



**Statens
strålskyddsinstitut**

Postadress
Box 60204
104 01 STOCKHOLM

Gataadress
Karolinska sjukhuset
Solna

Telefon
08 24 40 80

Curt Bergman

Bo Tage Holmberg

Avveckling och friklassning av R1-reaktorn

ISSN 0292-4434

Pris 25 kronor



Författare

Curt Bergman och Bo Tage Holmberg

Avdelning

Kärnenergi byrån

Dokumentets titel

Avveckling och friklassning av R1-reaktorn

Sammanfattning

Sveriges första kärnreaktor - forskningsreaktorn R1 - belägen vid Drottning Kristinas väg i Stockholm har under perioden 1981 - 1983 varit föremål för fullständig avveckling. Strålskyddsinstitutet har noggrant följt arbetet och har även efter avvecklingen gjort egna kontrollmätningar av kvarvarande aktivitet i lokalerna. Promemorian redovisar institutets insatser före och under avvecklingsarbetet med tonvikten på de kontrollmätningar som gjorts för att riklassa lokalerna.

Nyckelord (valda av författaren)

Friklassning, Decommissioning, Avveckling

Antal sidor

25

AVVECKLING OCH FRIKLASSNING AV R1 REAKTORN

Curt Bergman och Bo Tage Holmberg
Statens strålskyddsinstitut
Box 60204
S-10401 STOCKHOLM

(Bakgrundsmaterial till strålskyddsinstitutets behandling
1985-02-01 av frågan om friklassning av lokalerna efter R1
reaktorn.)

Historik

Redan år 1947 bildades det halvstatliga bolaget AB Atomenergi. Två år senare bildades en arbetsgrupp under ledning av Fil Dr Sigvard Eklund med representanter från Försvarets forskningsanstalt och AB Atomenergi med uppgift att utarbeta ett förslag till uppförande av en forskningsreaktor. När reaktorn R1 - förkortning av Reaktor nr 1 - togs i drift den 13 juli 1954 var det visserligen inte den första kärnreaktorn i Norden - redan 1951 togs reaktorn R1 i drift i Kjeller utanför Oslo - men likväl utgjorde den en viktig milstolpe i den teknisk/vetenskapliga utveckling som ledde fram till det nuvarande svenska kunnandet inom kärnenergiområdet.

Kärnbränslet i R1 reaktorn utgjordes av bränslestavar av naturligt (icke-anrikt) metalliskt uran som var kapslat i aluminium med en total mängd uran av 2,9 ton. Närmare 6 ton tungt vatten användes som moderator och kylmedel. Den maximala effekten var ursprungligen 100 kW men höjdes successivt. Efter ombyggnad av kylsystemet år 1967 uppnåddes slutligen 1 MW som högsta effekt. Reaktorn var enbart avsedd för forskningsändamål. Den arbetade vid atmosfärstryck och drifttemperaturen i kylmedlet vid effekten 1 MW var 45°C. Lokalmässigt var reaktorn nedsprängd i berget vid Drottning Kristinas väg 47, Stockholm, (fig. 1).

Trots att reaktorn inte konstruerats efter dagens mycket stränga säkerhetskrav och att reaktorkonstruktörerna och driftpersonalen hade mycket begränsad erfarenhet att basera sin verksamhet på, inträffade under reaktorns livstid inget allvarligt

tillbud. Det allvarligaste var ett brott på en bränslästav. Det skadade bränslet kunde emellertid snabbt omhändertas och någon spridning av radioaktivt material skedde inte vid händelsen. De flesta missödena som hända var relaterade till den forskning som utfördes i anslutning till reaktorn t ex spridning inom lokalerna av radioaktiva ämnen från försöksuppställningar som gått sönder eller radiologisk verksamhet i de anslutande laboratorierna. Vid några händelser spreds radioaktivt material i enstaka lokaler så att omfattande sanering nödvändiggjordes. Tillbudet ledde emellertid aldrig till omfattande personkontaminering eller personbestralning och den efterföljande dekontamineringen utfördes alltid till sådan nivå att den strålskyddsansvarige kunde godkänna arbetet.

Efter 16 års drift, ca 65.000 effektiva drifttimmar, stängdes reaktorn av för sista gången den 5 juni 1970.

Avvecklingsbeslut

Efter inspektion skrev strålskyddsinstitutet i brev till AB Atomenergi den 16 januari 1978 att bolaget före år 1980 till institutet skulle presentera förslag till långsiktiga åtgärder för den nedlagda reaktorn. Åtgärderna kunde antingen vara ett detaljerat förslag till demontering av stationen eller en detaljerad plan rörande åtgärder för att så långt möjligt garantera att radioaktiva ämnen som fanns i stationen ej blev tillgängliga för spridning.

Strålskyddsinstitutets krav ställdes bl a mot bakgrund av den successiva allmänna försämringen av alla de hjälpsystem som fanns i anläggningen vilket successivt skulle försvära en effektiv övervakning av stationen ur radiologisk synpunkt.

AB Atomenergi presenterade, som resultat av institutets krav, en rapport KI-79/10 "Utredning om R1s avveckling, Nulägesrapport oktober 1979". I början av år 1980 presenterades förprojektet "Avveckling av R1-reaktorn" (Studsvik rapport KI-80/01). I denna presenterades en kartläggning av aktivitetinventariet i olika delar av anläggningen, en avvecklingsplan inkluderande en tidplan, beskrivning av avfallsmängder och avfallshantering samt en kostnadsuppskattning.

Med bl a denna rapport som underlag begärde AB Atomenergi, som då bytt namn till Studsvik Energiteknik AB, medel hos Industridepartementet för avvecklingen av forskningsreaktorn R1, totalt begärdes 25 miljoner kronor. De begärda medlen beviljades i två omgångar enligt regleringsbrev 1981-06-11 och 1982-06-17.

Den 29 juni 1981 begärde Studsvik Energiteknik AB tillstånd från kärnkraftinspektionen och strålskyddsinstitutet för avveckling av R1-reaktorn.

Strålskyddsinstitutet meddelade i sin skrivelse daterad den 28 september att det inte behövs något särskilt tillstånd enligt strålskyddslagen för rivning av anläggningen, men att institutet hade att utfärda särskilda strålskyddsföreskrifter för arbetet. I skrivelsen gav institutet vidare riktlinjer för arbetet, utsläppsgränser, regler för deponering av betongavfall på tipp för schaktmassor på Studsvik samt regler för friklassning av metallskrot. Slutligen påpekade institutet att institutet noggrant skulle följa arbetet både via inspektioner och via annan uppföljande verksamhet.

I sitt tillstånd att montera ner forskningsreaktorn R1 daterat den 6 oktober 1981 krävde kärnkraftinspektionen att varje transport av radioaktivt avfall som skulle gå till Studsvik för lagring skulle godkännas av inspektionen samt att väsentliga avvikelser från den planerade arbetsgången även de skulle godkännas av inspektionen. Vidare konstaterade inspektionen i sin skrivelse att "Säkerheten vid nedmonteringen av R1-reaktorn är huvudsakligen av arbetarskyddskaraktär och berör i första hand statens strålskyddsinstitut".

Förberedelser för avvecklingen, inom ramen för gällande tillstånd, hade påbörjats redan innan tillståndet för avveckling fattats, varför det egentliga avvecklingsarbetet kunde påbörjas omedelbart efter det att de formella besluten var fattade och föreskrifterna var givna.

Aktivitetens innehåll

Under perioden maj till juni 1979 gjorde Studsvik Energiteknik AB en omfattande dosratmätning i hela anläggningen samt gammaspectrometriska mätningar. Baserade på dessa samt vissa provtagningar med efterföljande laboratoriemätningar gjordes en uppskattning av aktiviteten i anläggningen. I rapporten "Studsvik/K1-80/01" angavs aktiviteten i reaktorkonstruktionen och det biologiska skyddet till följande:

Kobolt-60	1	TBq
Cesium-134	0,2	GBq
Europium-152	25	GBq
Europium-154	5	GBq

Mängderna aktiverat/kontaminerat material angavs till följande:

Kolstål/aluminium/bly	110 ton
Kadmiumplåt	1 ton
Grafit	68 ton
Betong med aktivitet > 70 kBq/kg	75 ton

Huvuddelen av aktiviteten utgjordes av kobolt-60 som fanns i topplock, tankbotten och kanalfoder i anslutning till reaktortanken. Europium fanns huvudsakligen i betongstrålskyddet, men även grafiten innehöll ca 5 GBq europium-152.

