
KBS TEKNISK RAPPORT

82

Hantering av slutförvaring av aktiva metalldelar

**Bengt Lönnerberg, ASEA-ATOM
Alf Engelbrektson, VBB**

Juni 1978

HANTERING OCH SLUTFÖRVARING
AV AKTIVA METALLDELAR

Bengt Lönnerberg, ASEA-ATOM
Alf Engelbrektson, VBB
Juni 1978

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

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

HANTERING OCH SLUTFÖRVARING
AV AKTIVA METALLDELAR

Innehåll

Summary

1. Materialtyper och materialmängder
2. Demontering och kompaktering
3. Kokillernas storlek och antal samt dosrat
4. Ingjutning av metalledlar
5. Transport av betongkokiller
6. Slutdeponering

HANDLING AND FINAL STORING OF RADIOACTIVE METAL COMPONENTS

Summary

As the first operation in accordance with the programme for final storing of non reprocessed nuclear fuel, the fuel elements will be dismantled and the fuel rods will be taken care of in the main process of the final storage plant.

After the dismantling of the fuel elements, the next stage is to undertake the final storing of the metal components, which have kept the fuel rods together. These components have been activated by the neutron flow within the fuel case and for this reason they emit certain amount of radioactive radiation.

The components are transmitted to a pool where they are cut into pieces, compacted and placed in wire baskets. These are transferred in a water channel to a cell, where the metal components are embedded into concrete blocks. Thus the baskets are placed in prefabricated concrete containers, after which the metal parts are embedded into cement grout, injected from the bottom of the containers.

The blocks are finally stored in rock tunnels constituting a storage similar to the repositories for vitrified waste and spent fuel, although somewhat simplified, taking advantage of the much lower amount of radioactive material in the case of metal components. Thus a depositioning depth of 300 m in rock is very much on the safe side and it is appropriate in this case to fill the tunnels with concrete, ensuring by its alkalinity a sufficiently low rate of dissolution of the metal and migration of radioactive substances.

1 Materialtyper och materialmängder

Vid beräkning av materialmängderna görs en uppdelning på de olika typer av bränsle som förekommer, eftersom konstruktionen skiljer avsevärt mellan PWR- och BWR-bränsle. Se figur 1-1 och 1-2.

Metalldetaljerna från en BWR-patron utgörs av

- 7 spridare
- 1 spridarhållarstav
- 1 topplatta
- 1 bottenplatta

Smärre variationer kan förekomma beroende på olika tillverkare och bränsle av äldre och nyare konstruktion. Variationerna påverkar dock inte principerna för hantering och slutförvaring.

Från ett typiskt PWR-element erhålls

- 8 spridare
- 25 ledrör för styrestavar mm
- 1 topplatta
- 1 bottenplatta

Även här förekommer smärre avvikelser på grund av olika tillverkare och olika grundkonstruktioner, som saknar betydelse för denna utredning.

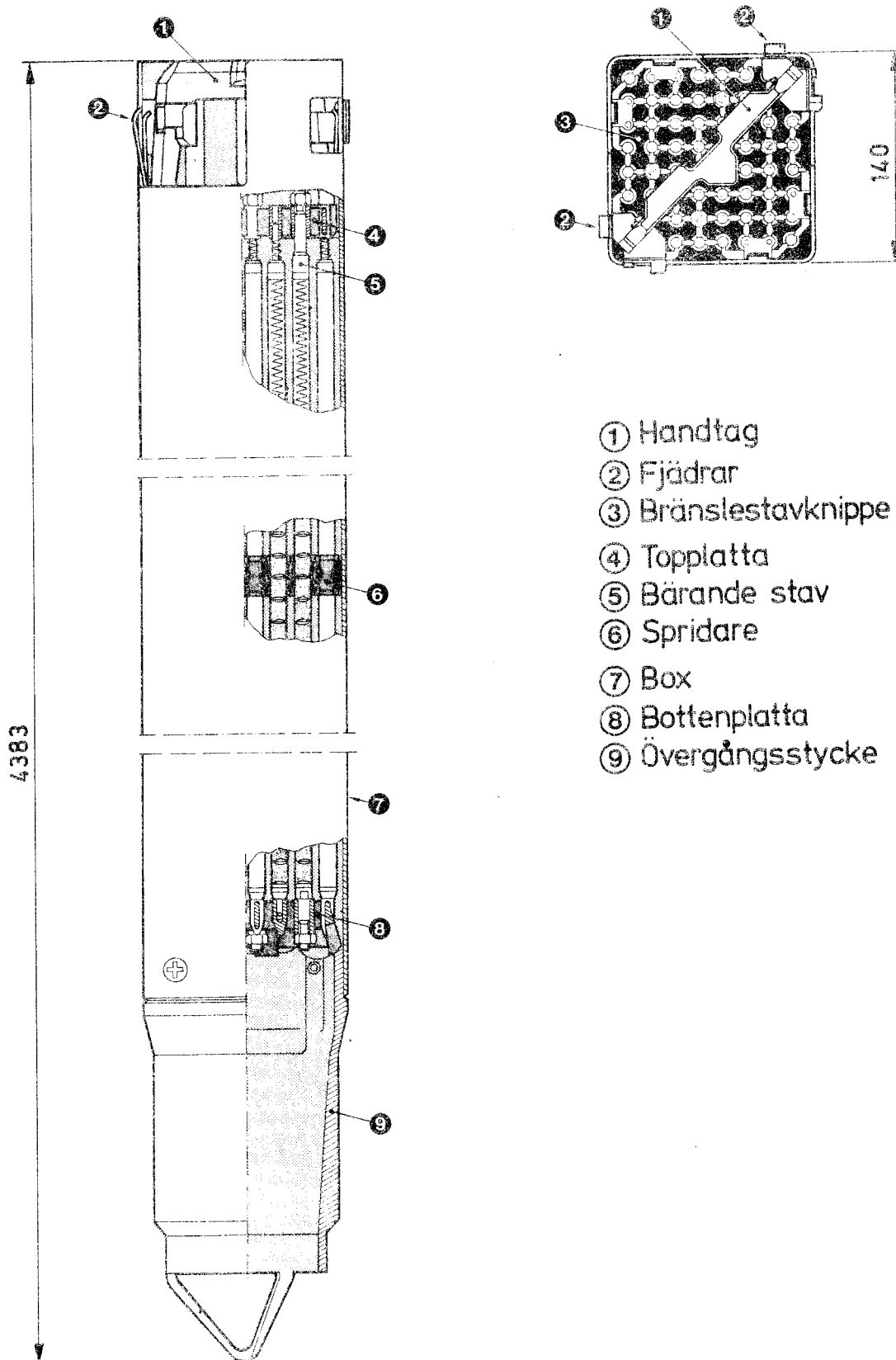
Därutöver tillkommer boxar från BWR till ett antal av ungefär halva bränslepatronantalet samt borglasstavar, som förekommer i den första härden i PWR och som medföljer bränslet från reaktorstationen.

Mängderna av konstruktionsmaterial framgår av nedanstående tabell. Den baseras på ett antal av 42 000 bränslepatroner från BWR och 4 300 från PWR. Antalet boxar är 21 000 och antalet patroner med borglasstavar 200.

