrycksturbiner finns kondensorn upphängd, i vilken ångan kondenseras efter sista skovelraden i turbinen. Kondensorn är byggd i fyra sektioner med separat in- och utlopp för kylvatten för varje sektion.

De fyra turbindelarna samt generatort är hopbyggda på en gemensam axel och den totala roterande massan är ca 275 ton. Totallängden för hela aggregatet är 45 m och den totala vikten är ca 1 300 ton.

Högtrycksturbinens ytterhus är en svetsad plåt-konstruktion, medan innerhuset är av stålgiutgods. Lågtrycksturbinerens ytter- och innerhus är av svetsade plåt-konstruktioner.

Axeltätningarna, som hindrar ångan att läcka ut till turbinhallen, är monterade i turbinhusen. Axeltätningarna är uppbyggda av fjädrande segment för att hålla spelen vid ett minimum.

Mättad ånga, som kommer från reaktorn med 62 bars tryck och 277°C temperatur, leds till högtrycksturbinen och sedan, efter avfuktning och överhettning i mellanöverhettare leds ångan vidare till de tre lågtrycksturbiner och därifrån ned till kondensorn, där ångan kondenseras.

Från olika ställen på turbinen avtappas ånga med lämplig temperatur för användning till förvärmning av kondensatet innan det återförs till reaktorn.

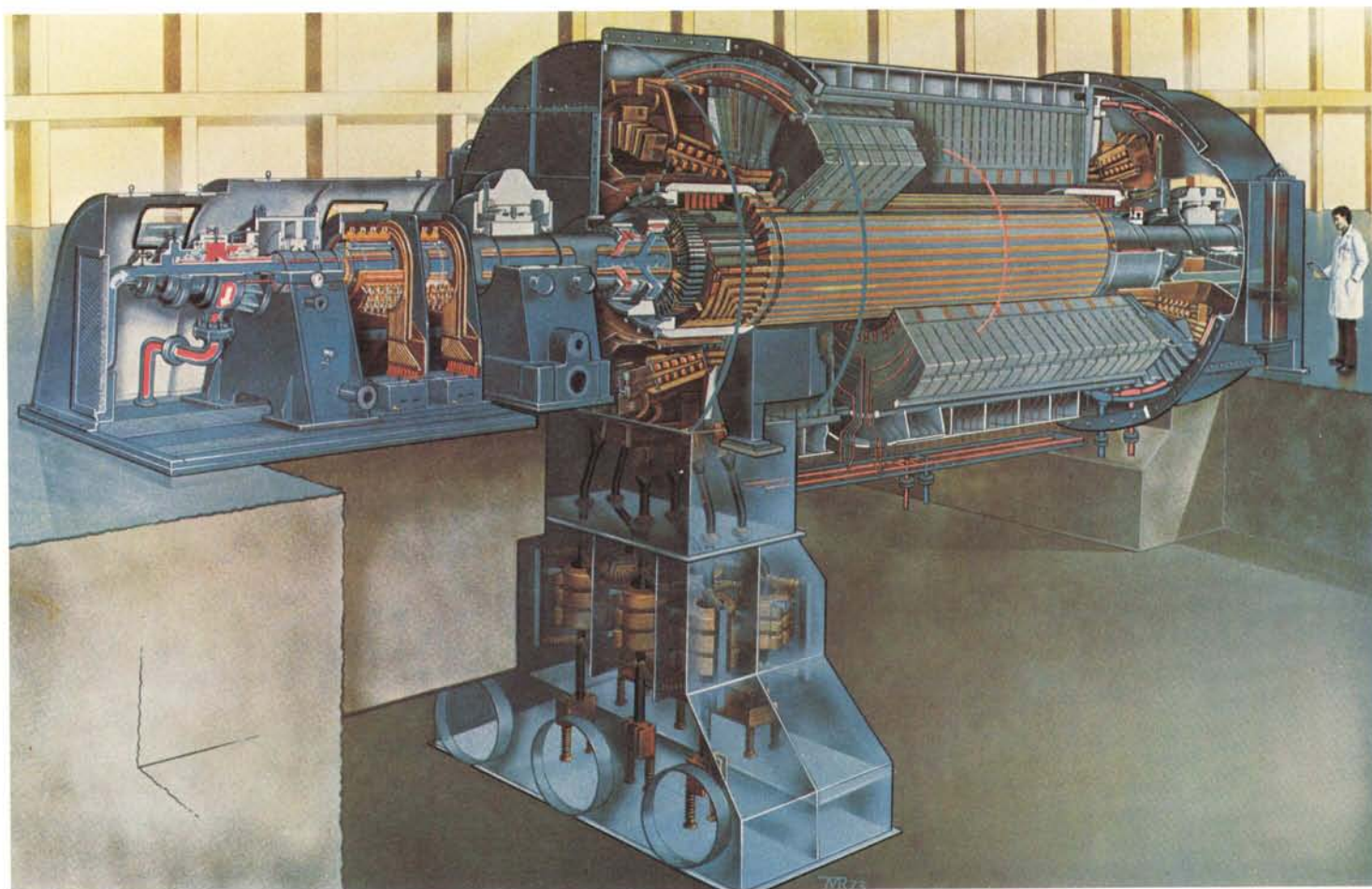
För att få bort en del av fukten är de sista stegen i högtrycksturbinen försedda med dräneringar och för att minska verkningarna från fukterosion har turbinen en speciellt avpassad konstruktion och dessutom är de sista raderna löpskovlar i hög- och lågtrycksturbinen härdade.

Generatoren

Generatoren har vattenkylning av såväl statorlindning, statorplåt som rotorlindning. Denna kylteknik medger att generatorns dimensioner kunnat hållas förhållandevis små. Den från generatoren genom vattenkretsen bortkylda värmeeffekten uppgår vid märkeffekt till ca 1 % av märkeffekten eller ca 6 MW.

För att garantera den höga vattenkvalitet som krävs för att upprätthålla erforderlig elektrisk isolationshållfasthet har man valt rostfritt material i hela kylsystemet. Vidare renas vattnet i en speciell jonbytare.

Magnetiseringsutrustningen består av en statisk strömriktare som via en separat transformator är ansluten till generatorskenorna.



Generatoren i genomskärning.