På strålskyddsinstitutets begäran gjordes förnyade undersökningar av aktivitetens innehåll i grafiten. De nya undersökningarna redovisades i Studsvikrapporten NW-82/203, "C-14 i R1:s grafitreflektor" Enligt denna rapport var aktivitetens innehåll i grafiten betydligt större än tidigare uppskattat nämligen

Europium-152	240 GBq
Kol-14	40 GBq
Europium-154	18 GBq
Kobolt-60	2 GBq

Huvudorsaken till den stora avvikelserna var att en felaktig förhistoria hade antagits för en av de ursprungligen analyserade proverna.

Utöver aktiviteten i det biologiska skyddet och därinnanför liggande delar fanns endast lokal kontamination av enstaka ytor.

Avvecklingsarbetet

Avvecklingsarbetet utfördes i Studsvik Energiteknik AB egen regi med Stig Kärker som projektledare. Till sin hjälp hade Kärker, förutom bolagets radiologiska föreståndare - de normala strålskyddsföreskrifterna giltiga för Studsvik Energiteknik AB tillämpades även vid arbetet med avvecklingen av R1 reaktorn - som var strålskyddsansvarig för arbetet, även en referensgrupp. I denna var förutom bolaget även strålskyddsinstitutet, kärnkraftinspektionen och kraftindustrin representerad. Ett antal entreprenörer anlätades för speciella uppgifter. Totalt har 25 personer deltagit i radiologiskt arbete i samband med rivningen.

När arbetet påbörjades upprättades zonindelning efter samma riktlinjer som vid Studsviksanläggningen. Detta innebar bl a att all personal som vistades på kontrollerat område skulle använda persondosimeter, bära särskilda kläder och även kontrolleras avseende intern kontamination. Under hela tiden som arbete pågick fanns minst en strålskyddare på plats.

Efter tömning av reaktorhallen på allt löst material öppnades reaktorinneslutningen. Stora komponenter som t ex de tunga locken ovanför reaktortanken och betongportarna framför den termiska kolonnen transporterades i ett stycke till Studsvik. Normalt skedde alla transporter enligt gällande transportregler utan särskilt tillstånd för varje transport. I ett av fallen var emellertid ytdosraten så hög samt storleken sådan att emballeringen ej kunde utföras enligt reglerna varför strålskyddsinstitutet utfärdade ett tillstånd för transport enligt särskild överenskommelse inom ramen för transportbestämmelserna. Detta innebär att strålskyddsinstitutet lämnade speciella föreskrifter för transporten, i detta fall krav på följevagn med strålskyddare samt att transporten utfördes under lågtrafik. Normalt styckades allt material i sådana delar att de kunde läggas i transportlådor s k Berglöfslådor, för transport till Studsvik.

Vid styckning av de mest aktiva komponenterna t ex reaktortanken samt vissa flänsar och rör användes fjärrmanövrerade verktyg t ex plasmaskärning och mekanisk såg på ett långt skaft (fig 2,3).

Arbetet med att riva grafitreflektorn medförde betydligt större problem än vad som var förutsett. Detta berodde både på att Studsvik Energiteknik AB från början feluppskattat aktivitetsinnehållet i grafitblocken och att blocken var staplade på ett sådant sätt att de var svåra att lossöra. Efter framtagning av speciella verktyg och utrustning lyckades arbetet - dock inte utan att personal kortvarigt måste gå in i inneslutningen och med handverktyg utföra vissa enstaka arbetsmoment (fig 4).

Det största enskilda arbetsmomentet var rivningen av det biologiska skyddet, totalt över 1000 ton betong. Arbetet utfördes av en entreprenör med hjälp av en elektriskt och hydrauliskt driven bilningshammare monterad på en mobil enhet. Utrustningen kunde fjärrmanövreras. Trots att betongen var oväntat kraftigt armerad gick arbetet mycket bra (fig 5,6,7).

Avfall och utsläpp

I strålskyddsinstitutets föreskrifter för avvecklingsarbetet fastslogs att allt avfall från kontrollerat område skulle monitoreras innan det omhändertogs. Även i frånluftkanalen skulle monitorer för registrering av radioaktiva ämnen monteras. En speciell tritiummonitor skulle användas i reaktorhallen. Utsläppsgränsen för vätskeburet avfall som fick gå till kommunalt avlopp var 1 MBq/m³. I praktiken släpptes endast dusch- och tvättvatten ut till avloppssystemet. Övrigt vätskeburet avfall transporterades till Studsvik för omhändertagande i dess system för vätskeburet radioaktivt avfall. Totalt släpptes 150 m³ ut och i inget fall översteg aktiviteten 50 kBq/m³. Ingen mätbar aktivitet registrerades i frånluften.

Allt fast radioaktivt avfall som togs ut från stationen var förpackat i s k Berglöfslådor för att lätt kunna hanteras och transporterats enligt gällande transportregler. Vissa stora och mycket svårstyckbara föremål, t ex tanklocken och betongportarna till termiska kolonnen, transporterades i ett stycke utan att läggas i Berglöfslådor. Vidare gjordes gammaspectrometriska mätningar för att bestämma aktivitetsinnehållet på alla kollin, utom visst friklassat avfall och sopavfall, innan de lämnade stationen. En mycket stor del av det biologiska skyddet innehöll ingen kontamination eller inducerad aktivitet. För att på ett enkelt sätt kunna omhänderta detta avfall gav institutet tillstånd från strålskyddssynpunkt för deponering av betongavfall, med tillhörande armeringsmaterial, på den tipp som finns vid Studsvik avsedd för byggnadsavfall, om mätningar visade att aktiviteten, förutom den som naturligt förekommer i betong, understeg 5 kBq/kg. För material av typ metallskrot, elkablar m m som efter Studsvik Energiteknik AB egna mätningar visat sig vara fri från kontamination och inducerad aktivitet gjorde institutet stickprovskontroll och tog därefter för varje enskilt parti ställning till om det fick säljas som icke-radioaktivt skrot eller behandlas på annat sätt.

Brännbart avfall som erhöles under arbetet av typ, papper, plast och trä, fick skickas till förbränning i ugnen vid Studsvik på samma villkor som brännbart sopavfall från andra kärntekniska anläggningar.

Allt övrigt radioaktivt material transporterades till Studsvik för lagring. Några mindre komponenter med hög specifik aktivitet lades i Aktiva Tråget (speciell förvaringsplats vid Studsvik för avfall med högt aktivitetsinnehåll) medan det övriga placerades i ett förråd på avfallsområdet.

Tva typer av avfall från rivningen kan komma att medföra problem i samband med deponeringen. Det är dels den stora mängd grafit som innehåller för stora mängder kol-14 för att kunna brännas och dels ca 1 ton kadmiumpulv som är svagt radioaktivt. För kadmiumpulvens del är det inte de radioaktiva ämnena som utgör problemet utan det faktum att kadmiium i sig själv är ett för biosfären farligt gift. Det är f n osäkert om detta avfall kan deponeras i förvar av typ SFR-1.

En sammanställning av det avfall som uppstått vid rivningen av R1 reaktorn framgår av nedan:

Avfallstyp	Vikt	Aktivitetssinnehåll	Nuklider
Betong < 5kBq/kg	750 ton	< 3 GBq	
Betong > 5kBq/kg	340 ton	55 GBq	Eu-152, Eu-154, Co-60
Metall till avfallsanläggning.	94 ton	325 GBq	Eu-152, Eu-154, Co-60 Cs-137, H-3
Metall, friklassat	13 ton	-	
Grafit	52 ton	431 GBq	Eu-152, Eu-154, Co-60, C-14
Brännbart kont. avfall	5 ton	40 MBq	
Vätskeformigt avfall	6 ton	370 MBq	Cs-137, Co-60, Eu-152
Al-kapslad borparaffin	4 ton	370 MBq	Co-60, Eu-152

Strålskyddsinstitutets övervakning.