Tabell - Typer av mängder av konstruktionsmaterial från demontering av bränslepatroner

Detalj	Material	Vikt/patron, kg	Totalvikt, kg
BWR			
Spridare	Inconel X-750	0,95	40 000
Spridarhållarstav	Zr-2	0,8	34 000
Topp- och bottenplatta	SIS 2333	2,9	122 000
PWR			
Spridare	Inconel 718	ca 6	25 000
Ledrör	Zr-4	ca 10	43 000
Topp- och bottenplatta	304 SST	ca 16	70 000
Boxar	Zr-4 och SIS 2333	48	1 000 000
Borglasstavar	304SST mm	ca 25	5 000

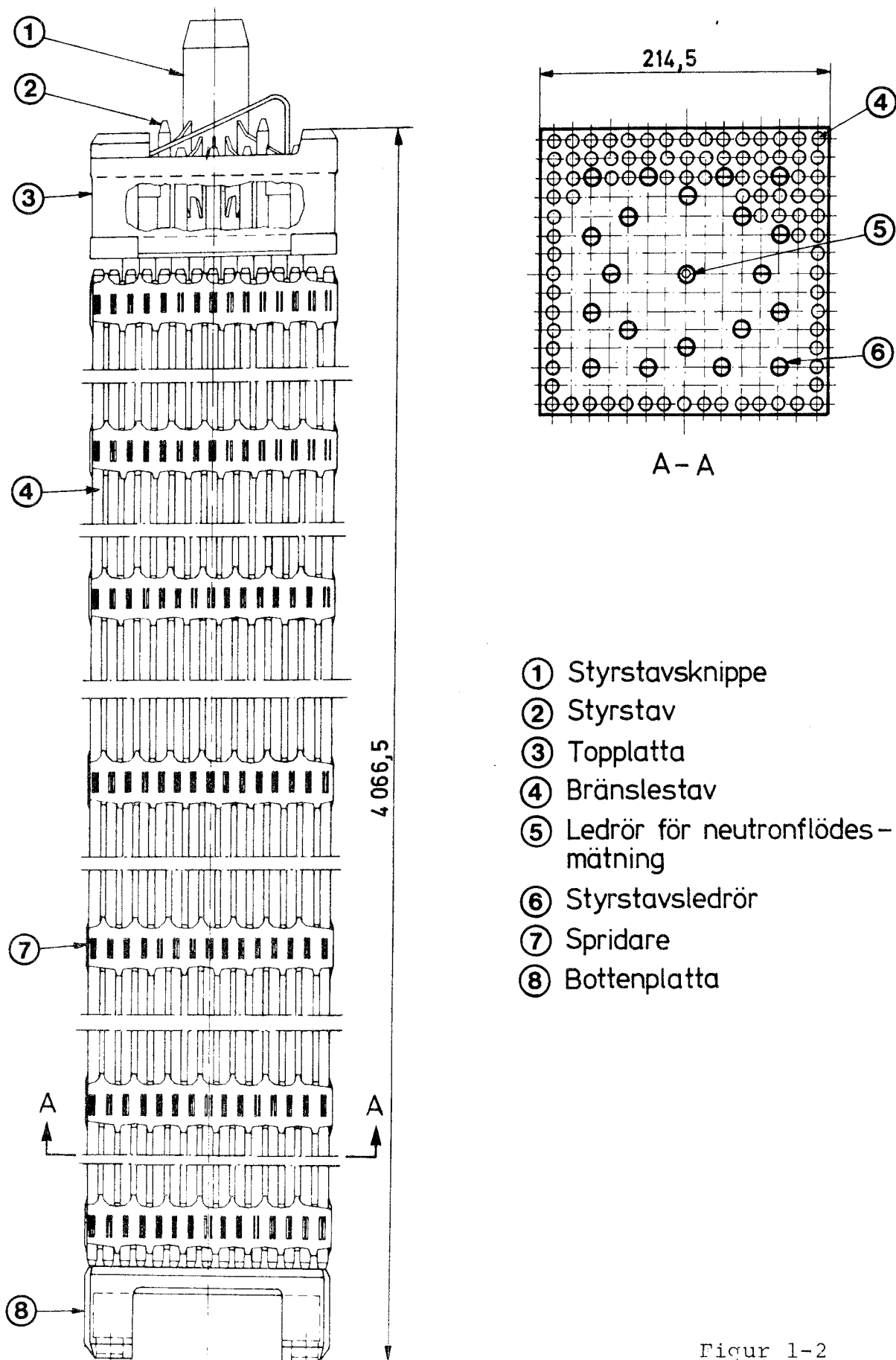
BWR - Bränslepatron



- ① Handtag
- ② Fjädrar
- ③ Bränslestavknippe
- ④ Topplatta
- ⑤ Bärande stav
- ⑥ Spridare
- ⑦ Box
- ⑧ Bottenplatta
- ⑨ Övergångsstycke

Figur 1-1

PWR - Bränslepatron Ringhals 2



Figur 1-2

2 Demontering och kompaktering

Demonteringen av bränslepatroner beskrivs närmare i processbeskrivningen för stationen för slutförvaring.

Vid demontering av BWR-bränsle lossas samtliga konstruktionsdetaljer, topp- och bottenplattor, spridare, spridarhållarstavar. De samlas i en transportlåda för överföring till kompakteringsbassängen.

Detaljerna från PWR-bränslet består efter demonteringen av en fri bottenplatta och ett rörskelett, som utgörs av topplatta, ledrör och spridare. Dessa delar är hopfästa antingen genom svetsning eller mekanisk deformation. Bottenplatta och rörskelett förs i en transportlåda till kompakteringsbassängen.

Boxar och enheten med borglasstavar frångiljes från bränslet redan vid ankomsten till slutförvaringsstationen och kan då direkt överföras till kompakteringsbassängen. Enheten borglasstavar består av en topplatta och ett antal stavar med samma diameter som bränslestavarna.

Konstruktionsdetaljerna är delvis ganska skrymmande, men innehåller relativt liten materialmängd, varför deras volym lätt kan minskas med några mekaniska arbetsmoment. Detta sker i kompakteringsbassängen, som innehåller utrustning för sådana åtgärder. Därigenom uppnås att den erforderliga volymen av slutförvaret kan minskas och antalet betongkokiller som skall hanteras blir reducerat. Utrustningen består av pressar för hoptryckning och klippverktyg för kapning.

Kompakteringen utföres enligt följande.

BWR, spridare

Spridarna kompakteras i en press. Pressen reducerar volymen från ca 3,3 l till 0,85 l, räknat på samtliga spridare i en bränslepatron.

BWR, spridarhållarstav

Staven klipps i ca 0,5 m långa bitar i ett klippverktyg. Stavens volym är 0,5 l/patron.

BWR, topplattor

Topplattan har utstående delar i form av handtag och fjädrar. Dessa klipps eller fräses bort. Plattans volymbehov vid förvaringen minskar därigenom från ca 2 l till ca 0,85 l.

BWR, bottenplattor

Bottenplattorna, som har en volym av 0,7 l, går till ingjutning utan behandling.

Totalvolymen av metalledlar från en BWR-patron blir då 2,9 l.

PWR, rörskelett

Ledrören i rörskelettet klipps av i ett klippverktyg. Snitten läggs direkt ovanför och nedanför spridarna, som därefter förs till en press för komprimering. Ledrörsbitarna, som får en längd av ca 0,5 m, bearbetas ej ytterligare före ingjutning.

Av rörskelettet återstår topplattan, på vilken utskjutande fjädrar klipps av. Metalledlarna har nu fått en volym av 19 l/patron.

PWR, bottenplatta

Bottenplattan överförs till ingjutning utan vidare hantering. Den har en volym av drygt 3 l.

Totalvolymen av metalledlar från ett PWR-element är alltså ca 22,5 l.

Ytterligare komprimering är möjlig av spridarhållarstav, led rör, topp- och bottenplattor, varigenom en reducering till en totalvolym av 2,3 l för BWR och 15 l för PWR kan uppnås. Vi har dock i denna studie valt att stanna vid ovan beskrivna åtgärder.

Boxar

Boxarna klipps av så att övergångsstycket blir fritt. Därpå kompakteras övergångsstycket genom pressning. Zircaloytrumman trycks ihop diagonalt över hörnen och klipps i bitar. Vid hoptryckningen spricker zircaloymaterialet. Totala volymen av en box blir ca 12 l.

Borglasstavar

Borglasstavarna är sammansatta på samma sätt som PWR rörskelett, dock saknas spridare. Antalet stavar som sitter i en topplatta varierar mellan 9 och 20. Dessutom finns några korta stavar. Enheten behandlas på samma sätt som rörskelettet, dvs klippning till 0,5 m långa stavar. Topplattan och stavarna går därefter till ingjutning. Volymen per patron är i genomsnitt ca 10 l.

Efter kompakteringen samlas metalledelarna i en korg av rostfritt stål. Den fyllda korgen transporteras på en vagn ut ur kompakteringsbassängen genom en vattenkanal till ett angränsande utrymme, där ingjutningsprocessen tar vid.

