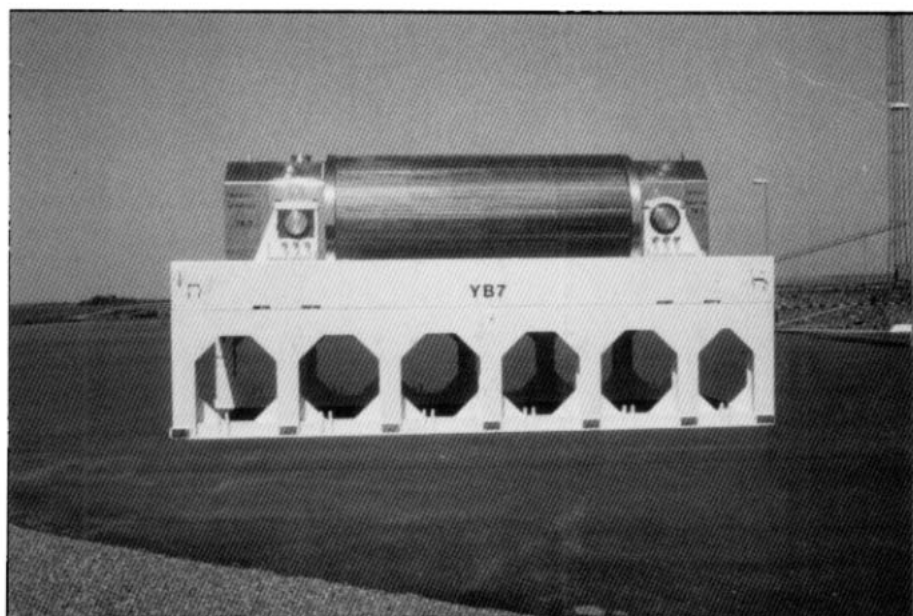


SEPTEMBER 1989

NORDISKA TRANSPORTER



nka

Nordic
liaison committee for
atomic energy

NORDISKA TRANSPORTER

Rapport från NKA projekt KAV 365

Författare:

**Bo Gustafsson
Stig Pettersson
Sirkka Vilkamo**

September 1989

Denna rapport finns tillgänglig från:

Svensk Kärnbränslehantering AB
Box 5864
S-102 48 STOCKHOLM, Sverige

ISBN 87 7303 358 8

Graphic Systems AB, Malmö 1989

DELTAGARE I PROJEKT KAV 365

Sammanhållande och ansvarig för framtagandet av bilaga 1 har varit Sirkka Vilkamo, Strålsäkerhetscentralen, STUK, och för bilaga 2 Stig Pettersson, Statens vattenfallsverk.

Underlagen avseende Finland har utarbetats av Petri Nyberg och Timo Vieno, Statens tekniska forskningscentral, VTT, (bilaga 1) och Jukka-Pekka Salo, Industrins Kraft AB (bilaga 2).

För avsnitten angående Sverige svarar Stig Pettersson, Statens vattenfallsverk.

Till informationen om situationen i Danmark har K Brodersen och J Qvist, Risø, bidragit och för informationen angående Norge J E Lundby och G A Rønneberg, Institutt for energiteknikk samt E A Westerlund, Statens Institutt for strålehygiene.

ABSTRACT

Transport of radioactive material from different fields of operation is well advanced in the Nordic countries: waste from the medical sector, industry, research, and now in increasing amounts from reactor operation, including spent fuel. In the future, waste from decommissioning will also be transported.

This report gives the amount of radioactive waste material to be transported in the Nordic countries. Transport routes, transport containers, and transport systems are described. Legislations and transport regulations are discussed.

INIS Descriptors:

DENMARK; FINLAND; NORWAY; SWEDEN; RADIOACTIVE MATERIALS; TRANSPORT; TRANSPORT REGULATIONS

Denna rapport ingår i det säkerhetsprogram som genomfördes 1985-89 av Nordiska kontaktorganet för atomenergifrågor. Programmet delfinansierades med medel från Nordiska ministerrådet.

SUMMARY

Transport of radioactive material is well advanced in the Nordic countries where a considerable number of such transports takes place. Radioactive waste from the medical sector, industry, and research is transported, stored, and treated centrally in each of the Nordic countries.

In Finland, spent fuel has been shipped from the Loviisa site to the Soviet Union since 1981. Equipment for transfer of spent fuel from the two TVO reactors to the intermediate KPA storage facility at the reactor site was taken into operation in 1987. A repository for low and medium active waste at the TVO site will be ready by 1992.