Elsystemet

Elkraften, som alstras i huvudgeneratoren, matas ut på 400 kV-nätet genom anslutning till stamledning- en genom västra Skåne. 130 kV-ställverket, varifrån verket bl.a. får sin startkraft, är anslutet till det maskade 130 kV-nätet samt via transformering till 400 kV-nätet.

Vid kustförläggning av ställverk kan problem uppstå på grund av saltvattenbeläggning på isolatorerna med åtföljande överslag. För att förhindra detta har ställverket i Barsebäck försetts med ett sprinklersystem bestående av pumpar, rörledningar och dysor, som vid risk för saltbeläggning sprinklar vatten på isolatorerna.

Enlinjeschemat på vidstående sida visar en förenklad bild av lokalkraftnätet. Stationens kraftproducerande generator G1 matar via huvudtransformatorn T 1 direkt ut på 400 kV-nätet. Hjälpkrafttransformatorn T 11 är direkt ansluten till generatorspänning och har två separata lindningar på sekundärsidan som matar skilda delar, kallade A- och B-sida. Denna uppdelning är sedan konsekvent genomförd över hela stationen vad beträffar matning till motorer och kontrollutrustning m.m.

Transformator T 12 är ansluten till 130 kV och är avsedd för 6 kV startkraft till stationen i normala fall.

6 kV-skenorna är anslutna till 130 kV-nätet via transformatorerna T 13 och T 14. Över dessa transformatorers tredje lindning matar gasturbingeneratorerna ut på nätet eller in på stationens lokalkraftnät. Gasturbinerna startas och kopplas automatiskt in på lokalkraftnätet vid bortfall av spänning på 6 kV-skenan. Detta har säkerhetsmässiga fördelar, då man på detta sätt har kraftmatning, oberoende av all yttre matning, till kraftverkets stora hjälpkraftobjekt, bl.a. kondensat-, matarvatten- och huvudcirkulationspumparna.

Dieselgeneratorerna är anslutna till separata 6 kV-skenor, vilka utgör grunden för det dieselsäkrade nätet. Längre ned i schemat finns de batterisäkrade näten, vars batterier hålls laddade via likriktare. Batterierna matar under eventuellt avbrott. Likaså har man favoriserade växelströmsnät som matas via roterande omformare från batterisäkrade likspänningsskenor.

Kraftverkets hjärna är det centrala kontrollrummet. Hit har den huvudsakliga manövreringen och övervakningen av reaktor, turbin och alla hjälpsystem förlagts.

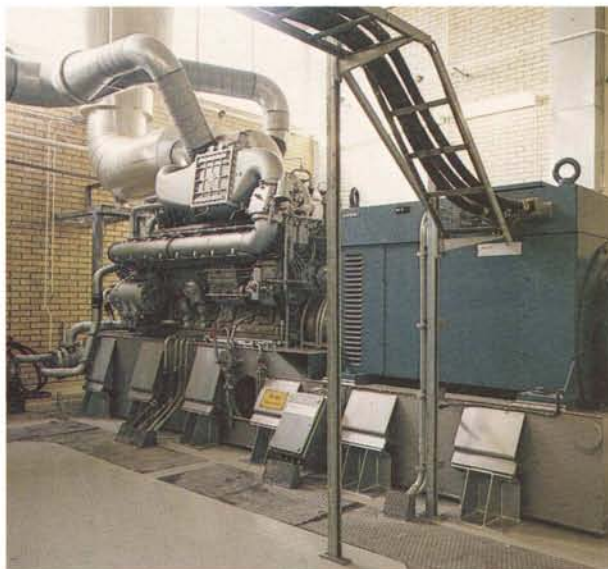
Reaktorns och turbinens manöverutrustning är uppbyggd av elektroniska system. Delvis på grund av detta har de delar i kontrollrummet som operatören betjänar kunnat göras kompakta med god översikt. Manöver och indikering av den termiska processen sker i huvudsak från kontrollpulpet. För de elektriska ställverken sker manöver och övervakning från en särskild kontrolltavla. Bakom pulpeten finns kontrolltavlor med skrivare, visareinstrument och vissa signaltabläer.

Operatören har till hjälp för övervakningen av härden och processen datorer med kringutrustning. Systemet används för övervakning och beräkningar av härdens reaktor fysikaliska och värmetekniska parametrar. Dessutom är med datorns hjälp ett system för dataloggning och signalföljdsregistrering uppbyggt med omkring 1 000 ingående analoga och digitala signaler.

Turbinen är försedd med sekvensautomatik för styrning och övervakning av turbinen vid start, stopp och under drift.

Stationens effektreglersystem styrs av effektmätningen på generatoren som sedan får påverka regulatorerna för huvudcirkulationspumparnas varvtal tills generatoreffekten överensstämmer med effektbörvärdet.

Signaler som ingår i ovanstående reglersystem och andra väsentliga signaler är uppbyggda i en s.k. 2 av 3-koppling. Detta innebär t.ex. att temperaturövervakningen i ett utrymme som skall utlösa isolering av reaktorinneslutningen när temperaturen når inställt värde sker med fyra olika temperaturkännande vakter. En av dessa är en reservvakt och de övriga tre är hopkopplade så att minst två måste ge signal för att uppfylla villkoren för utlösning. Detta sker för att med säkerhet få signal vid verkliga fel i processsystemen samtidigt som falska utlösningar undviks.



En av Barsebäcks dieselgeneratorer.



Gasturbinerna.