3

Kokillernas storlek och antal samt dosrat

Avgörande faktorer för valet av storlek på betongkokillerna har varit

- den inre volymen skall ge utrymme för en skälig mängd metalledar,
- vägg tjockleken skall ge strålskärmning så att dosraten vid hantering blir acceptabel,
- de yttre måtten skall begränsas så att hanteringen kan ske med rimlig storlek på transportutrustning.

Yttermåtten har valts lika för alla kokiller (= 1,6 m) för att transporterna skall vara likartade.

Vägg tjockleken har valts olika beroende på arten av metalledar. Således har 40 cm tjocklek valts för alla detaljer utom boxar, där tjockleken 30 cm ansatts. För boxar hade en tjocklek 20 cm varit tillräcklig, men hållfastheten hos betongen och utrymme för armering talar för den grövre tjockleken.

Den inre volymen blir då en kub på $1,0^3$ boxar och $0,8^3 \text{ m}^3$ för övriga delar.

Det totala antalet kokiller beräknas med antagande av en fyllnadsgrad av 60%.

BWR-detaljer	385 kokiller
Boxar	420 "
PWR-detaljer	325 "
Borglasstavar	5 "

Totalt 1135 "

Dessutom tillkommer 25 kokiller för ingjutning av den koppar, som bearbetas bort tillsammans med blyöverskottet från ingjutning av bränslestavar i bly i kopparkapslar. Detta redovisas separat i annan rapport.

Dosraten från kokillerna redovisas i bilagda meddelande RF 78-222. Beräkningen har skett för två ytterlighetsfall, nämligen med delarna kringflutna av betong (= normalfallet) och utan injekterad betong. Det senare fallet redovisas för jämförelsens skull, eftersom ett mera sannolikt fall, då vissa smärre håligheter skulle uppstå mellan metalledarna, inte låter sig beräknas på ett adekvat sätt. Det visar sig dock att även ytterlighetsfallet utan injekterad betong kan accepteras.

Dosraten anges både på ytan och på 1 m avstånd.
En sammanfattning ges i tabellen nedan, där X/Y
betyder ytdosrat/dosrat på 1 m avstånd i mrem/h.

	Med injekterad betong	Utan injekterad betong
BWR-detaljer	220/53	640/150
Boxar	67/18	120/32
PWR-detaljer	590/140	1960/470
Borglasstavar	350/84	1160/280

4

Ingjutning av metalledlar

Efter klippning och kompaktering gjuts metalledlarna in i betong med tillämpning av ett förfarande, som beskrivs i det följande och som illustreras på figur 4-1.

Korgarna med metallskrot lyfts upp i en cell, som är isolerad från omgivningen av strålskärmande betongväggar. I denna cell sker vattenavrinning och avskiljning av spån och spill, som slamsugs till en speciell korg med invändigt filter. Korgarna med innehåll sänks sedan via en luftsluss ned i kubiska betongbehållare, s k kokiller, placerade under lucköppningar i slussgolvet. Kokillerna transporteras på vagnar försedda med domkrafter, med vilkas hjälp behållarna kan höjas så, att överkanterna pressas mot kvadratiska tätningssramar kring lucköppningarnas underkant.

Kokillernas konstruktion m m framgår av fig. 4-2.

Till varje förtillverkad betongbehållare hör ett likaledes förtillverkat betongblock, som förvaras intill den plats, där fyllningen med metallskrot utförs. Kokillerna är vidare försedda med ingjutna rör med anslutningar för inpumpning av cementbruk underifrån samt via locket.

Innan metallskrotet sänkts ned, ansluts det nedre injekteringsröret med en slang till ett injekteringsaggregat bestående av pump och blandare. När skrotet kommit på plats startas pumparna och ett lättflytande injekteringsbruk bestående av cement, sand och vatten jämte vissa tillsatsmedel inpumpas från botten och pressas upp till något ovanför korgens överkant. På detta sätt utfylls i stort sett alla hålrum omkring metalledlarna. Tekniken är densamma som används för framställning av s k injekteringsbetong genom inpumpning av cementbruk i en fyllning av makadam eller annan stenmaterial.

Hanteringen av kokillerna, liksom av slang- och luftkopplingar sker avståndsmanövrerat, normalt från positioner utanför cellens blyglasfönster. Vissa moment kan dock utföras med hjälp av en travers med strålskärmad manöverhytt.

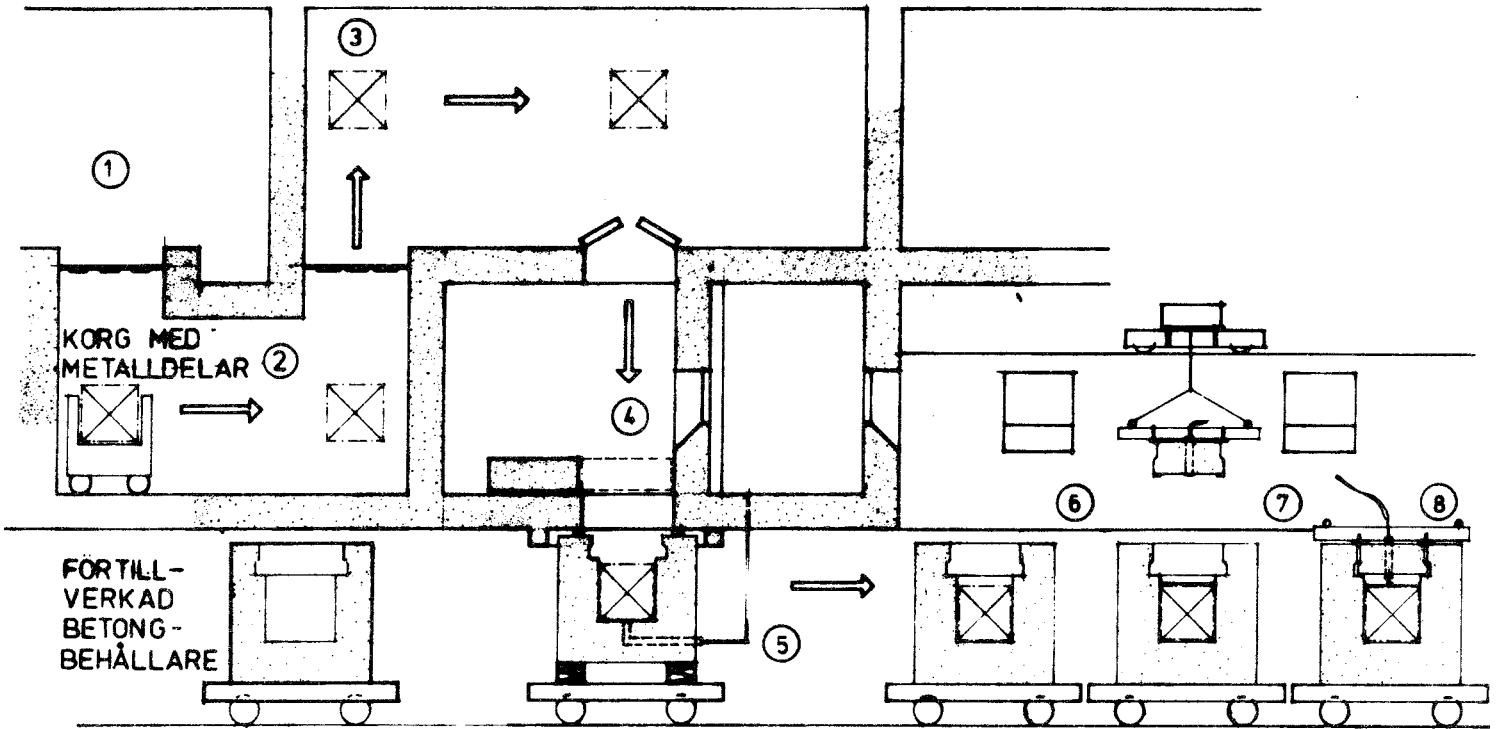
När injekteringen är klar, sänks kokillen, varefter den flyttas till en position, där översidan är åtkomlig för arbeten med hjälp av traversen. Förflyttningen görs antingen direkt efter injekteringsmomentet eller ca 1 dygn efter denna operation, då cementbruket har uppnått tillräcklig hållfasthet.