In Sweden, transport of spent fuel started in 1983. Since 1985, spent fuel has been shipped to the intermediate storage facility CLAB at Oskarshamn. Transports of low and medium active waste to the Forsmark repository started in 1988. Waste from the medical sector, research, and industry, has for many years been transported to Studsvik where it is now being conditioned and stored prior to transport for disposal in the repository at Forsmark.

Transport between nuclear sites in Sweden takes place with an integrated sea transport system.

Transport containers used in the Nordic countries satisfy stringent safety requirements and are inspected by the national competent authorities. Spent fuel from research reactors are also shipped beyond the Nordic countries in appropriate containers.

In Finland and Sweden legislation has recently become more stringent with regard to nuclear transports. In all of the Nordic countries it is the consignor who is responsible for the transports. However, other arrangements may also be made. Thus, in Sweden the nuclear utilities have transferred this responsibility to their jointly owned company SKB.

National safety requirements in the Nordic countries are in accordance with internationally accepted recommendations from the IAEA and satisfy stringent requirements. The latest revision of the IAEA transport regulations were issued in 1985. They are presently being implemented in the Nordic countries.

Modern transport systems are characterized by an integrated system approach where each link involved provides a safety barrier with its own, specific efficiency.

In view of forthcoming revisions of the IAEA transport regulations, it is suggested that the total risk picture of the entire transport system is taken into account when evaluating the safety of nuclear transports.

SAMMANFATTNING

Transporter av radioaktivt material är i dag väl utvecklat i de nordiska länderna och utförs rutinmässigt i betydande omfattning. Radioaktivt avfall från sjukvård, industri och forskning transporteras, lagras och behandlas centralt i varje land. Avfall med högre radioaktivt innehåll från kärntekniska anläggningar utgör en ökande mängd.

I Finland har utrustningen för transport av använt bränsle med järnväg från Lovisa till Sovjetunionen varit i bruk sedan 1981. För transporter hyrs behållare samt ett speciellt utrustat tåg från Sovjetunionen. Utrustningen för transport av använt bränsle från TVO I och TVO II till mellanlagret, KPA, beläget på kraftverksområdet, togs i drift hösten 1987. Ett slutlager för lågaktivt avfall vid TVO färdigställs 1992.

I Sverige påbörjades transport av använt bränsle 1983. Sedan 1985 transporteras bränsle till mellanlagret CLAB i Oskarshamn. Transporter av låg- och medelaktivt reaktoravfall till slutförvaret i Forsmark påbörjades under 1988. Avfall från sjukvård, forskning och industri har i många år transporterats till Studsvik, där det nu behandlas för mellanlagring innan slutförvaring i Forsmark.

Transporter mellan svenska kärntekniska anläggningar sker med hjälp av ett sjötransportsystem.

Transportbehållare som används i Norden för radioaktivt avfall uppfyller stränga säkerhetskrav och är underlagt kontroll av ländernas säkerhetsmyndigheter. Använt bränsle från forskningsreaktorer transporteras även utanför Norden i därtill avsedda behållare.

I Finland och Sverige har lagstiftningen nyligen skärpts för transport av radioaktivt material. I alla nordiska länder gäller att avsändaren alltid har ansvaret för transporterna, dock kan annan överenskommelse träffas. Således har de svenska kärnkraftbolagen överfört detta ansvar till det gemensamt ägda företaget SKB.

Nationella säkerhetsbestämmelser följer internationellt accepterade rekommendationer från IAEA och uppfyller mycket högt ställda krav. Den senaste revisionen av IAEAs transportregler företogs 1985 och håller för närvarande på att implementeras i de nordiska länderna.

Moderna transportsystem karakteriseras av ett integrerat systemtänkande, där alla ingående komponenter i sig själv utgör en säkerhetsbarriär med varierande nivå.