Avvecklingen av R1 reaktorn var den första stora avvecklingen av en kärnteknisk anläggning i Sverige. Tidigare har endast mindre anläggningar av typen bränslefabriken vid Lövholmsvägen och plutoniumlaboratoriet vid Förevarets Forskningsanstalt avvecklats. Strålskyddsinstitutet har därför bedömt det som mycket värdefullt att noggrant följa arbetet inte bara för att övervaka strålskyddsfrågorna utan även för att bättre kunna sätta sig in i och förstå hela problematiken i anslutning till en avveckling av en kärnteknisk anläggning. Kärnkraftinspektionen har även i sitt tillstånd för avvecklingen påpekat att avvecklingen i första hand är en strålskyddsfråga.

Strålskyddsinstitutet har därför regelbundet besökt arbetsplatsen och i sina minnesanteckningar tagit upp väsentliga frågor vilka därefter följts upp vid särskilda sammanträden eller efterföljande inspektioner och besök. Projektledningen har å sin sida fortlöpande och delvis på eget initiativ informerat institutet om arbetets gång och så snart svarigheter uppstått. Intressanta arbetsmoment har förhandsanmälts för att bereda institutet tillfälle att närvara.

Inom referensgruppen har projektledningen informerat om läget och planerna för den närmaste framtiden. Gruppen har emellertid träffats relativt sällan och någon nämnvärd styrning av arbetet har den inte haft. Styrningen har från institutets sida främst skett via inspektionerna och sammanträdena.

Stråldoser

Totalt har 25 personer använt persondosimeter vid arbetet med avvecklingen av R1 reaktorn. Vissa av dessa är entreprenörer som haft dosimeter endast under den tid deras arbetsmoment har pågått. Andra har haft dosimeter från

förberedelsernas början i april 1981 till december 1983. Helkroppsmätning och urinprovsmätningar (för tritiumbestämning) har gjorts på all personal efter avslutat arbete och i samband med vissa större arbetsoperationer. Inte i något fall har internkontamination, överstigande 0,5 % av gränsvärdet enligt ICRPs rekommendationer för årsintag, uppmätts. Vidare har inga utsläpp av radioaktiva ämnen förekommit. Kollektivdosinteckningen från arbetet - undantaget den framtida avfallsdeponeringen - är således densamma som den yrkesmässiga kollektivdosen.

Den största individdosen för perioden april 1981 - december 1983 uppmättes till 28,3 mSv och kollektivdosen för samtliga inblandade till 142,2 manSv. Fördelningen i olika dosintervall framgår av nedanstående:

Dosintervall	Antal personer
< 1 mSv	10
1 - 10 mSv	8
10 - 20 mSv	6
> 20 mSv	1

Jämfört med den i Studsvikrapporten KI-80/01 uppskattade stråldosen för arbetet blev utfallet nästan fyra gånger större. De två största bidragen till kollektivdosen härrör från demontering av mekanisk utrustning i biologiska skyddet och rivning av grafitreflektorn. Den tidigare omnämnda felbedömningen av aktiviteten i grafiten var en bidragande orsak till den ökade dosbelastningen jämfört med den uppskattade. En redovisning av kollektivdoserna för olika arbetsmoment framgår av nedanstående:

Arbetsmoment	Kollektivdos (manSv)	Antal personer
Tanklyft inkl loss- kapning av flänsar	4,4	7
Styckning av tank	6,4	5
Demontering av grafitrefl.	48,7	8
Demontering av mekanisk utrustning i biologiska skyddet	56,1	10
Rivning av biologiska skyddet	15,7	15
Radiologisk mätning	4,4	4
Transporter	3,5	16
Övrigt	3,0	

Studsvik Energiteknik AB mätningar för friklassning

I samband med diskussionerna med Studsvik Energiteknik AB rörande friklassning av lokalerna efter R1 reaktorn har strålskyddsinstitutet framfört kravet att samtliga lokaler, vilka bolaget har disponerat i samband med driften av reaktorn, skall kontrollmätas efter det avslutade avvecklingsarbetet. Detta inkluderar förutom reaktorhall med biutrymmen och laboratorier, även korridorer, skrivrum och förråd i vilka ingen radiologisk verksamhet har bedrivits, men där det likväl finns viss risk för kontamination. Lokaler som används för annan radiologisk verksamhet t ex av institutionen för kärnkemi vid Tekniska Högskolan och andra lokaler som sedan lång tid används för annan verksamhet och på ett naturligt sätt ligger utanför den del som disponerades av reaktorpersonalen, omfattas inte av friklassningen. Studsvik Energiteknik har tillsammans med strålskyddsinstitutet gjort en detaljerad förteckning över de lokaler som ingår - totalt 68 st.

För att underlätta identifiering av mätpunkter har ytorna i lokalerna delats in i kvadratmeterstora rutor där varje ruta är identifierbar via en bokstavs och sifferbeteckning (fig 8). Samtliga lokaler har i samråd med strålskyddsinstitutet klassats i två grupper A och B. Klass A är sådana utrymmen där radiologisk verksamhet har bedrivits eller där det av andra skäl finns anledning att befara kontamination sammanlagt 18 st. Övriga lokaler, 61 st, tillhör klass B.

I lokaler av klass A har Studsvik Energiteknik AB gjort mätning med direktvisande handinstrument och tagit strykprov på samtliga rutor på horisontella ytor och upp till två meters höjd på väggarna. På övriga ytor har motsvarande mätningar gjorts på var tionde ruta. På vissa speciella punkter har särskilda mätningar gjorts på prover som tagits loss från ytan. T ex har betongprover tagits från golvet i närheten av vissa rörgenomföringar.

I lokaler av klass B, i vilka risken för kontamination var betydligt mindre än i lokaler av klass A, har minst ett strykprov tagits på golvet i varje lokal. Övriga ytor har översiktligt mätts med ett handinstrument och i de fall som detta gett misstanke om kontamination har fler strykprov tagits.

Samtliga mätvärden är protokollförda på sådant sätt att det är möjligt att identifiera mätpunkten och vilket instrument som har använts. Protokollspärmarna ingår i det underlagsmaterial som Studsvik Energiteknik AB tillställt strålskyddsinstitutet som underlag för deras ansökan om friklassning av lokalerna.

Strålskyddsinstitutets verifikationsmätningar

När det gäller mätningar som skall ligga till grund för ett friklassningsbeslut av en så stor anläggning som en kärnreaktor anser strålskyddsinstitutet det som självklart att institutet själv skall göra vissa kontrollmätningar utöver de som den för nedläggningen ansvarige utför. Redan på ett tidigt stadium informerade institutet därför Studsvik Energiteknik AB att när bolaget utfört sina mätningar avsåg institutet att med egen personal och egna instrument göra mätningar i lokalerna på ett sådant sätt att institutets mätningar direkt skulle kunna jämföras med de som bolaget utfört. På detta sätt kan en verifikation av mätresultaten erhållas. Förutom att detta ger en kontroll av bolagets mätningar bör det även ge en bättre trovärdighet hos allmänheten

eftersom strålskyddsmyndigheten i sin bedömning inte enbart utgått från Studsvik Energiteknik AB:s egna mätningar.

Graden av kontamination är en kontinuerlig funktion. Flertalet ytor har en så låg kontamination att den inte är mätbar ens med de mest känsliga mätinstrument som institutet har till sitt förfogande, medan andra ytor uppvisar mätvärden som överstiger bakgrundsvärdena. Ur strålskyddssynpunkt är det inte nödvändigt att ha möjlighet att detektera de som är lägre än någon eller några gånger bakgrundsnivån eftersom en sådan kontamination inte kan ge upphov till några konsekvenser ur strålskyddssynpunkt. Det är först när strålnivån överstiger detta värde, som med de använda mätinstrumenten motsvarar en kontaminationsnivå av storleksordningen 30 kBq/m^2 , som institutet vill beteckna ytan som kontaminerad.

Omfattningen av institutets verifikationsmätningar är baserade på sannolikhetsöverbäganden. Under förutsättningen att det bedöms acceptabelt att, med 95 % konfidensnivå, kontaminationen på maximalt 2 % av ytorna nämnvärt överstiger den nivå som framgår av Studsvik Energiteknik AB:s mätningar, måste 150 rutor kontrolleras. En minskning till 1 % med samma konfidensintervall skulle innebära att minst 300 ytor måste kontrollmätas. Strålskyddsinstitutets bedömning, som är en kompromiss mellan fullständig kontroll och en rimlig arbetsinsats, resulterade i att 151 ytor kontrollmättes med hjälp av handinstrument. Dessutom togs 60 strykprov. Alla ytor som kontrollmättes valdes slumpmässigt.