Nästa injekteringsetapp utförs när locket satts på plats med hjälp av traversen. Härvid pumpas cement-sandbruk in under locket och pressas upp i spalterna omkring detsamma.

Den färdiga kokillen består sålunda av en homogen betongkub, i vars inre del de aktiva metallresterna är ingjutna. Metallytorna blir i stor utsträckning omgivna av cementbruk, som via cementlimmet får en god vidhäftning mot metallen.

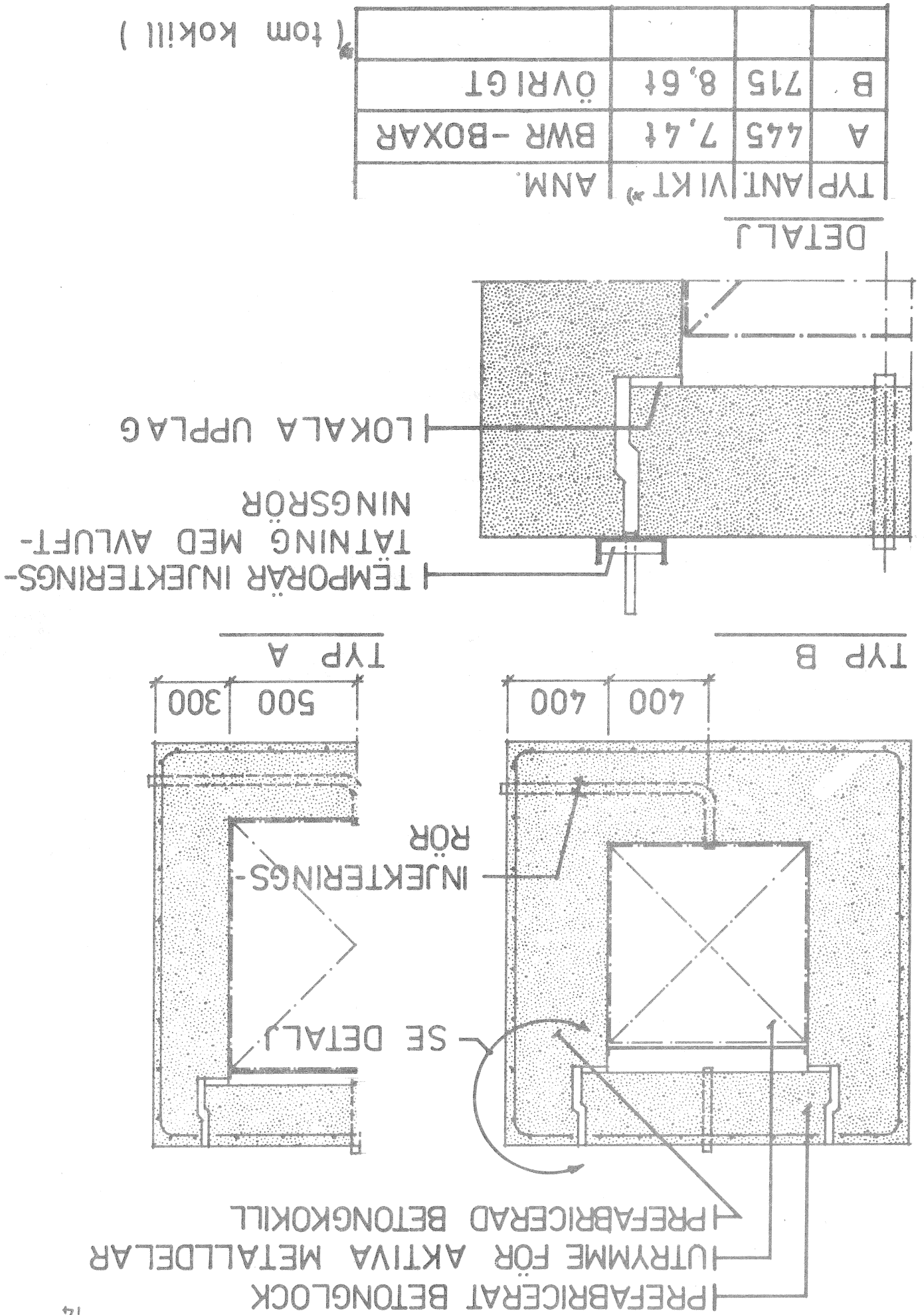
Kokillernas armering är i första hand avsedd att förhindra sprickbildning på grund av temperatur- och krympningseffekter under och närmast efter tillverkningen samt att motverka transportskador. Efter deponeringen har armeringen ingen väsentlig funktion, eftersom kokillerna fungerar som homogena betongkroppar, som kan motstå belastningar av grundvattentryck m m utan att armeringen behöver tagas i anspråk.

Betongväggarna armeras endast vid ytterytorna. Man måste räkna med att stålet förr eller senare rostar och att det täckande betongskiktet utanför varje armeringsstång tenderar att avspjälkas på grund av "rostsprängning", vilket naturligtvis påskyndar korrosionsförloppet. Eventuella sprickor och kanaler till följd av armeringens rostning kommunicerar ej med metallskrotet och har därför ingen väsentlig inverkan på metallernas utlösningshastighet.



- 1 STATION FÖR MOTTAGNING, KLIPPNING OCH PRESSNING AV METALLDELAR
- 2 SLUSSNING VIA VATTENBASSÄNG
- 3 DRÄNERING AV TRANSPORTKORG
- 4 PLACERING AV TRANSPORTKORG I BETONGKOKILL
- 5 INJEKTERING AV TRANSPORTKORG I BETONGKOKILL
- 6 TRANSPORT TILL FÖRSEGLINGSSTATION
- 7 MONTERING AV LOCK
- 8 INJEKTERING AV SPALT OMKRING LOCK

FIG. 4-1



5

Transport av betongkokiller

Kokillerna transporteras var för sig från ingjutningsstationen till slutförvaret. Förflyttningen utförs tidigast en vecka efter den sista cementbruksinjekteringen. De horisontella transporterna utförs med hjälp av en motordriven transportvagn, försedd med strålskärmar omkring lasten och en traversutrustning för i första hand avlastning (se fig 5-1). Ilastning av kokillen kan göras antingen med nämnda utrustning eller med injutningsstationens travers.

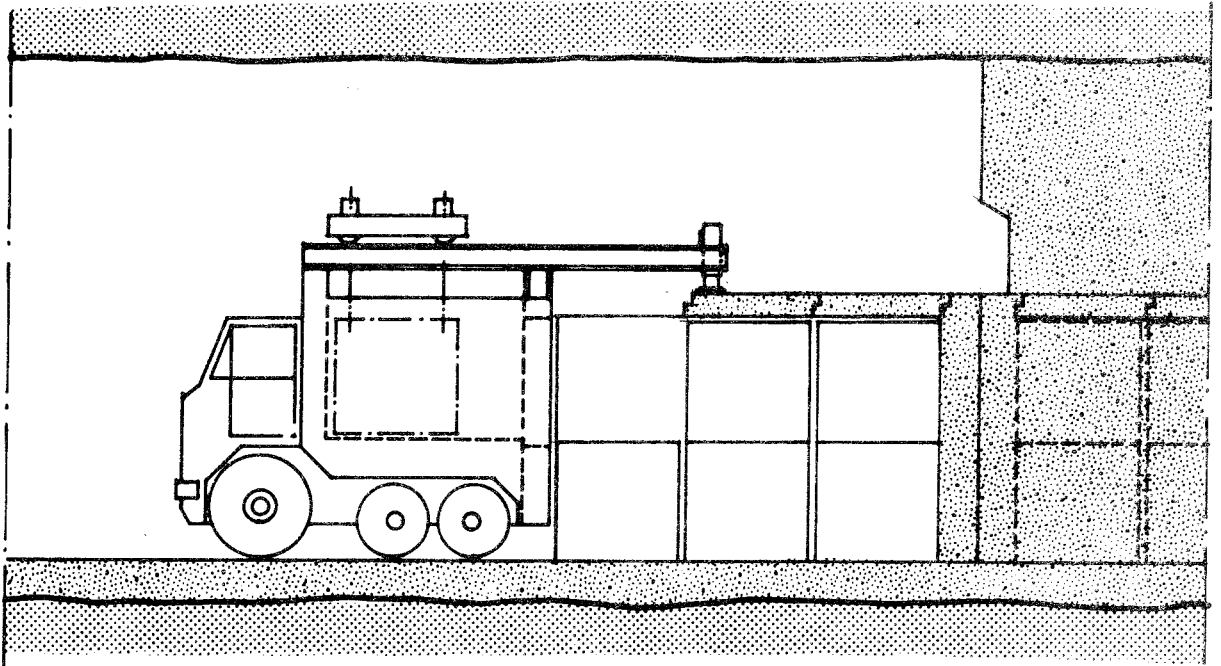
Strålskärmmarna är uppbyggda av stål och bildar en låda, som är öppen upptill och vars bakre gavel är utformad som en port. Den är sålunda delad i två gångjärnsupphängda portblad, som kan svängas tre kvarts varv före urlastningen. Strålskärmmningen dimensioneras så att personalen kan vistas i fordonets närhet utan att behöva beakta några speciella restriktioner.