Vid kommande revision av IAEAs transportregler föreslås att den totala riskbilden av hela transportsystemet beaktas i säkerhetsbilden.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING		Sida
1.	SITUATIONEN I FINLAND	1
1.1	Allmänt	
1.2	Använt bränsle	
1.3	Låg- och medelaktivt avfall	
1.4	Ikke kärntekniskt avfall	
1.5	Alternativa planer	
2.	SITUATIONEN I SVERIGE	2
2.1	Allmänt	
2.2	Använt bränsle	
2.3	Låg- och medelaktivt avfall	
2.4	Ikke kärntekniskt avfall	
3.	SITUATIONEN I DANMARK	4
4.	SITUATIONEN I NORGE	4
5.	SITUATIONEN I NORDEN - SAMMANVÄGNING	5
5.1	Allmänt	
5.2	Transportbehov - transportresurser	
6.	TRANSPORTREGLER FÖR RADIOAKTIVT AVFALL	7
6.1	Bakgrund och historik	
6.2	Ändringar i IAEAs regler, utgåva 1985	
6.3	Rekommendation	
7.	FÖRKLARINGAR TILL NÅGRA ANVÄNDA UTTRYCK OCH FÖRKORTNINGAR	10
8.	BILAGA 1 Inventering av radioaktivt avfall i Norden	12
9.	BILAGA 2 Tekniska förutsättningar: transportsystem/transportbehållare	44

1 SITUATIONEN I FINLAND

1.1 Allmänt

Nuvarande planer för avfallshanteringen grundar sig på att samtliga block är i drift fram till år 2010. Planerna innehåller dock utvidgningsmöjligheter för de fall att livslängden för kraftverksblocken är längre än 30 år eller nya block byggs. Inget beslut om att begränsa livslängden eller antal block har fattats i Finland. Använt kärnbränsle, olika typer av låg- och medelaktivt drift- och rivningsavfall från den kärntekniska verksamheten, avses enligt planerna transporteras och slutförvaras under perioden 1981-2060.

1.2 Använt bränsle

Utrustningen för transport av använt bränsle per järnväg från Lovisa till Sovjetunionen har varit i bruk sedan 1981. För transporter har man inhyrt upp till 8 behållare samt ett speciellt utrustat tåg från Sovjetunionen. Transporter utföres ungefär en gång per år. Avkylningstiden för använt bränsle är numera 5 år före transport.

Utrustningen för transport av använt bränsle från TVO I och TVO II till mellanlagret, KPA, beläget på kraftverksområdet, är tagen i drift. Den första bränsletransporten från block 1 till lagret ägde rum under hösten 1987. För transporter från mellanlagret till slutförvaret, vilka kommer att äga rum under perioden 2020-2050, planeras att använda två stycken transportbehållare motsvarande den som nu används för on-site-transporterna.

Den mest ansträngda tiden, vad avser bränsletransporterna, infaller enligt transporttidplanen på avställningstidpunkten, då det kvarvarande bränslet skall borttransporteras från de avställda reaktorerna.

1.3 Låg- och medelaktivt avfall

Slutförvaren för låg- och medelaktivt drift- och rivningsavfall förlägges i anslutning till kraftverken. I Olkiluoto är slutförvaret under uppförande för idrifttagning 1992. För Lovisa planeras att slutlagret färdigställs i slutet av 1990-talet. Detta innebär att enbart transporter inom kraftverksområdet kommer att bli aktuella. Planer finns för hur dessa typer av avfall skall transporteras.

1.4 Icke kärntekniskt avfall

Det radioaktiva avfall som produceras utanför kärnkraftsverksamheten, inom industri, forskning, medicin etc kommer sannolikt att hanteras och förpackas på samma sätt som motsvarande avfall från den kärntekniska verksamheten. För närvarande är ett mellanlager i drift i Sandhamn. Avfallstransporterna från forskningsreaktorn FiR1 (TRIGA) skall först genomföras när reaktorn stängts, vilket avses ske om 20 år.

1.5 Alternativa planer

Det har inte utarbetats några detaljerade transportplaner för alternativa lösningar, till exempel om man skulle fatta beslut om upparbetning eller inkapsling av det använda TVO-bränslet utomlands. Erforderlig utrustning för denna typ av transporter finns kommersiellt tillgänglig.

2. SITUATIONEN I SVERIGE

2.1 Allmänt

Enligt det svenska kärnkraftsprogrammet skall använt kärnbränsle och olika typer låg- och medelaktivt drift- och rivningsavfall transporteras till mellanlagring och slutförvaring under perioden 1983-2048. Nuvarande planer och prognoser för avfallshanteringen grundar sig på att samtliga block är i drift fram till år 2010.

Eftersom samtliga kärntekniska anläggningar är kustförlagda är transportsystemet baserat på sjötransporter och utformat för att kunna användas för alla typer av avfall.

Transportsystemets huvudkomponenter utgöres av ett fartyg, M/S Sigyn, olika typer av transportbehållare, transportfordon samt transportutrustningar vid kraftverk och övriga anläggningar.