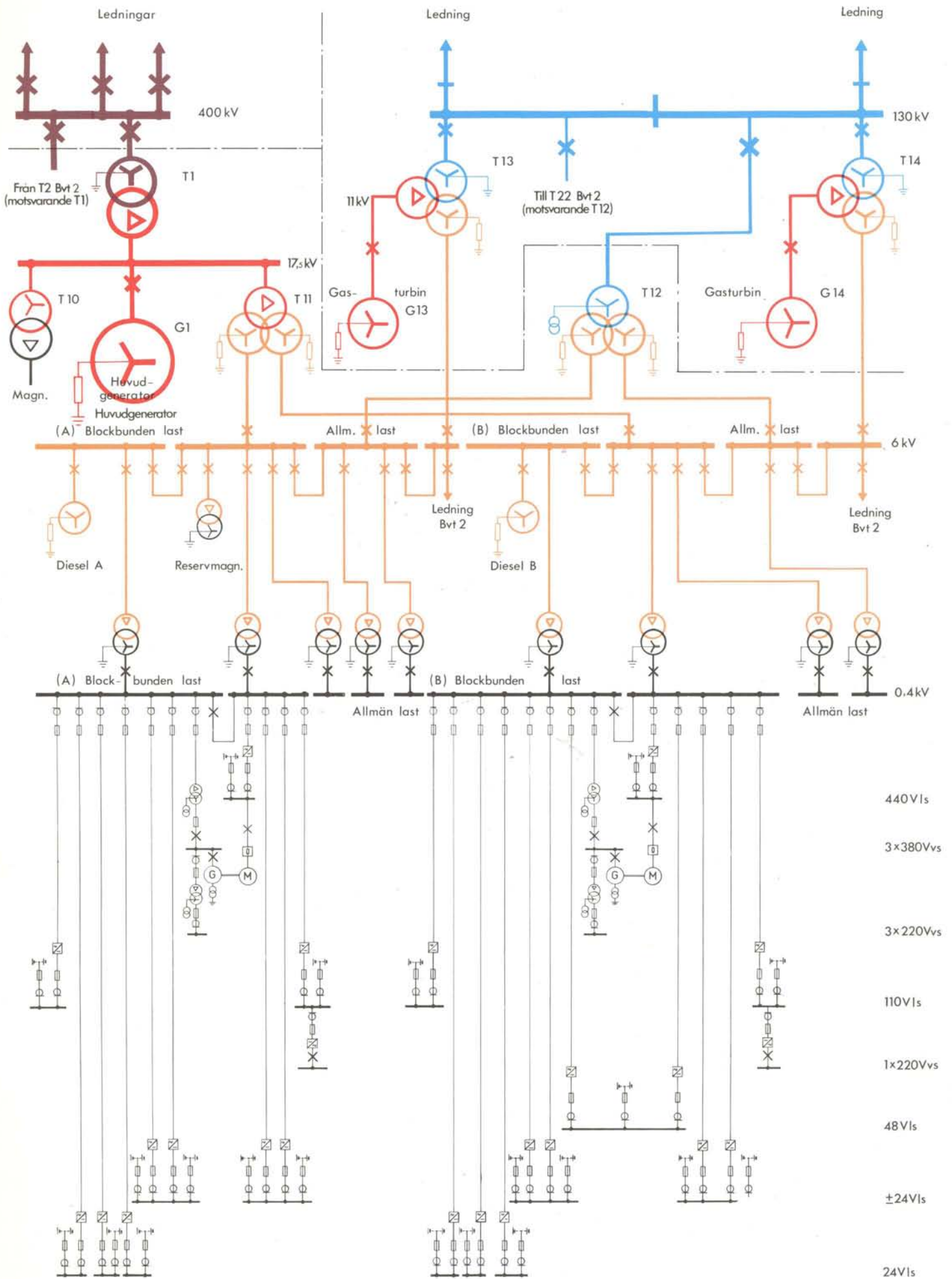


Yttre ställverket.

En grundläggande princip för dessa säkerhetsanordningar är därvid "fail-safe"-funktionen. Man strävar efter att konstruera vakten så att den vid fel i sig själv fungerar som om, i detta fall, temperaturen vore för hög, varvid vakten ger signal. Tack vare 2/3-kopplingen erhålls inte obefogad utlösning vid fel i enstaka vakt, utan felet kan avhjälpas eller reservvakten kopplas in.

Alla vakter provas också regelbundet på så sätt att man lokalt på en vakt i taget stimulerar den övervakade storheten och kontrollerar att signal erhålls.

Barsebäcksverket 1. Översiktsschema för el.



Driften

Normaldrift

Från reaktorn förs totalt 850 kg ånga i sekunden genom fyra st 500 mm grova ångledningar, som är försedda med snabbstängnings- och reglerventiler, fram till högtrycksturbinen. Se processchema.

När ångan kommer till högtrycksturbinen är den mättad och innehåller några tiondels procent fuktighet. Efter det att ångan har expanderat i turbinen är fukthalten uppe i 15 % och högre fuktighet kan ej accepteras på grund av att vattendropparna då sliter för kraftigt på turbinskovlarna. Därför avfuktas ångan efter högtrycksturbinen och återuppvärms i mellanöverhettarna med hjälp av färskånga direkt från reaktorn.

Efter mellanöverhettarna delas ångan upp i tre delflöden och leds till lågtryckstrubiner. Ångan kommer in på mitten av varje lågtrycksdel och expanderar åt sidorna genom skovelsystemen. De tre lågtrycksdelarna är placerade ovanför kondensorn och från de sex avloppen går ångan rakt ned i kondensorn.