Traversutrustningen består av en brygga av två kopplade balkar och en löpvagn med hydrauliska lyftare och lyftstänger. Vid urlastning parkeras först transportvagnen med bakändan tätt intill den plats där kokillen skall ställas upp. Traversbryggan förskjuts därefter bakåt, så att bryggans yttre ändar når över betongdäcket ovanpå de tidigare installerade kokillerna eller motsvarande hylla på en tunnelavstängning. Balkändarna är försedda med motordrivna ställskruvar, som justeras så att bryggan får ändupplag på dessa ställen.

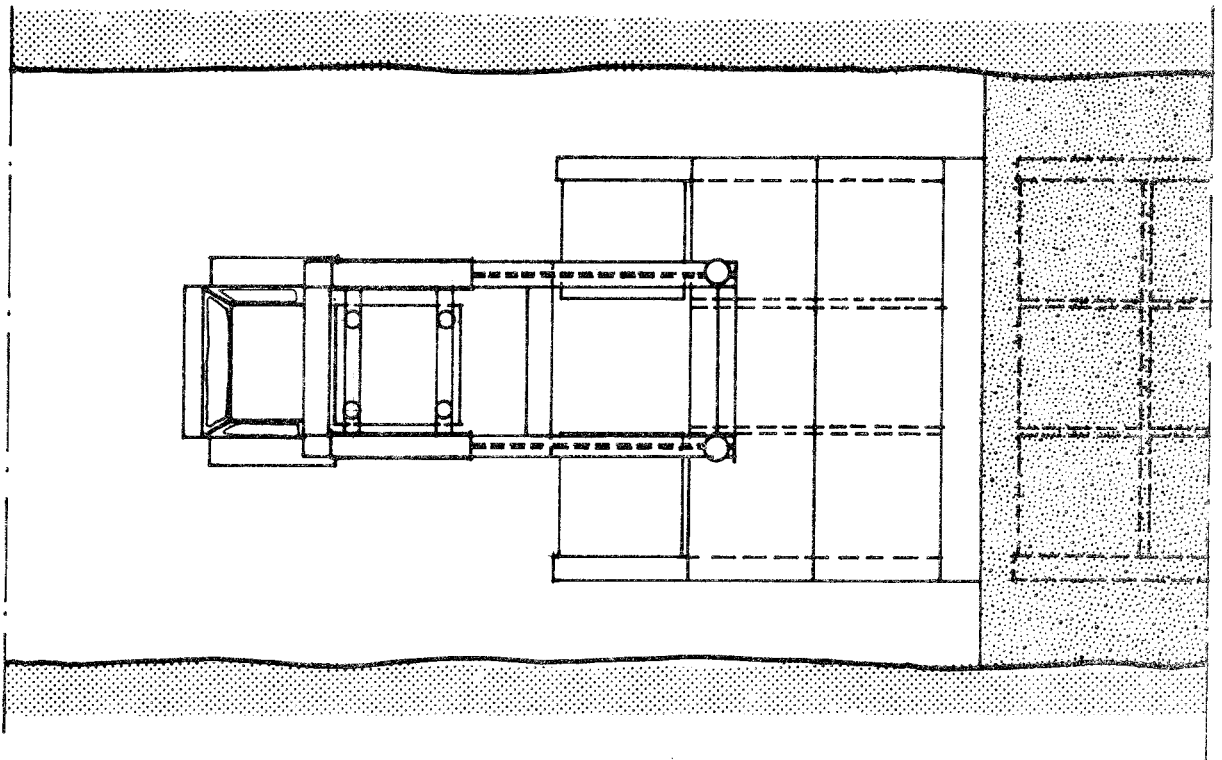
Lyftningen av lasten sker med hjälp av fyra domkrafter med tillhörande lyftstänger, vilka kopplats vid kokillen i samband med lastningen i ingjutningsstationen. Lyftarna arbetar stegvis med korta domkraftslag och successiv säkring av lasten med hjälp av motordrivna muttrar som löper på de gängade lyftstängerna. Systemet är så utformat att lasten icke tappas vid brott på en lyftstång, vid felfunktion hos domkrafter eller hydraulsystem, felmanövrering e d.

Lasten horisontalförflyttas med hjälp av den elmotordrivna löpvagnen och sänks sedan ned till den slutliga positionen med hjälp av domkraftssystemet. Traversbalkarna är försedda med stoppanordningar för inbromsning av löpvagnen, om dennas ordinarie bromssystem icke skulle fungera tillfredsställande.

Beträffande transportsäkerheten kan sammanfattningsvis konstateras att risken för transportskador är mycket liten, eftersom kokillerna är mycket robusta och kan skadas väsentligt endast om de tappas under lyftning e d. Risken för ett sådant missöde är liten på grund av lyftanordningarnas redundans m m. Om en kokill trots allt skulle tappas finns det anledning att räkna med att den spricker mer eller mindre, men att betongdelarna hålls samman av armering. Kokillen kan i sådant fall repareras genom cementinjektering av sprickorna. Om större skador skulle uppstå, kan de skadade delarna gjutas in i en större betongbehållare för slutdeponering på i princip samma sätt som för de ordinarie kokillerna.



A - A



PLAN

TRANSPORT AV BETONGKOKILL

FIG. 5-1

6 Slutdeponering

De grundläggande principerna för slutförvaring av förglasat avfall och använt kärnbränsle tillämpas också för slutlig förvaring av aktiva metalldelar, s k metallskrot. Enligt föreliggande program deponeras sålunda skrotet på stort djup i en berggrund, som utgör den yttersta barriären mot spridning av radioaktiva ämnen till biosfären. Beträffande berget gäller därför i princip liknande krav som vid deponering av förglasat avfall och använt bränsle, men vissa förenklingar kan göras med hänsyn till skrotets väsentligt lägre innehåll av radioaktiva produkter. Sålunda kan bergbarriärens tjocklek vara mindre, metallisk inkapsling kan ersättas med ingjutning i betong och tunnelfyllningen behöver icke ha samma grad av vattentäthet, plasticitet m m som i de övriga förvaren. Tunnlarna kan därför fyllas med betong i stället för sand-bentonit. Man måste räkna med viss sprickbildning i betongfyllningen och därmed större lokala vattenflöden förbi metallskrotet än vid fyllning med sand-bentonit. Detta är emellertid av underordnad betydelse, eftersom metallernas lösningshastighet är mycket låg i den alkaliska miljö som skapas på grund av betongingjutningen. (Se KBS-rapport 101)

Skrotförvaret placeras sålunda på ett djup av ca 300 m under bergytan. Här utsprängs ett system av förvaringstunnlar, som via korta anslutningstunnlar kommunicerar med två vertikala schakt från markytan. Dessa innehåller hissar, trappor och ventilationstrummor. Såsom framgår av fig 6-1, är utrustningen i schakten arrangerad på något olika sätt under de skeden då bergarbeten respektive deponeringsarbeten pågår. Det större schaktet drivs som sänkschakt medan det mindre drivs nedifrån lämpligen genom fullborrning via pilothål.