Institutet utförde under maj månad 1984 kontrollmätningarna i R1:s lokaler vid Drottning Kristinas väg 47, Stockholm. Mätningarna utfördes med två olika handinstrument, Herfurth Radicont H 1371 och Nuclear Enterprise PCM-5/DP2, och med ett dosratinstrument, Studsvik GAMMAMETER 2414 A. Av ovan nämnda instrument är Herfurth H 1371 och NE PCM-5/DP2 särskilt konstruerade för avsökning av kontaminerade ytor.

Detekteringsgränsen för cesium-137 med Herfurth H 1371 var ca $1,8 \text{ kBq/m}^2$. En ytkoncentration på 8 kBq/m^2 gav ca 15 impulser per sekund och 37 kBq/m^2 gav 70 impulser per sekund. För kobolt-60 var motsvarande siffror $1,8 \text{ kBq/m}^2$, 10 impulser per sekund och 40 impulser per sekund.

Strykproven mättes med en Ge(Li)-detektor och ND6600 mätutrustning. Detekteringsgränsen för mätningarna på strykproven varierar beroende på nuklid och mätförhållanden. Vid de mätningar som gjordes på SSI:s eget laboratorium låg detektionsgränsen på $< 1 \text{ Bq}$ per prov för cesium-137 och kobolt-60.

Den allmänna nivån i lokalerna uppmättes till ca $0,15 \mu\text{Sv/h}$ vilket kan jämföras med nivån på den naturliga bakgrundstrålning som ligger på $0,1-0,2 \mu\text{Sv/h}$. Endast i rum 213 (den s k blindtarmen) uppmättes lokalt en högre nivå. Där uppmättes vid en mineralåder på bergsväggen en dosrat på mellan 1 och $2 \mu\text{Sv/h}$. Denna strålning förorsakas av en tidigare välkänd mineralåder innehållande hög halt av torium och har ingen anknytning till den radiologiska verksamhet som har bedrivits.

Ytmätningarna med PCM-5 och Herfurth H 1371 visade inte någon avgörande avvikelser från den bakgrund som råder i lokalerna, dvs ingen större kontaminering kunde konstateras på någon yta (3 mätvärden låg över bakgrundsnivån, men inte så mycket att ytan får betecknas som otillåtet kontaminerad).

60 strykprov togs på slumpmässigt valda ytor. Proven analyserades gammaspektrometriskt med Ge(Li)-detektor. Ingen signifikant aktivitet kunde detekteras på något av proven.

Förutom kontaminationsmätningarna har även radonhalten i lokalerna kontrollerats. Resultaten av dessa mätningar visar att radonhalten under rådande förhållanden inte utgör något strålskyddsproblem.

Strålskyddsinstitutet insatser för verifikationsmätningar omfattade ca 2 manmånader. Annex A ger en sammanställning av resultaten från institutets mätningar.

Kvarvarande aktivitet

I Sverige finns inga fastställda gränser för hur mycket radioaktiva ämnen som får finnas kvar i en anläggning för att anläggningen skall kunna betecknas som fri från aktivitet. De friklassningar som tidigare gjorts har baserats på en analys av det enskilda fallet.

De nordiska strålskyddsmyndigheterna har i sin gemensamma rapport om tillämpligheten av internationella strålskyddsrekommendationer beträffande kontamination sagt att gränsen för tillåten kontamination på "inaktiva ytor" är 37 kBq/m^2 för beta/gamma strålände ämnen. Dessa siffror är de samma som framgår av "British Code of Practice". Siffervärdena är emellertid främst tillämplbara på enstaka mindre ytor och inte på friklassning av stora anläggningar.

Vid svenska kärnkraftverk är praxis beträffande friklassning av verktyg, vilka varit inne på kontrollerat område, att kontaminationen inte får överstiga 5 cps över bakgrundsnivån. Med rimliga antaganden om mäteffektivitet motsvarar detta en kontaminationsnivå av 8 kBq/m^2 .

I USA finns gränsvärden för kontamination fastställd i Regulatory Guide 1.86, Termination of Operation Licenses for Nuclear Reactors. Skilda gränsvärden gäller för medelkontamination, maximal kontamination och lös kontamination. För beta/gamma strålände nuklider gäller t ex gränsvärdet $8,3 \text{ kBq/m}^2$ för medelkontamination och $1,7 \text{ kBq/m}^2$ för lös kontamination. Den maximala koncentrationen får uppgå till 25 kBq/m^2 . Lägre värde gäller för alfastrålände nuklider.

För att få en uppfattning om kvarvarande aktivitet i anläggningen har Studsvik gjort gammaspektrometriska mätningar av samlingsprov av de enskilda strykproven som tagits. På detta sätt är det möjligt att uppskatta medelkoncentrationen och samtidigt pressa detektionsgränsen jämfört med mätningar som görs på enskilda prover. Mätningarna finns redovisade i Studsviks rapport NW-84/635 "Kvarvarande spår av ytkontamination i RI".

Av denna framgår att i lokalerna av klass A, som uppgår till en yta av 5530 m^2 , finns en medelkoncentration av kvarvarande aktivitet av 80 Bq/m^2 och i lokalerna av klass B, totalt 6830 m^2 , är medelkoncentrationen 20 Bq/m^2 . Vid beräkningen av kvarvarande aktivitet har förutsatts att 10 % av en kontamination överförs till ett strykprov. Dessa medelvärden ligger betryggande under de värden enligt ovan som kan vara relevant att jämföra med.

Omgivningskontroll

Studsvik Energiteknik AB har på institutets begäran gjort en omgivningskontroll i området omkring byggnaden för R1. Sammanlagt har Studsvik Energiteknik AB tagit 12 stycken omgivningsprover på upp till ett avstånd av 1000 m från byggnaden. Resultatet av analysen av omgivningsproven visar att det finns radiaktiva ämnen i omgivningen i en koncentration som är helt normal för Stockholm. Förutom de naturligt förekommande radioaktiva ämnena radium-226 och torium-232 har man detekterat cesium-137 i koncentrationer som överensstämmer med de som förväntas på grund av nedfall från kärnvapenprov.

Sammanfattning

Strålskyddsinstitutet konstaterar att de mätningar som institutet gjort väl stämmer överens med de av Studsvik Energiteknik AB gjorda mätningarna. Studsviks mätningar, som är mycket omfattande, ger således en god överblick av den kvarvarande aktiviteten i anläggningen. Varje mätning, hur omfattande den än är, ger emellertid alltid en viss liten risk för olika former av "missar" vilka resulterar i att en förhöjd kontamination ej upptäcks. Efter de gjorda mätningarna är emellertid institutet övertygat om att kontaminationsnivån av sådana "missade" delar är så liten att den inte kan ge upphov till någon stråldos av betydelse ur strålskyddssynpunkt. Kontaminationsnivåer resulterande i strålnivåer överstigande enstaka mSv/h eller mer kan inte ha undgått upptäckt vid det mätprogram som genomförts.

Mot bakgrund av detta anser strålskyddsinstitutet att Studsvik Energiteknik AB sanerat lokalerna i anslutning till den nedlagda forskningsreaktorn R1 i sådan omfattning att lokalerna från strålskyddssynpunkt utan risk kan utnyttjas för godtycklig annan verksamhet.