Transportsystemet har varit i drift sedan 1983.

2.2 Använt bränsle

Huvudelen av det använda bränslet kommer att mellanlagras i CLAB-anläggningen i Simpevarp - Centralt Lager för Använt Bränsle - i ca 40 år och därefter direktdeponeras.

Upparbetning sker för en begränsad mängd bränsle, ca 140 ton, hos BNFL (Sellafield) varifrån inget avfall återsänds. Inget svenskt bränsle skall upparbetas hos Cogema. Det bränsle som redan levererats till La Hague har bytts mot västtyskt MOX-bränsle. Detta medför att inget avfall från upparbetning behöver tas om hand och slutförvaras i Sverige.

Till och med årsskiftet 1988/89 har 57 ton bränsle transporterats till La Hague i Frankrike och 860 ton till CLAB. Vidare har åtta transporter med västtyskt MOX-bränsle, ca 24 ton, och 18 transporter med Ågesta-bränsle, ca 20 ton, genomförts.

Transporterna till CLAB inleddes 1985 och beräknas pågå till fram emot år 2014. Ca 250 tU kommer att transporteras årligen.

Transporter av använt bränsle från CLAB till slutförvaret kommer enligt nuvarande planer att pågå under tidsperioden 2020 till ca 2048.

I händelse av att slutförvaret för det långlivade avfallet blir inlandsförlagt kommer transportsystemet att kompletteras med en järnvägsförbindelse mellan förvaret och lämpligt belägen hamn.

2.3 Låg- och medelaktivt avfall

Vid Forsmarks kärnkraftverk finns slutförvaret för driftavfall från kärnkraftverken, SFR1. I slutförvaret kommer även likartat avfall från CLAB och annan icke elproducerande verksamhet, bland annat från Studsvik, att slutlagras. Det driftavfall som kräver transport i strålskärmande transportbehållare kommer att sjötransporteras. Även det lågaktiva avfallet i standardcontainers kommer att sjötransporteras. Undantag utgör avfallet från Forsmarksverket, varifrån det - på grund av närheten till slutförvaret - kommer att landsvägstransporteras.

Transporter av låg- och medelaktivt driftavfall till SFR påbörjades våren 1988 och beräknas pågå till fram emot år 2012.

Slutförvaret för rivningavfall från kärnkraftverken, SFR3, planeras lokaliserat i anslutning till slutförvaret för låg- och medelaktivt driftavfall, SFR1.

2.4 Icke kärntekniskt avfall

En stor del av det radioaktiva avfall som produceras utanför kärnkraftverksamheten, inom industri, forskning, medicin etc sändes till Studsvik där det behandlas på olika sätt så att det ryms inom de standardiserade behållartyper som kan slutlagras i slutförvaret för reaktoravfall, SFR1.

3. SITUATIONEN I DANMARK

Vid Risø-anläggningen i Danmark finns de två forskningsreaktorerna DR1 (2 kW) och DR3 (10 MW). Anläggningen inrymmer dessutom en hot-cell-anläggning, en behandlingsstation och ett mellanlager för radioaktivt avfall. Sedan anläggningen togs i bruk för drygt 30 år sedan har avfall från driften behandlats och lagrats inom området. Av den ackumulerade avfallsmängden härstammar ca 1/3 från andra danska användare av radioaktiva ämnen, eftersom Risø fungerar som central upplagringsplats för hela landet. En ny lagerbyggnad håller på att uppföras.

Risø förfogar över egen utrustning för "on-site"-transporter och sådana sker rutinmässigt mellan anläggningens olika enheter. Lågaktivt avfall omhändertages av Risø också utanför anläggningen och lagras på den centrala upplagringsplatsen.

Externa transporter som kräver strålskärmade behållare sker med hjälp av inhyrd utrustning. Även vissa tjänster inhyres i samband härmed. Detta gäller främst bränsle från forskningsreaktorn DR3.

4. SITUATIONEN I NORGE

I Norge transporteras radioaktivt avfall som uppstår vid Institutt for energiteknikk's forskningsreaktorer på Kjeller och i Halden. Driftavfall och bränsleelement som skall undersökas transporteras från Halden till Kjeller i specialbehållare. Transport av radioaktivt avfall och använda strålkällor från andra användare av radioaktivt material (industri, sjukhus, försvaret etc) utföres antingen av användaren själv eller av personal från Institutt for energiteknikk (IFE).