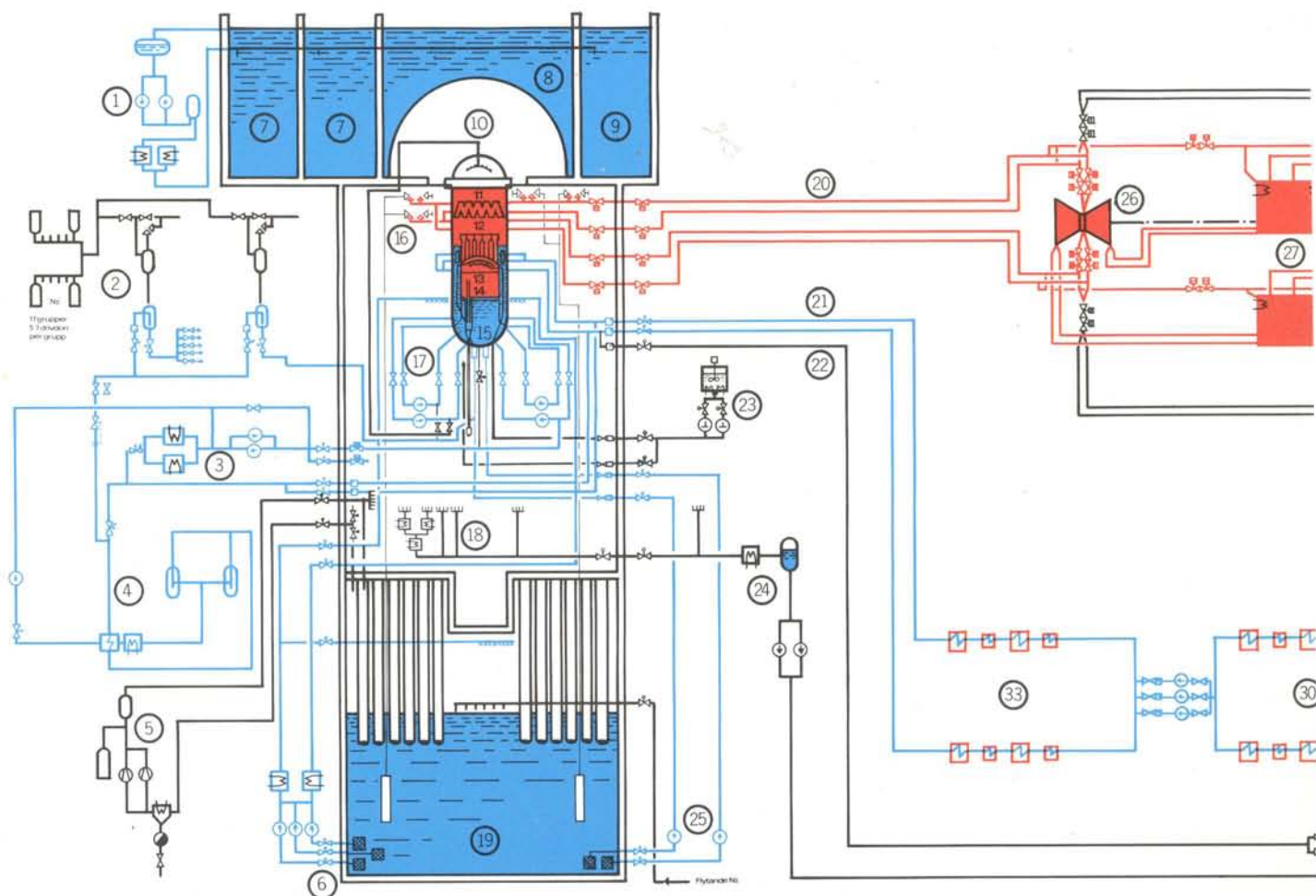
22 m³ havsvatten per sekund pumpas av fyra kylvattenpumpar genom kondensorns 31 200 tuber. Härvid uppvärms kylvattnet ca 10°C innan det släpps ut i Öresund genom ett för båda aggregaten

gemensamt utlopp. Den vanligtvis nordgående strömmen i sundet blandar hastigt om kylvattnet och inom ett avstånd av någon kilometer från kylvattenutsläppet blir ytvattnets övertemperatur mindre än 2°C.

Kondensortuberna skiljer alltid det radioaktiva kondensatet från havsvattnet. Vid ett tubfel kan aktivitet ej läcka ut, eftersom kondensorn står under vakuum, varför havsvatten i stället läcker in.

Kondensatet i turbinkondensorn pumpas med tre kondensatpumpar genom två parallella lågtrycksförvärmare (syst 462) och kondensatrengningsanläggningen (syst 332). Förvärmarna är stora värmeväxlare som med hjälp av avtappningsånga från turbinen värmer kondensatet. I rengöringsanläggningen passerar vattnet beläggingsfilter som fångar upp bl.a. korrosionsprodukter och salter från eventuellt inläckande havsvatten.

Kondensatrengningsanläggningen är uppbyggd av sex parallella filterled, varav ett normalt skall stå i reserv. Vardera filtret är uppbyggt av ett stort antal stavformiga filterelement. Dessa filterstavar beläggs med filtermassa, vilken normalt består av en blandning av finmalen anjon- och katjonbytarmassa.



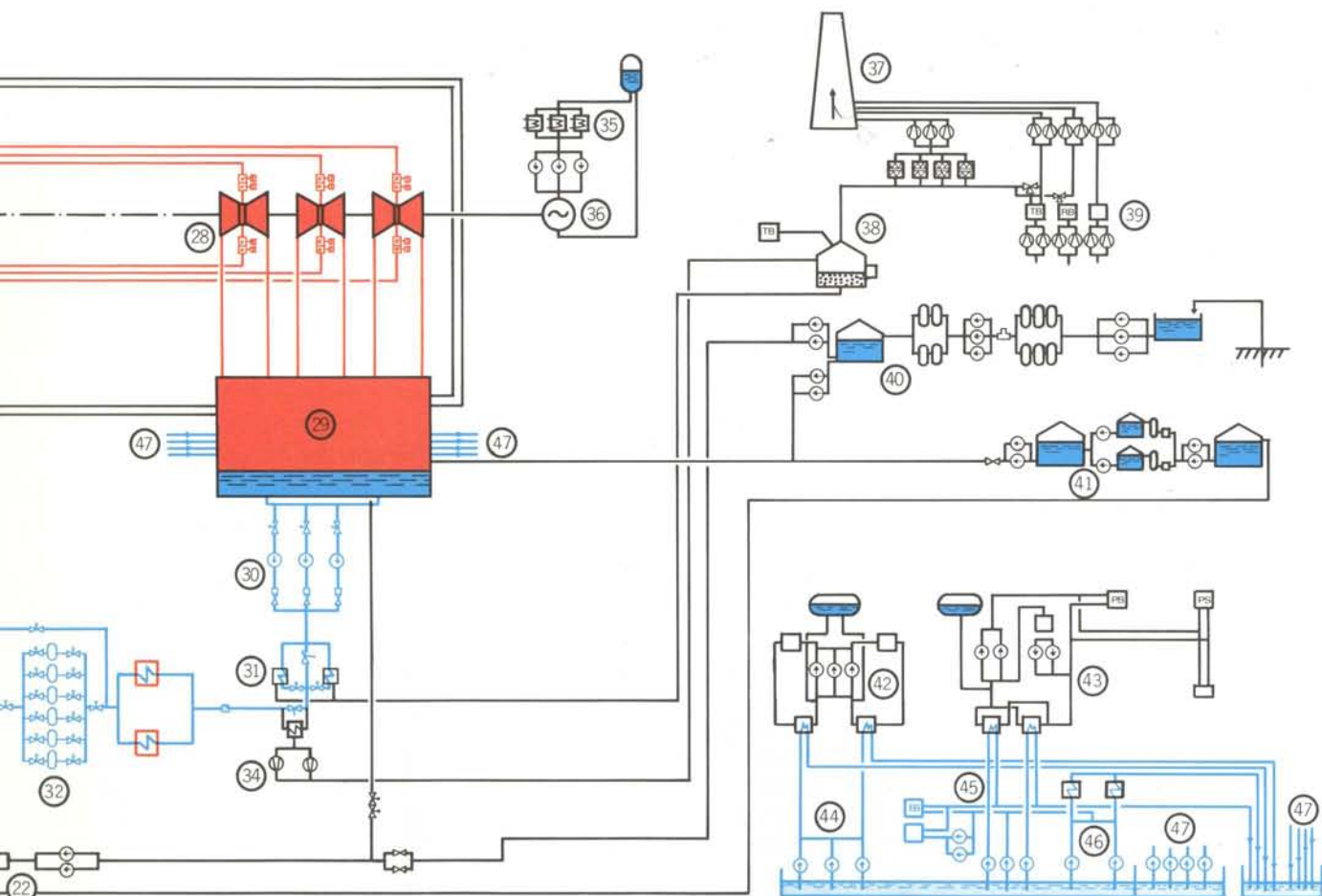
Efter att ha värmts upp i ytterligare två förvärmsteg kommer vattnet till matarvattenpumparna (syst 312), vilka ger den nödvändiga tryckstegringen för att kunna återföra vattnet till reaktortanken. Matavatten- och kondensatpumparna består av tre 50 %-iga pumpar i vardera gruppen. Under normal drift står alltså en pump i reserv. Matavattenpumparna arbetar vid fullast vid en temperatur av 112°C och ger ett flöde av 425 kg/s vardera. Den erforderliga motoreffekten är då $2 \times 4,4$ MW.