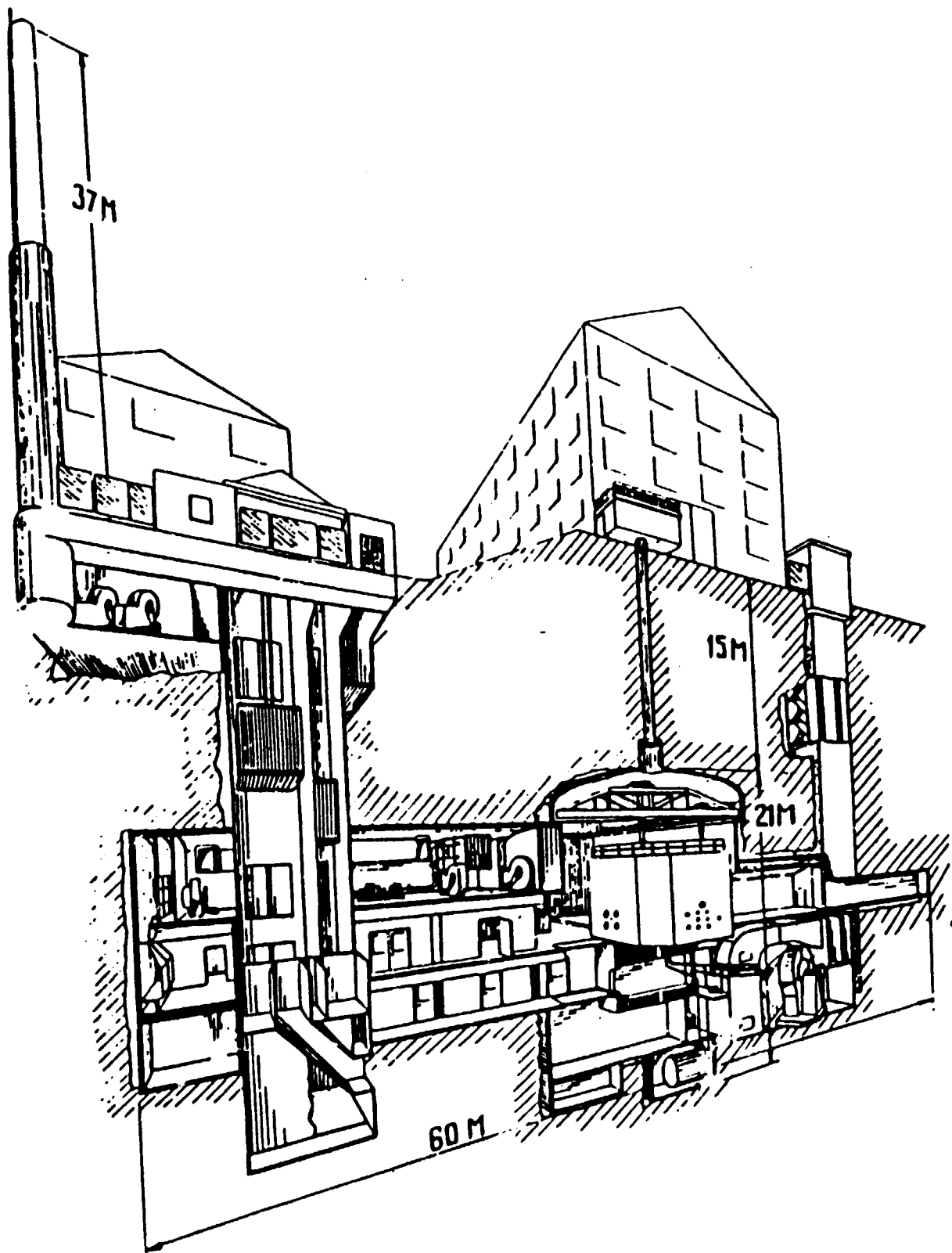


Fig 1. Forskningsreaktorn R1 belägen vid Drottning Kristinas väg 47 i Stockholm.



Fig 2. Arbete med styckning av reaktortanken. Styckningen skedde med hjälp av en plasmaskärutrustning monterad på ett långt skaff. Av säkerhets skäl bar personalen helklädnad under arbetet.

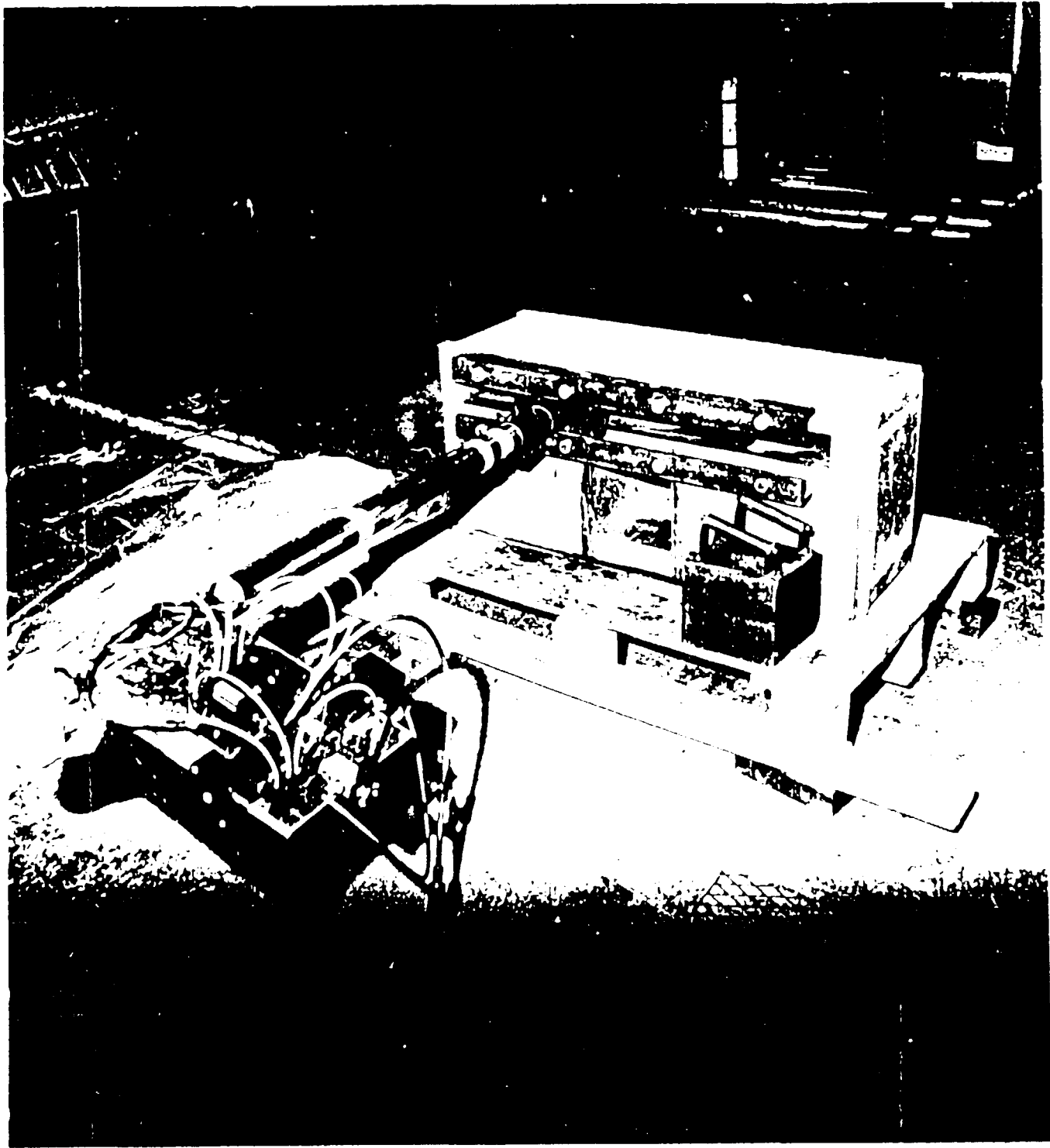


Fig. 1. Pneumatiskt driven stiftände monterad på ett linor- och ett stålskydd. Verktyget användes bl.a. för att i närheten av ett linor- och stålskydd tanken innan denna lätts upp av det linor- och stålskyddet.



Figure 1. A person in a white protective suit kneeling inside a large, dark, circular structure, possibly a tunnel or a large container.