Förvaringstunnlarna har ca 50 m² tvärsnittsarea (Se fig 6-1). Som framgår av fig 6-2 utgörs tunnelsystemet av två längre parallella orter, förbundna med tvärgående orter på ett sådant sätt, att "återvändsgatornas" längder blir måttliga under såväl utbyggnads- som deponeringstiden.

Betongkokillerna innehållande metallskrot placeras på ett betonggolv i tunnlarna så som visas på fig 6-3.

Tunnelsektionen rymmer två lager å tre kokiller, vilka ställs på plats sektion för sektion. Kokillerna täcks successivt med betongplank, först på

överytan, sedan på sidorna. Planken placeras i slitsar i betonggolvet. Sidoplanken kopplas ihop med de övre planken, vilka förankras i kokillerna. De utgör kompletterande strålskärming kring kokillerna och medger att fortsatta arbeten kan bedrivas i de omgivande utrymmena utan särskilda restriktioner med hänsyn till strålningsrisk. Sådana restriktioner gäller sålunda endast vid deponeringsfronten, som dock kan skärmis vid behov, när deponeringsarbeten icke pågår.

Tunnlarna indelas i delsträckor, som förseglas etappvis genom att alla utrymmen mellan och omkring kokillerna fylls med betong. Fyllningsetapperna skiftas mellan olika tunnlar så att gjutningsarbeten i ett "förvar" icke hindrar inplacering av kokiller i ett annat.

Fram till tidpunkten för försegling av ett "förvar" avledds inträngande grundvatten via golvrännor till pumpgropar, varifrån vattnet pumpas vidare till recipient ovan mark.

Ventilationen kan under utbyggnadsskedet ske genom friblåsning av luft, men under deponeringsskedet tillförs ventilationsluften via trummor monterade under tunneltaken.

Beträffande utbyggnad av tunnlar och schakt samt anordning av system för dränage, ventilation, transporter av personal och utrustning m m gäller följande samma principer som för slutförvaret för förglasat kärnbränsleavfall, se KBS Tekn Rapport nr 38.

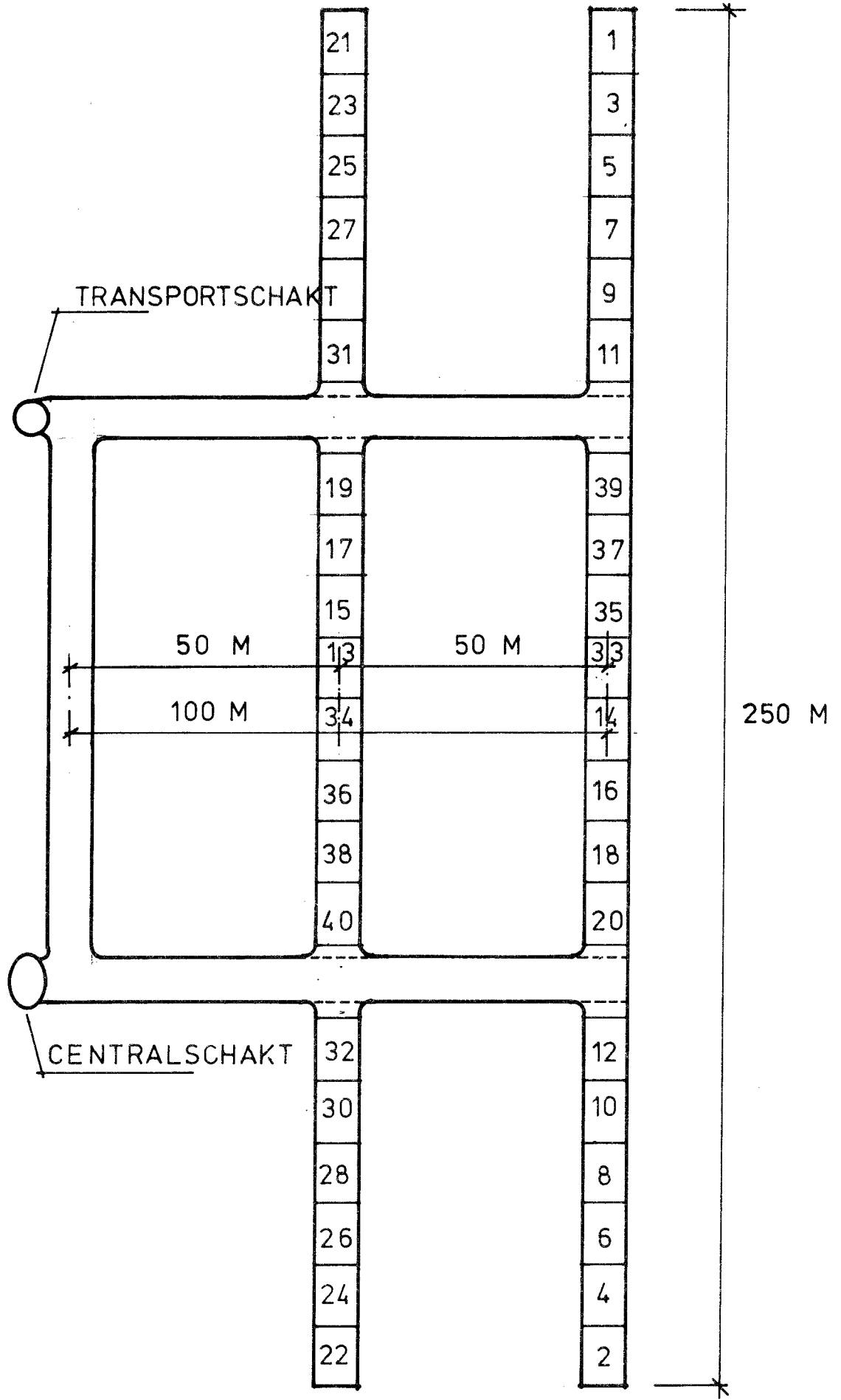
Förseglingen inleds med att den aktuella tunneldelen avstängs med en flyttbar form (Se fig 6-3), varefter utrymmena mellan kokillerna och bergväggarna fylls med "vanlig" betong innehållande stenballast. För begränsning av betongens krympning och sprickbildning används långsamthårdnande cement. Betongen bör innehålla relativt hög halt av finsand, så att normala krav på vattentät betong tillgodoses med lägsta möjliga cementhalt. Inga speciella hållfasthetskrav ställs. Däremot gäller att betongmaterialet skall ha låg halt av klorider, nitrater, sulfider och andra korrosionsbefrämjande ämnen. De krav som i detta avseende gäller för förspända betongkonstruktioner tillämpas lämpligen för all betong i slutförvaret, varvid bruket närmast omkring metallskrotet jämnställs med injekteringsbruk för spännkabelkanaler. Flyttillsatsmedel används lämpligen för att minska eller eliminera behovet av vibrering.

Som nästa arbetsmoment fylls spalterna mellan kockillerna med ett bruk av sand och cement. Detta inpumpas genom rör, vilkas mynnningar hela tiden hålls "dränkta" under den stigande bruksytan.

När tunnelns nedre del sålunda utfyllts helt, fylls den övre delen genom inpumpning av flytbetong med ungefär samma sammansättning som för den tidigare gjutna betongen. Betongmassan skall i detta fallet vara så lättflytande, att den icke behöver bearbetas. Gjutfronten drivs med lutning från tunnelns inre del mot den temporära tunnelavstängningen, som kompletteras successivt genom montage av formluckor.