Vid IFEs radiokemiska anläggning i Kjeller behandlas och lagras låg- och medelaktivt avfall från reaktordriften, isotopproduktionen och forskningsverksamheten vid institutet. I avfallsbehandlingen ingår också radioaktivt avfall från andra användare av radioaktivt material.

Vid den radiokemiska anläggningen finns lagringskapacitet för låg- och medelaktivt driftavfall fram till år 1993. För lagring av använt kärnbränsle från reaktorerna i Halden och Kjeller finns lagringsbassänger med kapacitet fram till ungefär år 2005.

Ett slutlager för lågaktivt avfall planeras för idrifttagning under första delen av 90-talet.

5. SITUATIONEN I NORDEN - SAMMANVÄGNING

5.1 Allmänt

I samtliga nordiska länder genomförs transporter av radioaktiva ämnen. Avfall från de kärntekniska anläggningarna utgör en ny och alltmer ökande mängd. Hanteringsmässigt är detta avfall jämförbart med radioaktivt avfall från sjukvård, industri och forskning.

Transporter av radioaktiva ämnen och radioaktivt avfall utanför kärnkraftverksamheten sker redan i dag inom respektive land efter etablerade transportrutiner baserade på nationella transportbestämmelser som följer de internationella rekommendationerna. IAEAs transportregler är grundläggande för nationella regler och föreskrifter för väg-, järnvägs-, sjö- och flygtransport.

Beträffande transporter av kärnkraftavfall pågår i Norden utvecklingsarbete främst hos SKB samt hos de finska kraftbolagen TVO och IVO. De nordiska länderna ligger långt framme internationellt sett, både med hänsyn till transportsystem och bestämmelser. För omhändertagande av kärnkraftavfallet finns transportutrustningar och system i stor utsträckning redan i bruk.

5.2 Transportbehov - transportresurser

Transporter av radioisotoper för medicinsk och industriell användning försiggår i standardiserade behållare och genomförs rutinmässigt i hela Norden.

De transportutrustningar och transportsystem som nu framtagits för kärnkraftavfall dimensioneras för den planerade driftsituationen, det vill säga för de avfallsmängder och de strålningsnivåer etc som förväntas vid normal drift under de tidsperioder kärnkraftverken beräknas vara i bruk.

För att dimensionera transportsystemet kapacitetsmässigt har för Sveriges del datorsimulering genomförts med olika ingångsförutsättningar och parametrar.

Alternativa planer för den kärntekniska verksamheten kan tänkas påverka principerna och rutinerna för transport av det radioaktiva avfallet. Så kan vara fallet för Finlands vidkommande om det beslutas om upparbetning och/eller slutdeponering av TVOs använda bränsle i utlandet. I så fall krävs eventuellt tillgång till ett sjötransportsystem.

När det gäller påverkan från osannolika händelser, exempelvis större bränsleskada eller reaktorolycka, kan allmänt sägas att detta kommer att ge upphov till ökade avfallsmängder och aktivitetsnivåer och att det då i första hand även här blir nödvändigt att kapacitetsmässigt anpassa befintliga transportsystem till den uppkomna situationen. Vid sådan händelse kan även andra, extraordinära åtgärder behöva vidtagas inom transportområdet. Sådana åtgärder, som exempelvis kan avse framtagning av mer sofistikerade fordon/transportbehållare, fjärrstyrutrustningar, extra strålskydd etc, har inte närmare analyserats i detta projekt. Inom NKAs forskningsprogram 1985-89 har avfallshantering i samband med större reaktorolycka undersökts i ett särskilt projekt.

Transport av rivningsavfall kommer att utföras på i princip samma sätt som transport av driftavfall. I huvudsak kan de typer av behållare som används för transport av driftavfall från kärnkraftverken även utnyttjas för transport av rivningsavfall. Transportvolymen av rivningsavfall är jämförbara med volymen av driftavfall under reaktorernas driftperiod.

I kärnkraftverken finns stora komponenter som kräver sönderdelning innan de kan packas i transportbehållarna. I vissa fall, bland annat för att minska risken för aktivitetsspridning, kan det vara fördelaktigare att transportera stora komponenter utan transportbehållare.

6. TRANSPORTREGLER FÖR RADIOAKTIVT AVFALL

6.1 Bakgrund och historik

Kort efter bildandet av IAEA, 1957, påbörjades arbetet med att utforma den första utgåvan av IAEAs "Regulation for the Safe Transport of Radioactive Material". Första utgåvan utkom 1961 och har senare utkommit i reviderade utgåvor 1965, 1967, 1973 och nu senast 1985. Revision av utgåva 1985 pågick under en sexårsperiod och godkändes av IAEAs styrelse i september 1984. Introducering av 1985 års regler pågår för närvarande i många länder, däribland de nordiska, och bedöms kunna vara fullt ut tillämpbara från och med 1990.