FORSKNINGSREAKTOR R1
Säktbrytning av en lufttätningstätt
betong med MiniMax PH 250

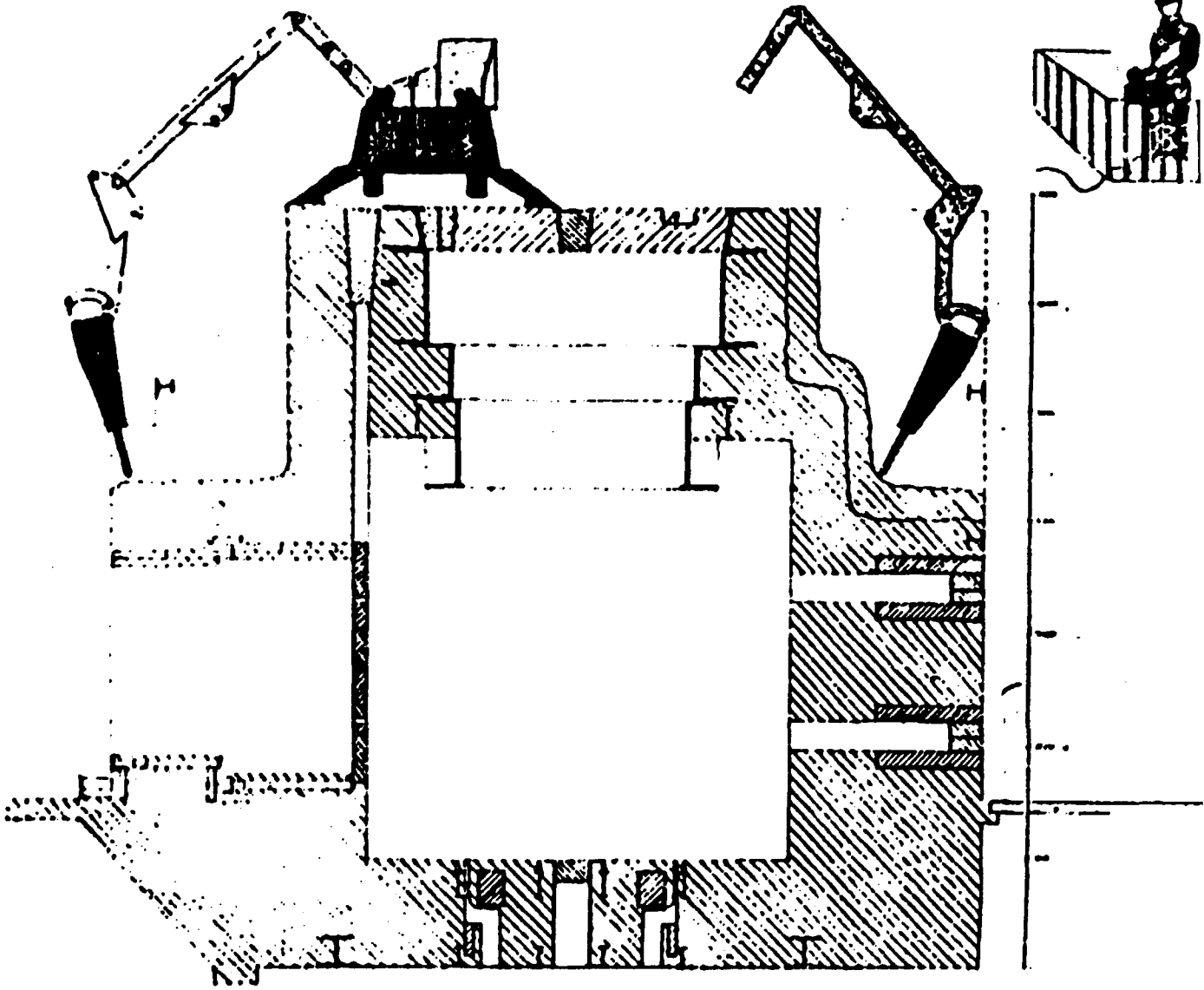


Fig 5. Principen för rivning av biologiska skyddet med MiniMax.

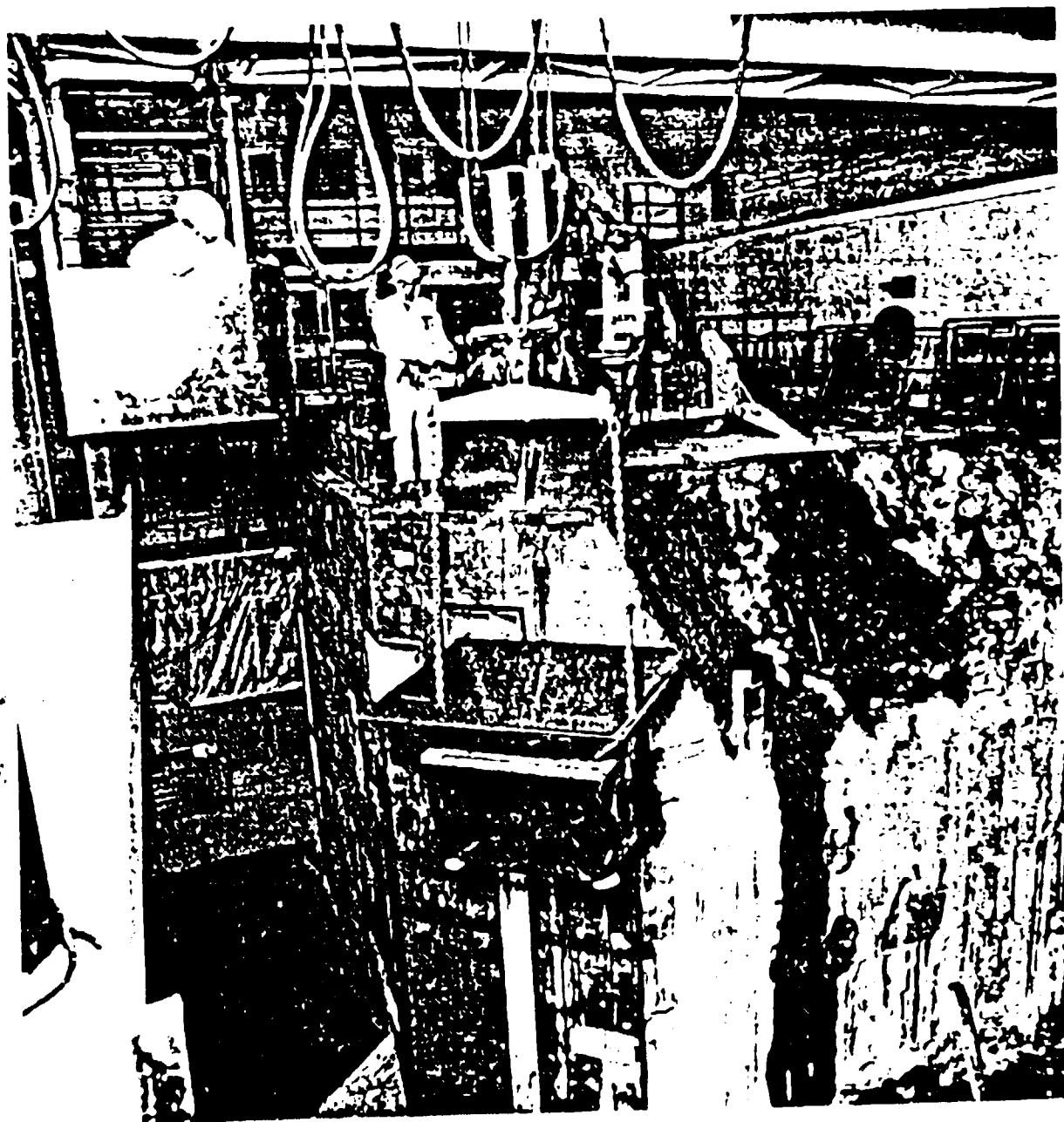
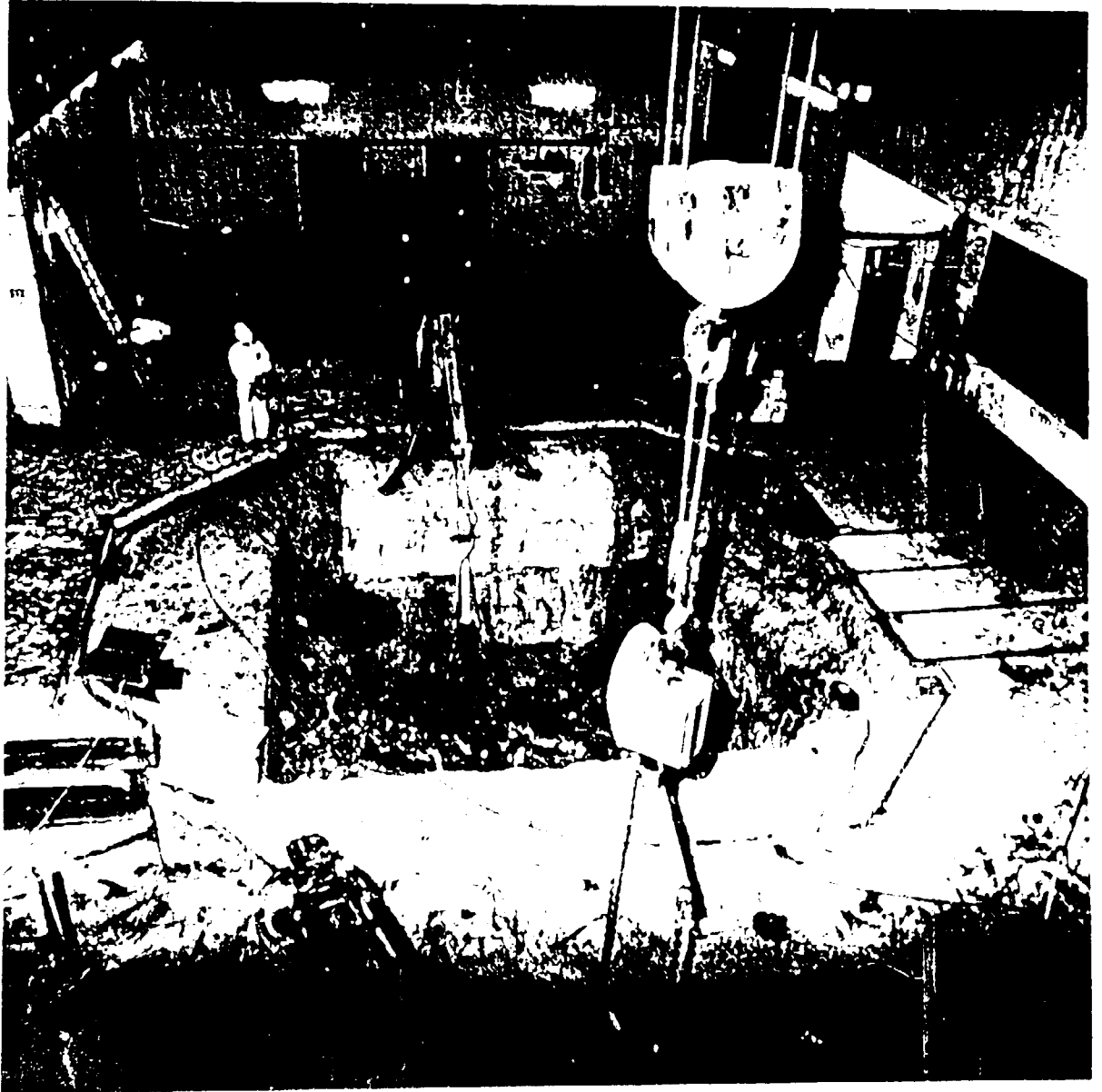