Matarvattenregleringen sker normalt genom varvstalsreglering av matavattenpumparna. Mellan pump och motor finns en hydraulisk koppling med

vars hjälp pumpvarvtalet kan varieras. Matavattenflödet regleras med avseende på nivån i reaktortanken, men för att åstadkomma en tillräckligt snabb reglering i alla situationer ingår också mätning av ångflödet och ett antal logiska signaler i regleringssystemet. Vid matavattenflöden under 35 % används strypventiler för regleringen.

Innan matavattnet når reaktor har det värmts i två högtrycksförvärmsteg (syst 463) till sluttemperaturen 180°C. Hela förvärmstråket är uppbyggt av två parallella enheter i resp steg med tillhörande förbiledningar, så att någon enhet vid behov kan ställas av för reparation eller översyn.

1. Kyl- och rengingsystem för bränsleförvaringsutrymme.	17. Cirkulationssystem	34. Läckage- och hjälpångsystem
2. Hydrauliskt system för drivdon	18. Läckageövervakningssystem	35. Generatorkylsystem (yttre kretsar)
3. Kylsystem för avställd reaktor	19. Kondensationssystem	36. Generator
4. Rengingsystem för reaktorvatten	20. Huvudångledningar	37. Skorsten
5. Gasbehandlingssystem för reaktorinneslutningens atmosfär	21. Matavattensystem	38. System för radioaktiva avloppsgaser
6. Kylsystem för reaktorinneslutningen	22. Hjälpmatavattensystem	39. Ventilationssystem för övriga aktiva utrymmen
7. Förvaringsbassäng för bestrålade bränsleelement och styrstavar	23. Borinsprutningssystem	40. System för totalavsaltning, lagring och distribution av totalavsaltat vatten
8. Reaktorbasäng	24. Dränagesystem för reaktordelen	41. System för behandling av vätskeformigt aktivt avfall
9. Förvaringsbassäng för interna delar	25. Sprinklersystem för reaktorhärden	42. Sekundärkylsystem för start och avställning
10. Sprinklersystem för reaktortankens lock	26. Högtrycksturbin	43. Sekundärkylsystem för driftbehov
11. Fuktavskiljare	27. Mellanöverhettare och fuktavskiljare	44. Havsvattenkylsystem för start och avställning
12. Ångavskiljare	28. Lågtrycksturbin	45. Havsvattenkylsystem för driftbehov
13. Hårdstrilar	29. Kondensor	46. Havsvattenkylsystem för dieselar
14. Reaktorhård	30. Huvudkondensatsystem	47. Kondensor- och hjälpkylvattensystem
15. Styrstavar	31. Kondensor-, evakuerings- och rekombinator-system	
16. Avblåsningssystem	32. Rengingsystem för kondensat, pulver	
	33. Matavattensystem	





Centrala kontrollrummet för Barsebäck 2.

På grund av den radioaktiva strålningen inne i reaktorn under drift sönderdelas en liten del av vattnet i sina beståndsdelar väte och syre. Genom bestrålningen av det bildade syret omvandlas en del därav till radioaktivt kvävgas. Denna aktiverade gasblandning förs med ångan genom turbinen till kondensorn. I kondensorn måste gaserna sugas av tillsammans med inläckande luft för att undertrycket i kondensorn skall bibehållas. Avsugningen sker med hjälp av ångejektorer och sedan medföljande ånga kondenseras i en särskild kylare förs gaserna till en rekombinator (syst 461) och en fördröjningstank (syst 341). I rekombinatoren upphetas gasblandningen till hög temperatur i närvaro av en katalysator, varvid väte och syre åter bildar vatten. Detta vatten leds till en dränagetank för att återföras till processen. Genom rekombineringen minskas det vidare gasflödet avsevärt. Resterande gaser förs till fördröjningstanken, som är en vertikal cylindrisk behållare som rymmer ca 1 000 m³ sand. Sanden fördröjer mekaniskt utsläppet av de radioaktiva gaserna som sugas av från kondensorn. De flesta gaserna har kort halveringstid och fördröjningen är omkring 20 timmar, varför merparten av radioaktiviteten har klingat av innan gaserna har passerat sandtanken och en starkt begränsad mängd gasformig radioaktivitet släpps ut i skorstenen.

Vid anläggningens drift krävs också att flera hjälpsystem är i gång. För kontinuerlig rening av reaktorns vatten finns ett system (331) som med hjälp av pumpar tar ut ett mindre flöde från primärkretsen och renar det i filter och jonbytare innan det blandas med matarvattnet och återförs till reaktorn.

För kylning och rening av bränsleförvaringsbassängerna finns ett system (324) innehållande kylare, pumpar och filter.