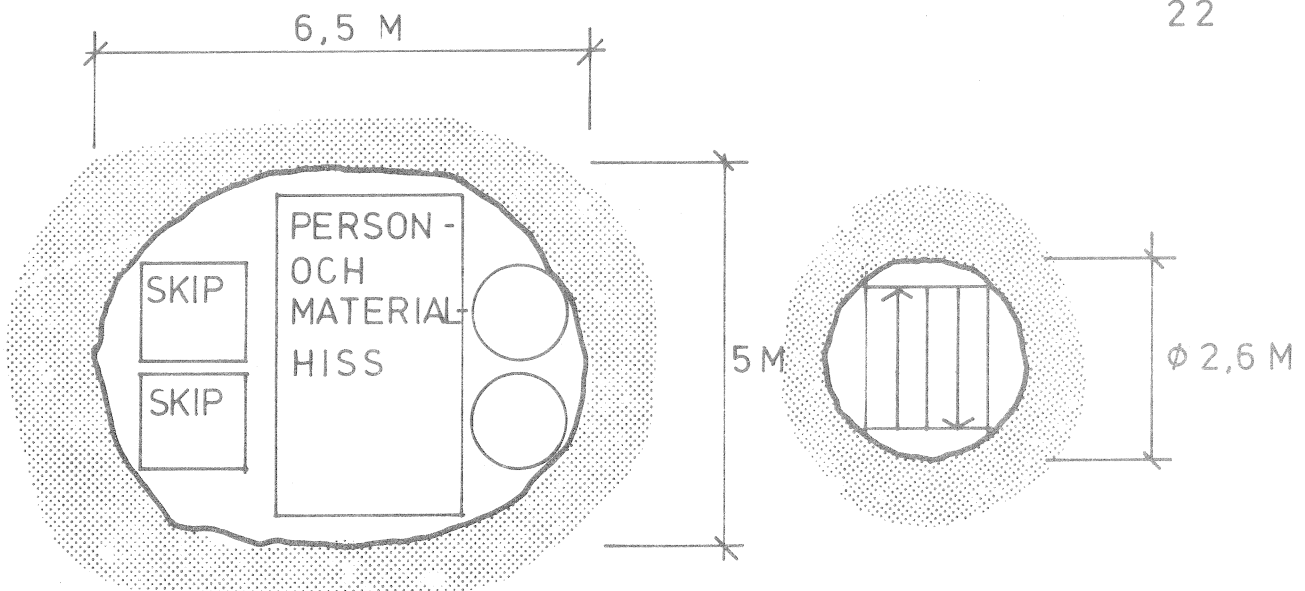
Tidigast en månad efter gjutningen görs en efterinjektering genom inpressning av rent cementbruk under högt tryck genom rör, som ingjutits utefter tunnelns tak och väggar. På detta sätt tätas de spalter, som kan ha uppkommit genom betongens sättning och vattenseparation vid gjutningen och genom plastisk krympning i samband med betongens avsvällning veckorna närmast efter gjutningen.

De två förvaringstunnlarna, vardera med 250 m längd, som visas på fig 6-2, beräknas bli utfyllda under 30 års tid. Anslutningstunnlarna utgör sålunda en viss reservkapacitet, eftersom intet hindrar, att åtminstone de inre delarna av dessa tunnlar till slut också utnyttjas för förvaring av metallskrot. Sedan tunnelsystemet fyllts helt med betong, avslutas förseglingen genom fyllning av schakten med sand-bentonit på samma sätt som vid förseglingen av förvaren för förglasat avfall och använt bränsle. De vertikala kommunikationsvägarna blockeras sålunda med ett material, som även på mycket lång sikt behåller ungefär samma låga permeabilitet som det omgivande berget.