Fig 6. Rivning av det biologiska skyddet. Vid rivningen föll betongen direkt ner i en Berglöfslåda i vilken betongen transporterades till Studsvik. Under arbetet begöts betongen med en vattendimma för att förhindra dammbildning.



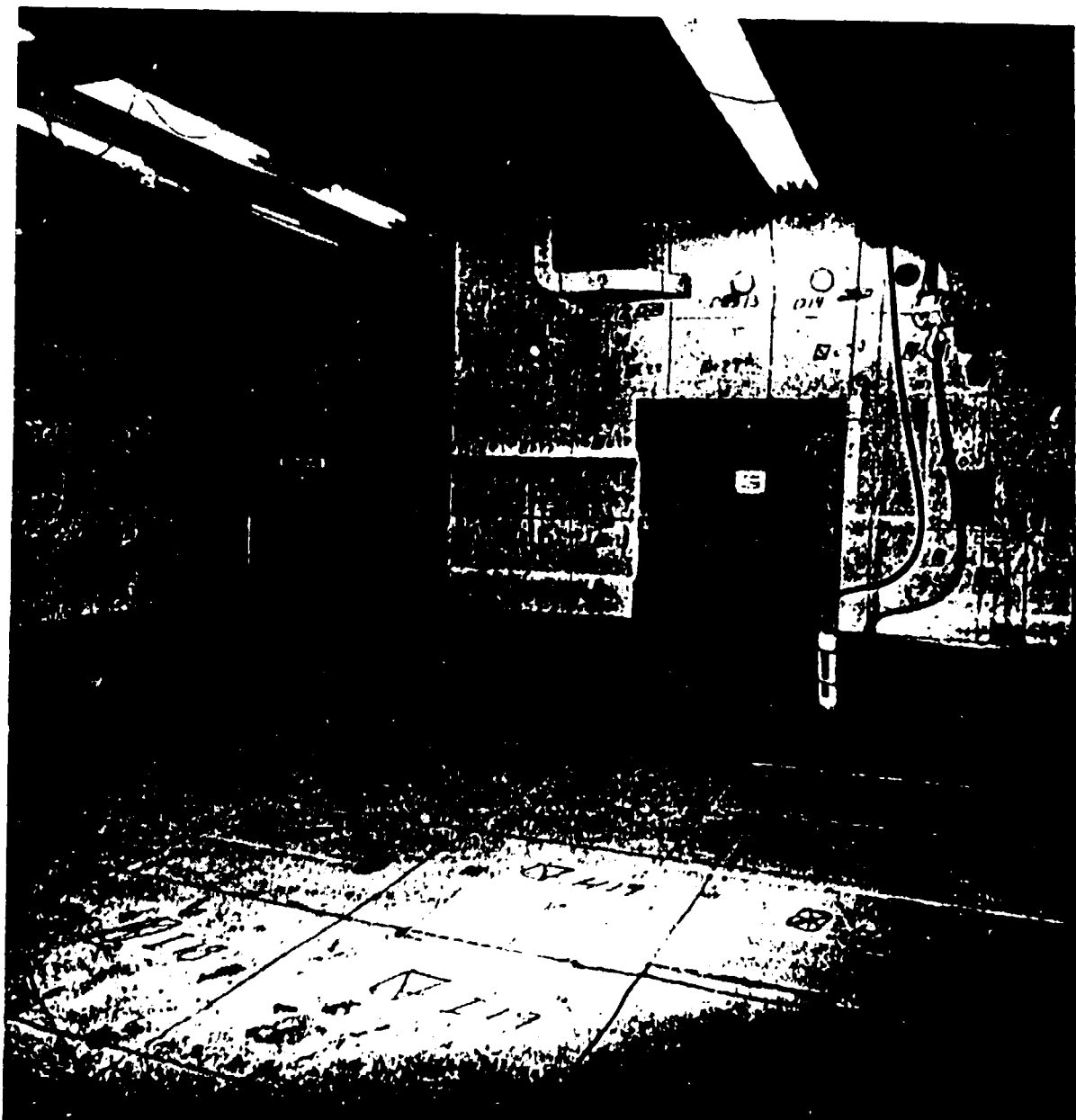


Fig 8. Utrymme färdigt för mätning av kvarvarande aktivitet, "triklassningsmätning".