Ventiler och andra flänsförband i rörledningar som innehåller varmt, trycksatt reaktorvatten är försedda med dubbla tätningar vid alla tätningssytor. Utrymmet mellan de två tätningarna är anslutet till ett dräneringssystem (352) och hålls vid undertryck med hjälp av fläktar. På så sätt undviker man att eventuella mindre läckage i tätningar sprider aktivitet i verkets olika utrymmen.

Trots detta har varje rum som kan innehålla aktivitet anslutits till ett särskilt ventilationssystem (341) som vid behov filtrerar all luft i högeffektiva kolfilter innan den släpps ut genom skorstenen.

Hela processen och hjälpsystemens funktioner övervakas från det centrala kontrollrummet, där all instrumentering och övervakande signaler samlats överskådligt. Till sin hjälp har operatören ett datorsystem för datainsamling och viss övervakning.

I alla system som är väsentliga för stationens drift har dubbleringar skett, rörsystemen har delats upp på skilda kretsar och viktiga komponenter är dubbelade, så att den ena kan stå i ständig reserv. Sådana åtgärder motiveras dels av säkerhetsskäl, dels av att stationens tillgänglighet och okänslighet för störningar därmed också ökas.

Elmatningen till dubbelade system är på motsvarande sätt uppdelad i separata kretsar som matas från olika håll. Såväl rörsystem som komponenter, styrutrustningar, ställverk och alla kablar i de två delarna av de dubbelade systemen är skilda åt i separata rum och kulvertar för att fel, t.ex. brand, i den ena delen ej skall påverka den andra.

Av ekonomiska skäl köres stationen i regel i grundlastdrift, d.v.s. man kör med 100 % effekt kontinuerligt. Den är emellertid tekniskt så utrustad att den om så fordras kan delta i effektregeringen, t.ex. överveckosluten.

Reaktor- och därmed generatoreffekten kan relativt hastigt ändras inom området 65–100 % med hjälp av varvtalsstyrning på huvudcirkulationspumparna. Vid större effektvariationer måste reaktorns styrstavar ändras och stora ändringar i effekten kan då ta flera timmar att genomföra.

Störningar

Störningar kan tänkas inträffa och ett exempel är ett plötsligt lastfrånslag på grund av fel i det yttre nätet. Härvid kopplas aggregatet bort från nätet med aggregatbrytaren och går över i husturbindrift, d.v.s. produktion av hjälpkraft för det egna aggregatet. Reaktoreffekten kan inte omedelbart minskas, varför turbinen försetts med ett system som dumpar överskottsånga direkt till kondensorn. Dumpsystemet (461) klarar 100 % reaktoreffekt under en kortare tid varefter automatiskt nedstyrning av effekten sker.

I händelse av att den uppkommande störningen medför att dumpsystemet ej är tillgängligt vid lastfrånslag kan turbinanläggningen ej ta emot reaktorånga. Reaktorns avblåsningssystem (syst 314) får då signal att omedelbart öppna säkerhetsventilerna, vilka blåser av överskottsånga till kondensationsbassängen. Samtidigt utlöses snabbstopp av reaktorn.

I fall övergången till husturbindrift inte är möjlig och även inmatningen från det yttre 130 kV-nätet är bruten startar gasturbinaggregaten som kan leverera elkraft till alla anläggningsdelar.

Elförsörjning till de vitala anläggningsdelarna är ytterligare säkrad via två dieselaggregat som startar automatiskt när all annan elförsörjning är ur funktion. I detta fall levereras t.ex. manöverström från batterier till vissa väsentliga ventiler, såsom skalventilerna.

De nukleära reaktionerna som sker i bränslet skapar radioaktiva klyvningsprodukter. När reaktorn stoppas och klyvningsprocesserna upphör så kommer de aktiva klyvningsprodukterna att fortsätta att sönderfalla. Värme frigörs vid dessa reaktioner och denna resteffekt ställer stora krav på att härdens kylning kan upprätthållas i alla situationer.



Batterisystem.

I fall av brott på t.ex. en stor cirkulationsledning som gör det omöjligt att hålla reaktorn fylld med vatten över härdens nivå träder härdstrilsystemet (323) i funktion och kyler bränsleelementen.

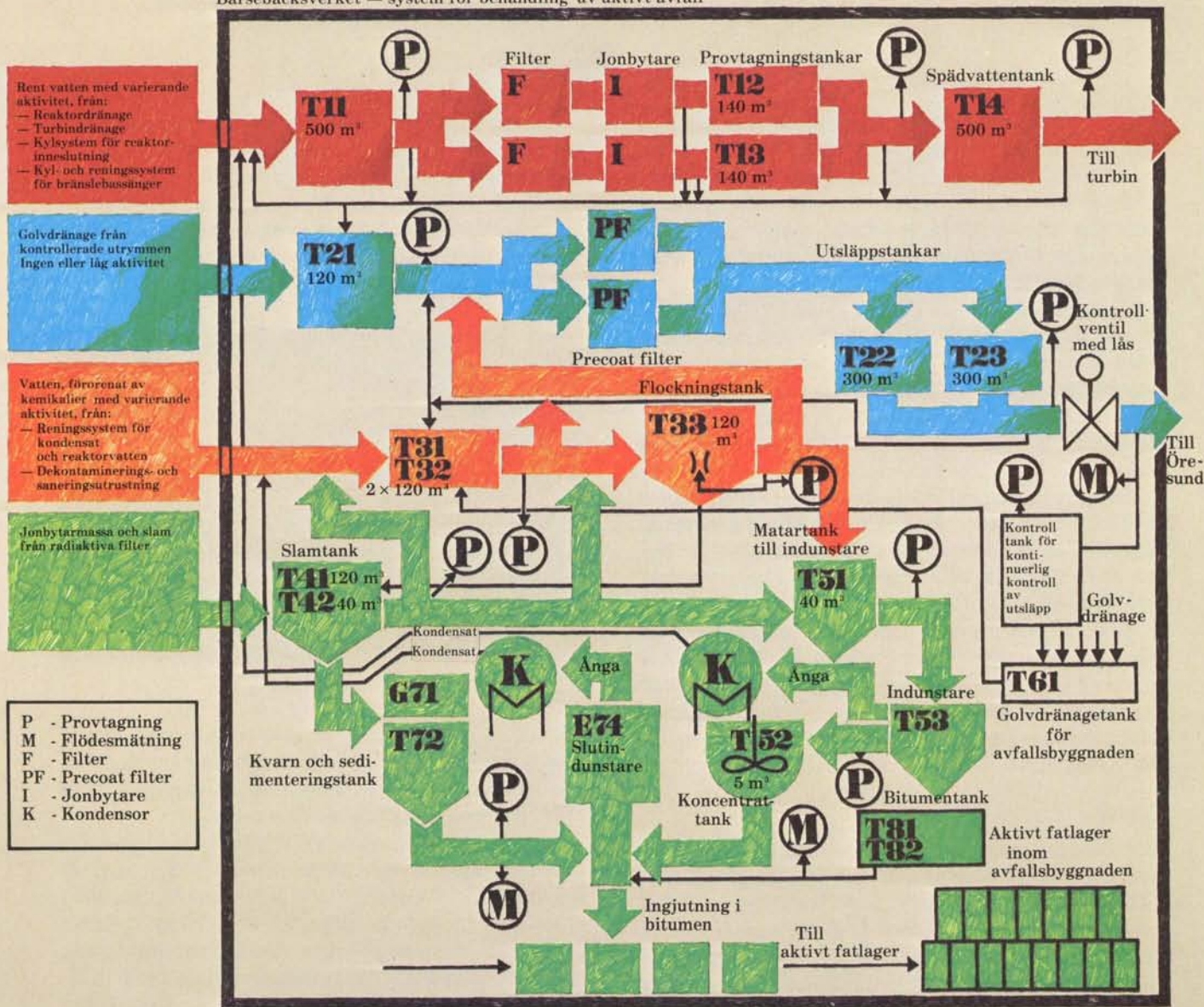
Ångan som släpps ut ur primärkretsen till reaktorinneslutningen tvingas genom nedblåsningrören till kondensationsbassängen och kondenserar där. Några sekunder senare, på signal om alltför högt tryck eller alltför hög temperatur i reaktorinneslutningen, träder strilsystemet för reaktorinneslutningen (322) i funktion och kyler ned inneslutningen så att ångan kondenseras, varigenom tiden med tryck i inneslutningen reduceras till några timmar.