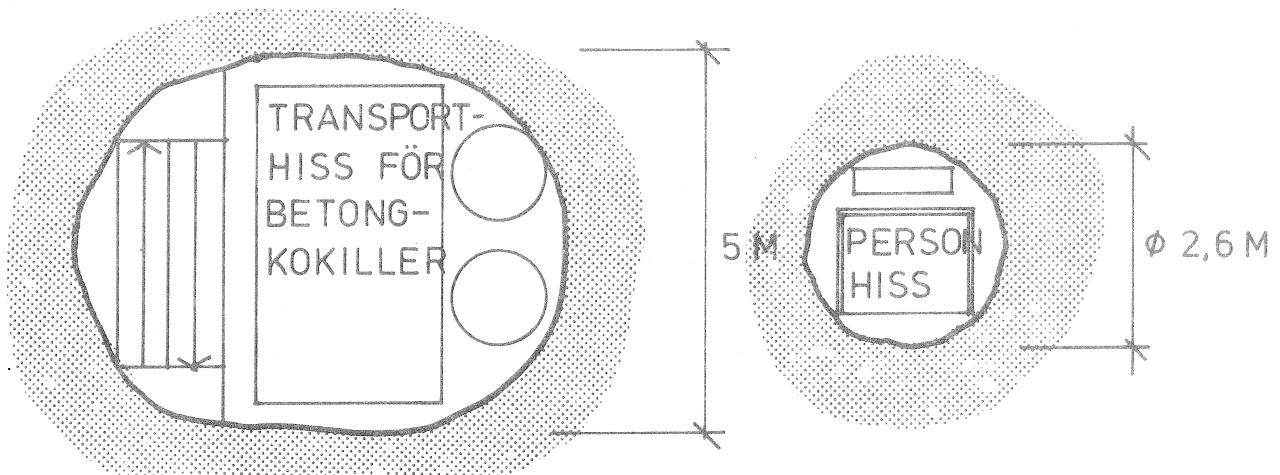


SLUTFÖRVAR NIVÅ -300

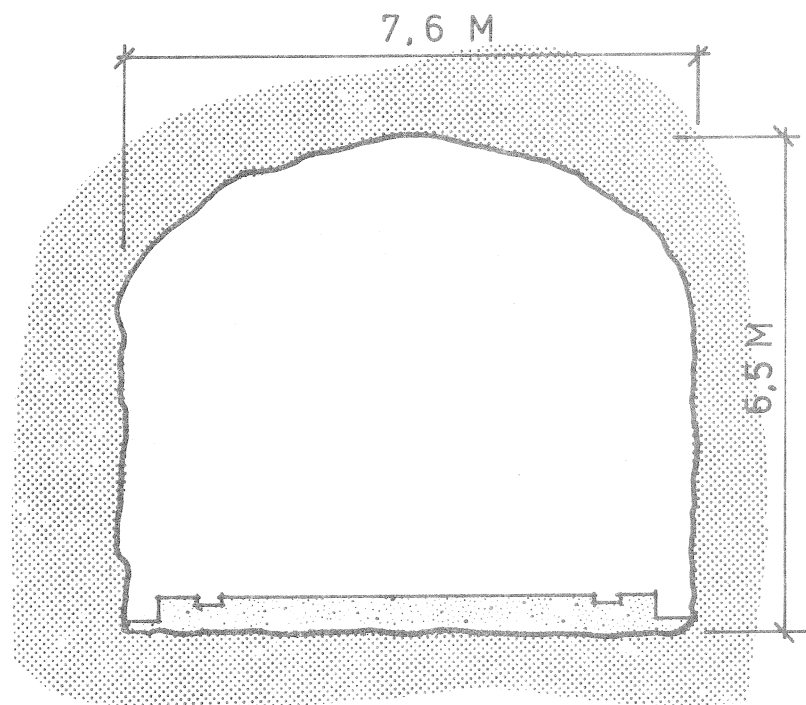
FIG. 6-1



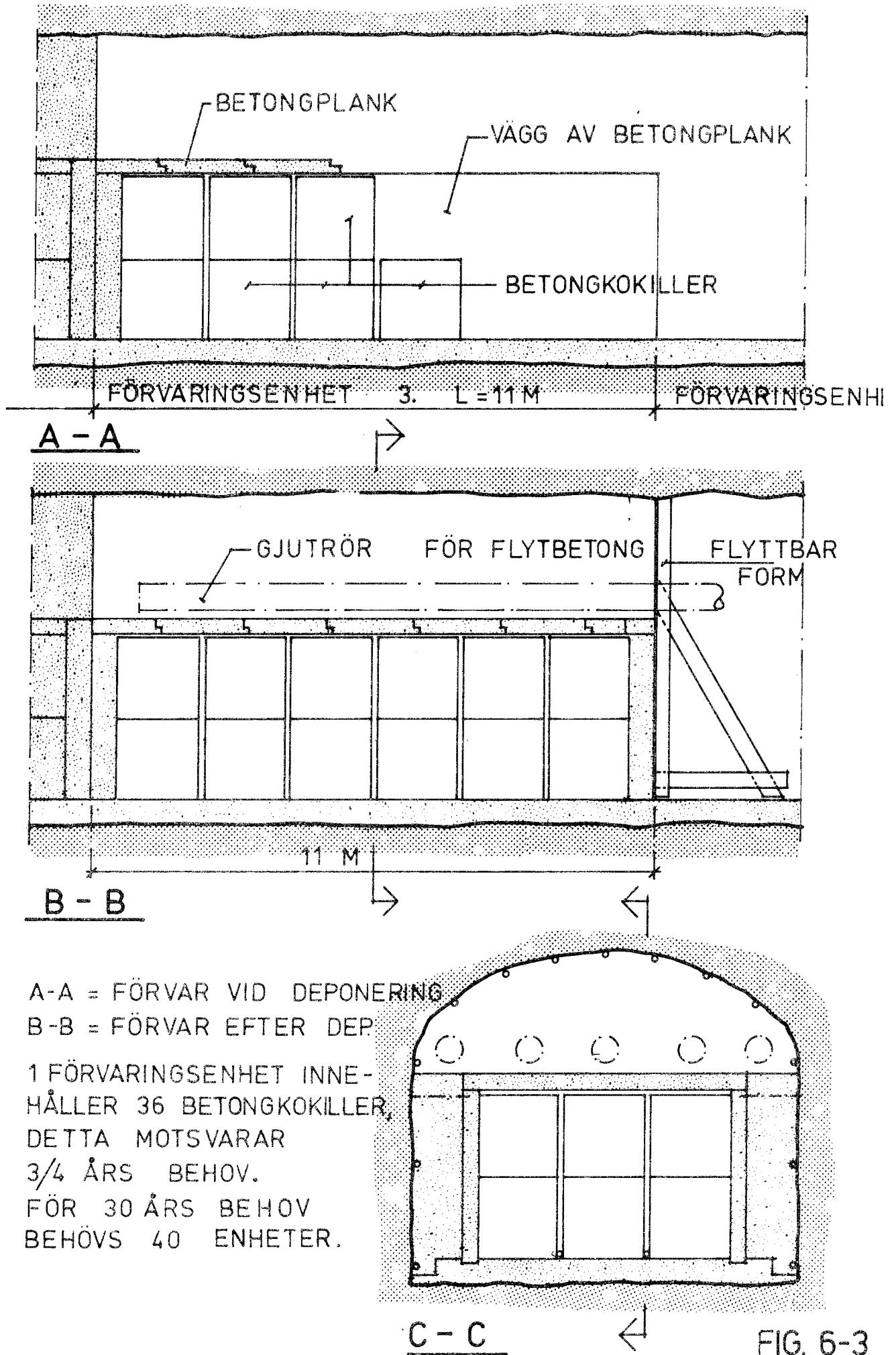
SCHAKT UNDER BYGGNADSTIDEN



SCHAKT UNDER DEPONERINGSTIDEN



FÖRVARINGSTUNNEL FIG. 6-2



Till	Från	Datum	Reg.	Blad
	RFC	78-05-22	3840	1
Utfärdare, tfn-nr		K Lundgren 6021 10		
SLUK - Betongkokiller med bränsledelar innehållande neutron-inducerad aktivitet - Strålskärmsberäkningar				

Förutsättningar

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

1
Kokill för BWR-detaljer

Dimensioner utvändigt (1.6 m)³
invändigt (0.8 m)³

Innehåller material från 109 BWR-patroner:

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

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

- E (MeV) 0.79 1.25
- S_v (MeV/cm³, s) 1.95(5) 7.78(6)

2
Kokill för BWR-boxar

Dimensioner utvändigt (1.6 m)³
invändigt (1.0 m)³

Innehåller 50 st BWR-boxar:

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

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

- E (MeV) 1.25
- S_v (MeV/cm³, s) 6.6(5).

3

Kokill för PWR-detaljer

Dimensioner utvändigt	(1.6 m) ³
invändigt	(0.8 m) ³

Innehåller material från 13 PWR-patroner:

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

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

- E(MeV)	1.25
- S _v (MeV/cm ³ ,s)	1.9(7)

4

Kokill för PWR-borglasstavar

Dimensioner utvändigt	(1.6 m) ³
invändigt	(0.8 m) ³

Innehåller borglasstavar från ca 40 PWR-patroner.

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

- E(MeV)	1.25
- S _v (MeV/cm ³ ,s)	1.2(7).

Resultat

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

1

Kokill för BWR-detaljer

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

2

Kokill för BWR-boxar

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

3
Kokill för PWR-detaljer

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

4
Kokill för PWR-borglasstavvar

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

Referenser

1. K Lundgren
Beräkning av neutroninducerad aktivitet i konstruktionsmaterial i bränslestavknippe
PM RF 78-98 (1978).
2. K Lundgren
Beräkning av neutroninducerad aktivitet i interna delar i en BWR av ASEA-ATOM-typ
TR RF 76-43 (1976).
3. K Lundgren
CYLGAX, CYLGAM och GAMEN - FORTY-program för gammatransportberäkningar runt cylindriska källfördelningar
TR RF 75-194 (1975).

FÖRTECKNING ÖVER KBS TEKNISKA RAPPORTER

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

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

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

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

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

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

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

- 68 Degraderingsmekanismer vid bassänglagring och hantering av utbränt kraftreaktorbränsle
Gunnar Vesterlund
Torsten Olsson
ASEA-ATOM 1978-01-18
- 69 A three-dimensional method for calculating the hydraulic gradient in porous and cracked media
Hans Häggblom
AB Atomenergi 1978-01-26
- 70 Lakning av bestrålat UO_2 -bränsle
Ulla-Britt Eklund
Roland Forsyth
AB Atomenergi 1978-02-24
- 71 Bergspricktätning med bentonit
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-11-16
- 72 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av kompakterad bentonit
Sven Knutsson
Högskolan i Luleå 1977-11-18
- 73 Self-injection of highly compacted bentonite into rock joints
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-02-25
- 74 Highly compacted Na bentonite as buffer substance
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-02-25
- 75 Small-scale bentonite injection test on rock
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-03-02
- 76 Experimental determination of the stress/strain situation in a sheared tunnel model with canister
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-03-02
- 77 Nuklidvandring från ett bergförvar för utbränt bränsle
Bertil Grundfelt
Kemakta konsult AB, Stockholm 1978-08-31
- 78 Bedömning av radiolys i grundvatten
Hilbert Christenssen
AB Atomenergi 1978-02-17
- 79 Transport of oxidants and radionuclides through a clay barrier
Ivar Neretnieks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-02-20

- 80 Utdiffusion av svårlösliga nuklider ur kapsel efter kapselgenombrott
Karin Andersson
Ivars Neretnieks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-07
- 81 Tillverkning av kopparkapsel för slutförvaring av använt bränsle
Jan Bergström
Lennart Gillander
Kåre Hannerz
Liberth Karlsson
Bengt Lönnerberg
Gunnar Nilsson
Sven Olsson
Stefan Sehlstedt
ASEA, ASEA-ATOM juni 1978
- 82 Hantering och slutförvaring av aktiva metalldelar
Bengt Lönnerberg
Alf Engelbrektsson
Ivars Neretnieks
ASEA-ATOM, VBB, KTH Juni 1978
- 83 Hantering av kapslar med använt bränsle i slutförvaret
Alf Engelbrektsson
VBB Stockholm april 1978
- 84 Tillverkning och hantering av bentonitblock
VBB
ASEA
ASEA-ATOM
Gränges Mineralprocesser
Juni 1978
- 85 Beräkning av kryphastigheten hos ett blyhölje innehållande en glaskropp under inverkan av tyngdkraften
Anders Samuelsson
- Förändring av krypegenskaperna hos ett blyhölje som följd av en mekanisk skada
Göran Eklund
Institutet för Metallforskning september 1977 - april 1978
- 86 Diffusivitetmätningar av metan och väte i våt lera
Ivars Neretnieks
Christina Skagius
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-01-09
- 87 Diffusivitetmätningar i våt lera Na-lignosulfonat, Sr^{2+} , Cs^+
Ivars Neretnieks
Christina Skagius
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-16
- 88 Ground water chemistry at depth in granites and gneisses
Gunnar Jacks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm april 1978