Annex A

Sammanställning av de verifikationsmätningar som strålskyddsinstitutet gjort i anslutning till den nedlagda KI-reaktorn. Tabellen visar förutom institutets mätvärden även de mätvärden som Studsvik Energiteknik AB erhållit. Kolumn 1 och 2 anger våningsplan och rumnummer enligt planritningar. Kolumn 3 anger det identifikationsnummer som Studsvik Energiteknik ansatt ifrågavarande mätruta. Förkortningen V och G anger "vägg" respektive "golv". Övriga kolumner anger mätvärden enligt SE:s (Studsvik Energiteknik AB) och SSI:s (statens strålskyddsinstitut) mätningar. Beteckningarna A,B,C och D anger följande mätinstrument

- A Studsvik GAMMAMETER 2414 A
- B Studsvik 2411 G
- C Nuclear Enterprise Inc PCN-5/DP2
- D Herfurth Radicon H 1371

TABELL

PLAN	LOKAL	KUTA	NR	RESULTAT ENLIGT SE:s MÄTNINGAR			RESULTAT ENLIGT SSI:s MÄTNINGAR						
				ALLMÄN NIVA	YTMÄTNINGAR		ALLMÄN NIVA	YTMÄTNINGAR					
				A (μ Sv/h)	B (CPS)	C (CPS)	A (μ Sv/h)	D (CPS)	C (CPS)				
0	001	D-3	G	0,2	10-15		0,12-0,16	6-10					
		C-1	G		10-15			6-10					
		B-8	V		10-15			6-10					
		A-3	V		10-15			6-10					
		C-3	G		10-15			20					
		B-4	V		10-15			20-25					
		A-16	V		10-15			15-20					
		Reak-	5					5-10		5-10			
		tor-	13-b		V			6-10		5-10			
		grop	7-c		V			6-10		10-15			
			19-b		V			6-10		10-15			
		002	C-6		G	0,2		10-15		0,12-0,16		6-10	
		003	C-60		V	0,2		10-15		0,12-0,16		20	
			C-47		V			10-15				5-10	
			H-5		G			10-15				20-30	
			B-10		V			10-15				20	
			A-3		V			10-15				20	
			C-4		G			10-15				20	
			A-2		G			10-15					
			B-2		V			10-15				15	
			B-7		V			10-15				20	
			E-6		G			10-15					
			C-52		V			10-15					
C-34	V		10-15										
B-28	V		10-15										
C-17	V		10-15				20						
B-23	V		10-15				20						
E-4	G		10-15										
B-5	G	10-15				20							
D-7	G	10-15				20							
E-2	G	10-15											
A-8	V	10-15				15							
C-69	V	10-15				15-20							
I-13	G	10-15											
G-4	G	10-15											
B-65	V	10-15				20							
1	102	C-1	V	0,2	10-15		0,12-0,18	20					
		D-3	G		10-15			15-25					
		E-4	G		10-15			20					
		B-13	V		10-15			20-25					
		A-7	V		10-15			20-25					
		E-1	G		10-15			20-25					

tabell forts

PLAN	LOKAL	RUTA	NR	RESULTAT ENLIGT SE:8 MÄTNINGAR			RESULTAT ENLIGT SSI:8 MÄTNINGAR						
				ALLMÄN NIVA		YTMÄTNINGAR	ALLMÄN NIVA		YTMÄTNINGAR				
				A (μ Sv/h)	B (CPS)	C (CPS)	A (μ Sv/h)	D (CPS)	C (CPS)				
1	103	A-2	G	0,15	10-15		0,12-0,18	20	5-10				
		E-1	G		10-15			20	5-10				
		B-4	V		10-15			20	5-10				
		A-12	V		10-15			20	5-10				
		C-2	G		10-15			20					
	122 Vent. kanal	B-4		0,18		5-8	0,15		5-10				
		D-1			5-8	5-10							
		B-1			5-8	5-10							
		B-6			5-8	5-10							
		A-2			5-8	5-10							
		2	202		B-12	V		0,15	10-15		0,15	15	5-10
					A-6	V			10-15			20	
					B-2	V			10-15			20	5-10
A-24	V			10-15	15								
B-20	V			10-15	15								
C-3	G			10-15	15	5-10							
D-8	G			10-15	15								
204	B-3		V	0,2	10-15		0,18	20					
	A-1		V		10-15			20					
	A-1		G		10-15			20					
206	B-3		G	0,2	10-15		0,18	20					
	B-18		V		10-15			20					
	A-8		V		10-15			20					
	D-3		G		10-15			20					
	C-2		G		10-15			20					
	A-4		V		10-15			20					
211	B-60		V	0,2	10-15		0,15	20					
	A-60		V		10-15			20					
	B-56		V		10-15			20					
	A-52	V	10-15		20								
	B-49	V	10-15		20								
	A-46	V	10-15		20								
	B-43	V	10-15		20								
	L-22	G	10-15		20								
	K-26	G	10-15		20								
	M-28	G	10-15		20								
	O-24	G	10-15		20								
	P-26	G	10-15		25								
	R-27	G	10-15		25								
	R-26	G	10-15		25								
	Q-27	G	10-15		20-30								
O-29	G	10-15	20										
U-26	G	10-15	20										
B-70	V	10-15	20										
A-74	V	10-15	20										

tabell forts

PLAN	LOKAL	RUTA NR	RESULTAT ENLIGT SE:s MÄTNINGAR			RESULTAT ENLIGT SSI:s MÄTNINGAR		
			ALLMÄN NIVÅ	YTMÄTNINGAR		ALLMÄN NIVÅ	YTMÄTNINGAR	
			A (μ Sv/h)	B (CPS)	C (CPS)	A (μ Sv/h)	D (CPS)	C (CPS)
2	211	B-75 V		10-15		15		
		U-20 G		10-15		20		
		B-80 V		10-15		25		
		B-79 V		10-15		25		
		A-85 V		10-15		20		
		B-89 V		10-15		20		
		A-94 V		10-15		20		
		B-97 V		10-15		20		
		A-102V		10-15		20		
		B-106V		10-15		20		
		A-108V		10-15		20		
		B-3 V		10-15		20		
		A-5 V		10-15		20		
		B-8 V		10-15		20		
		A-12 V		10-15		20		
		B-66 V		10-15		15		
		G-70 V		10-15		15		
		G-60 V		10-15		20		
		J-63 V		10-15		15		
		V-14 G		10-15		20		
		Q-12 G		10-15		20		
		M-13 G		10-15		20		
		P-7 G		10-15		25		
		T-3 G		10-15		20		
		M-2 G		10-15		20		
		P-27 G		10-15		25		
		Q-26 G		10-15		20-50		
		P-25 G		10-15		20		
		Q-25 G		10-15		20		
		P-26 G		10-15		20		
		C-14 G		10-15		20	7	
		G-17 G	0,2	10-15		20	7-10	
D-19 G		10-15		25	5-10			
B-17 V		10-15		20	7			
B-22 V		10-15		20	7			
A-27 V		10-15		20	7			
L-34 V		10-15		20	7			
A-34 V		10-15		20	7			
	212				0,16			

tabell forts.

PLAN	LOKAL	RUTA	NR	RESULTAT ENLIGT SE:s MÄTNINGAR			RESULTAT ENLIGT SSI:s MÄTNINGAR			
				ALLMÄN NIVÅ	YTMÄTNINGAR		ALLMÄN NIVÅ	YTMÄTNINGAR		
				A (μ Sv/h)	B (CPS)	C (CPS)	A (μ Sv/h)	D (CPS)	E (CPS)	
2	213	B-29	V	0,3-1		6-10	0,25-1	25	8-10	
		A-4	V			6-10		25	7	
		B-17	V			6-10		35	10	
		A-6	G			6-10		40	13	
		B-2	G			6-10		30	10	
	214	A-8	V	0,2		6-10		20	7	
		A-2	G			13-20 *		25	8	
		D-3	G			13-20 *		25	8	
3	302	A-18	V	0,2		10-15	,15	20		
		C-1	G			10-15		25		
		D-3	G			10-15		20		
		A-7	V			10-15		15		
	303	Ring	G	0,2		10-15	0,15	25		
		Skrubb	G			10-15		20		
		Fläkt-	B-2		G			10-15	20	
		rum	B-7		G			10-15	25	
	304			0,2		0,15				
	305			0,2		0,15				
4	401	B-38	V	0,17-0,2		6-10	0,15	40		
		A-26	V			6-10		0,15		
		D-8	G			6-10		0,18		
		B-14	G			6-10		0,16		
		D-15	G			6-10			20	
		B-47	V			6-10			60	
	402	A-4	V	0,2		10-15		0,17		
		B-1	G			10-15		0,17	30	
		B-8	V			10-15			20	
	403				0,2		0,16			
	404	A-2	G	0,2		10-15		25		
		B-2	G			10-15		25		
	405	B-18	V	0,2			0,16	25		
		A-20	V					20		
		B-6	G					20		

* Mätt med instrument FH 545; instrumentbakgrund anges till 11-21 impulser per sekund.

HITTILLS UTGIVNA SSI-rapport 1985

Rapport- nummer	Titel (undertitel)	Författare
04	Collective Doses from Recycling of Contaminated Scrap Metal	Curt Bergman Ragnar Boge
06	Hushållens innehav av beredskaps- broschyr och jodtabletter	Örjan Hultåker
07	Avveckling och friklassning av R1-reaktorn	Curt Bergman Bo Tage Holmberg