Båda dessa kylsystem är uppbyggda av två separata kretsar.

Var och en av kretsarna i härdstrilsystemet har tillräcklig kapacitet för härdens kylning. Kretsarna är byggda med en pump som suger vatten från kondensationsbassängen och strilar det genom dysor inne i reaktortanken ovanför bränsleelementen.

Pumpmotorerna får sin elmatning från två olika delar av lokalställverket och i händelse av samtidig nätstörning matas de från var sin dieselgenerator. Ventilerna efter pumparna som måste öppnas för att släppa in vattnet i reaktorn är motordrivna och dubbelade med två parallella ventiler i varje ledning, där resp motordon också får sin elmatning från olika håll. Det finns vidare provningsledningar som används vid regelbundna provkörningar av systemet. Pumparna och ledningarna är fysiskt separerade, så att en inverkan från brand, översvämning eller liknande endast kan tänkas förhindra drift av en av kretsarna.

Strilsystemet för reaktorinneslutningen är dessutom försett med en yttre kylkrets för kylning av strilvattnet.



Hantering av lågaktivt avfall

Avfall i form av smutsat vatten och uttjänat material produceras ständigt i ett värmekraftverk. Detta avfall kan i en kärnkraftstation vara aktivt och behandlas därför på speciellt sätt.

All hantering av flytande och fasta avfallsprodukter har i Barsebäcksverket koncentrerats till en särskild byggnad, avfallsbyggnaden. Hit leder kulvertar med rörledningar innehållande alla slags flytande avfall, vilka därefter i skilda stråk behandlas på olika sätt alltefter ursprung och innehåll.

För att möjliggöra uppsamling av läckage av aktivt medium utförs tätningar i kärnkraftverk med dubbla tätningsytor och mellandränage. Sådant normalt läckage från flänsförband, ventiler och pumpar samt övrigt systemdränage från aktiva system leds därför direkt till avfallsanläggningen och belastar således ej golvdränage eller ventilation i verkets olika utrymmen.

Detta avfallsvatten kan vara radioaktivt men är för övrigt oftast rent och efter filtrering och jonbyte återanvänds allt. Det leds efter rening till en förrådskontrolltank, varifrån det vid behov pumpas in i kondensorn som spädvatten.

Golvdränage från stationens aktiva utrymmen kan uppkomma sporadiskt, t.ex. vid rengöring av utrymmet, och är ofta smutsigt men normalt inte radioaktivt. Efter kontroll av aktivitetens innehåll kan man pumpa ut det i kylvattenkanalen och vidare ut i havet. Under utpumpningen sker en kontinuerlig provtagning som gör det möjligt att dokumentera allt avfall som släpps ut i havet. Aktivitet som är någon anledning när golvdränaget avlägsnas vanligtvis genom filtrering innan dränaget släpps till havet.

Från fällningsreaktioner och slamavskiljning i avfallsstationen samt vid backspolning av filter i reaktorn

tor- och turbinsystemens reningssystem erhålls ett slamhaltigt och radioaktivt avloppsvatten. Genom sedimentering åtskiljer man vätska och slam. I slammet finns radioaktiviteten och denna produkt överförs i en lagringsbar form efter inblandning av bitumen. Vätskan är ofta kemiskt förorenad, varför den inte kan återanvändas direkt.

I en industare kokar man därför av det mesta av vattnet som återanvänds. I industaren erhålls en återstod av koncentrat. Koncentratet gjuts in i 200 l plåtfat tillsammans med slammet och bitumen. Tunorna lagras i byggnaden för låg- och medelaktivt avfall på stationsområdet ett antal år beroende på aktivitetens innehåll. Kapacitet finns för minst fem års lagring.

Barsebäcksverket

- tekniska data för ett block

Huvudleverantörer

Byggnads- och anläggningsarbeten	Skånska Cementgjuteriet
Reaktorläggning	Asea-Atom
Turbinläggning	Stal-Laval
Avfallshanteringsanläggning	Saint Gobain

Allmänna data

Elektrisk nettoeffekt	570 MW
Netto verkningsgrad	33,5 %
Kommersiell drift block 1	1975
Kommersiell drift block 2	1977

Byggnadsdata

Stationsområde	205 hektar
Byggnadsvolym	430.000 m ³
Höjd över havet exkl skorsten	.59 m
Ingående mängd betong	95.000 m ³
Ingående mängd armering	5.500 ton
Formytor	225.000 m ²

Reaktorläggning

Termisk effekt	1.700 MW
Ångflöde	850 kg/s
Drifttryck	70 bar
Ångtemperatur	286°C
Reaktorns höjd × diameter	20,0 × 5,2 m
Reaktorns vikt	550 ton
Antal bränsleelement	444 st
Bränslematerial	sintrad UO ₂ 2,8 % U-235
Bränslets totalvikt	79 ton U
Härdens diameter	3.630 mm

Härdens höjd	3.712 mm
Genomsnittlig effekttäthet	21,5 kW/kg U
Antal bränslestavar per bränsleelement	63 st
Bränslestavens ytterdiameter	12,25 mm
Kapslingsmaterial	Zr-2
Absorbatormaterial i bränslet	Gd ₂ O ₃
Antal styrestavar	109 st
Absorbatorlängd	3.650 mm
Total styrestavslängd	6.380 mm
Absorbatormaterial	B ₄ C

Turbinläggning

Turbinens bruttoeffekt	590 MW
Högtrycksturbinens effekt	250 MW
Ångdata före högtrycksturbin	68 bar/284°C
Ångdata efter högtrycksturbin	5,7 bar/157°C
Mellanöverhettning	5,3 bar/261°C
Antal lågtryckdelar	3 st
Avloppsarea totalt	51 m ²
Längd på sista skoveln	950 mm
Matarvattentemperatur	180°C
Kylvattenflöde	22,2 m ³ /s

Generator

Generatorns märkeffekt	710 MVA
Generatorns märkspänning	17,5 kV
Generatorns effektfaktor	0,85
Kylning rotor, stator	Vatten
Huvudtransformators märkeffekt	700 MVA
Huvudtransformatorns märkspänning	17,5/410 kV

SYDKRAFT

Barsebäcksverket. 240 21 Löddeköpinge.
Telefon 046-77 55 00.

FÖRTECKNING ÖVER KBS. TEKNISKA RAPPORTER

1977-78

121 KBS Technical Reports 1 - 120.
Summaries. Stockholm, May 1979

1979

- 79-01 Clay particle redistribution and piping phenomena in bentonite/
quartz buffer material due to high hydraulic gradients
Roland Pusch
University of Luleå 1979-01-10
- 79-02 Försöksområdet vid Finnsjön
Beskrivning till berggrunds- och jordartskartor
Karl-Erik Almén
Lennart Ekman
Andrzej Olkiewicz
Sveriges Geologiska Undersökning november 1978
- 79-03 Bergmekanisk bedömning av temperaturlastning vid slutförvaring
av radioaktivt avfall i berg
Ove Stephansson
Bengt Leijon
Högskolan i Luleå 1979-01-10
- 79-04 Temperatur- och spänningsberäkning för slutförvar
Taivo Tarandi
VBB Vattenbyggnadsbyrån, Stockholm februari 1979
- 79-05 Kompletterande berggrundsundersökningar inom Finnsjö- och
Karlshamnsområdena
Andrzej Olkiewicz
Sören Scherman
Karl-Axel Kornfält
Sveriges Geologiska Undersökning 1979-02-02
- 79-06 Kompletterande permeabilitetsmätningar i Karlshamnsområdet
Gunnar Gidlund
Kenth Hansson
Ulf Thoregren
Sveriges Geologiska Undersökning februari 1979

- 79-07 Kemi hos berggrundvatten i Blekinge
Gunnar Jacks
Institutionen för Kulturteknik, KTH, februari 1979
- 79-08 Beräkningar av grundvattenrörelser inom Sternöområdet i Blekinge
John Stokes
Institutionen för Kulturteknik, KTH, februari 1979
Preliminär utgåva
- 79-09 Utvärdering av de hydrogeologiska och berggrundsgeologiska
förhållandena på Sternö
Kaj Ahlbom
Leif Carlsson
Gunnar Gidlund
C-E Klockars
Sören Scherman
Ulf Thoregren
Sveriges Geologiska Undersökning, Berggrundsbyrån,
februari 1979
- 79-10 Model calculations of groundwater condition on Sternö peninsula
Carl-Lennart Axelsson
Leif Carlsson
Geological Survey of Sweden september 1979
- 79-11 Tolkning av permeabilitet i en befintlig berganläggning
Ulf Lindblom
Alf Norlén
Jesús Granero
Kent Adolfsson
Hagconsult AB februari 1979
- 79-12 Geofysisk borrhålmätning i 2 st borrhål på Sternö
Kurt-Åke Magnusson
Oscar Duran
Sveriges Geologiska Undersökning februari 1979
- 79-13 Bildning av fritt väte vid radiolys i lerbädd
Trygve Eriksen
Johan Lind
Institutet för Kärnkemi KTH 1979-03-28
- 79-14 Korrosionsprovning av olegerat titan i simulerade
deponeringsmiljöer för upparbetat kärnbränsleavfall.
Slutrapport.
Sture Henrikson
Marian de Pourbaix
Studsvik Energiteknik AB 1979-05-07
- 79-15 Kostnader för hantering och slutförvaring av högaktivt avfall
och använt kärnbränsle
Arne W Finné
Åke Larson Byggare, april 1979
- 79-16 Beräkning av permeabilitet i stor skala vid bergrum i Karlshamns
hamn
Ulf Lindblom
J J Granero
Hagconsult AB Göteborg, 23 augusti 1979

- 79-17 Water percolation effects on clay-poor bentonite/quartz buffer material at high hydraulic gradients
R Pusch
Div. Soil Mechanics, University of Luleå, 1979-05-31
- 79-18 Sammanställning och utvärdering av genomförda GETOUT- och BIOPATH-körningar
M Elert
B Grundfelt
C Stenquist
Kemakta AB, Studsvik Energiteknik AB, 1979-08-13
- 79-19 Diffusion in the rock matrix - An important factor in radionuclide retardation?
Ivars Neretnieks
Royal Institute of Technology May 1979
- 79-20 Hydraulisk konduktivitet bestämd i stor skala i ytliga partier av Blekinge kustgnejs
Ulf Lindblom, Hagconsult AB, Göteborg
Torbjörn Hahn, Fortifikationsförvaltningen, Stockholm
Göteborg juni 1979
- 79-21 Teknik och kostnad för rivning av svenska kärnkraftverk
Utarbetad av en särskild arbetsgrupp inom SKBF/KBS,
oktober 1979