I Finland och Sverige har i nya kärntekniklagarna frågan om transporter av radioaktivt material skärpts jämfört med tidigare lagstiftning. Bland annat fastslås, att såvida inget annat överenskomms är avsändaren alltid ansvarig för transporten.

I Sverige har kärnkraftföretagen träffat överenskommelse med SKB om att SKB skall ha ansvaret enligt lagen om kärnteknisk verksamhet för transporter av använt bärnsle samt reaktoravfall till centrallagret CLAB respektive slutförvaret SFR. Detta som en följd av att SKB är ägare och ansvarar för transportsystemet. Lagen medger samma tillämpbarhet i övriga nordiska länder.

För att uppfylla kraven i den nya svenska kärntekniklagen (kärnenergilagen) krävs bland annat att sökanden (tillståndsinnehavaren) skall redovisa:

- ansvarsbilden, organisation och utbildning
- hur atomansvarighetslagen uppfylls
- transportplaner
- olycksberedskap
- fysiskt skydd

Sammanfattningsvis kan konstateras, att kombinationen IAEAs rekommendationer, utgåva 1985, samt de nationella lagstiftningarna i de nordiska länderna uppfyller högt ställda krav på säkerhet mot människa och omgivning vid transport av radioaktivt material.

6.2 Ändringar i IAEAs regler, utgåva 1985

En rad ändringar har gjorts i transportreglerna som har konsekvenser för transporter av radioaktivt avfall.

Använt bränsle (typ B-behållare)

Regelsystemet ändras beträffande dynamiskt "cruch"-test, nedsänkning i vatten på 200 m djup, och harmonisering av utsläppsgränsen mellan typ B(U)- och B(M)-behållare. Dessa ändringar bedöms som motiverade och uppfylls av de bränslebehållare vilka för närvarande används inom de nordiska länderna för transport av använt bränsle.

Låg- och medelaktivt avfall

Radioaktivt material med "Low Specific Activity" (LSA) indelas i tre grupper, LSA I, II och III, medan kontaminerat material benämns som "Surface Contaminated Objects" (SCO). Den tidigare klassificeringen av "Low Level Solid" (LLS) har därmed utgått.

För såväl LSA- som SCO-material har en dosratbegränsning införts på 10 mSv/h, räknat på 3 m avstånd från avfallskollit. Dosraten skall beräknas med antagandet att strålskärningen från den tilltänkta behållaren avlägsnats. Detta beräkningssätt bedöms av IAEA ge en övre gräns för den strålningsrisk som dessa material medför, även om strålskärningen skulle förloras.

Den tidigare begränsningen av aktivitetssinnehållet (100 A_2) för brännbart avfall har ej ändrats.

Avfallstransportbehållare

Kraven på behållartyp "Strong Industrial Packaging" för transport av låg- och medelaktivt avfall har skärpts. Speciella provprogram har införts för var och en av de tre nya behållarkategorierna (Industrial Package" 1P-1, 2 och 3).

6.3 Rekommendation

Som redan nämnts, uppfyller gällande IAEA-rekommendationerna i kombination med nationella föreskrifter mycket högt ställda krav på säkerhet för människor och omgivning vid transport av radioaktivt material.

Transporter av låg- och medelaktivt avfall, som för närvarande genomförs till slutdeponeringsanläggningar, karakteriseras bland annat av stora volymer per transport jämfört med transporter av använt bränsle. Detta har resulterat i, att

transportsystemen anpassas därefter såväl vad gäller typ och storlek av transportbehållare samt transportsystemet som sådant. Detta medför bland annat att transporter som regel genomförs under IAEA:s benämning "Exclusive use" (till exempel det svenska sjötransportsystemet).

Vid transporter av låg- och medelaktivt avfall gäller som regel inga andra begränsningar beträffande total aktivitetsmängd än vad respektive transportbehållare är dimensionerad för förutom i följande fall:

- vid transport av bitumeninjutet avfall är aktivitetsinnehållet begränsat till 100 A₂ (IAEA, § 427) för hela lasten. Vid denna tillämpning kan det svenska sjötransportsystemet för låg- och medelaktivt avfall komma att begränsas i utnyttjande, eftersom en enda avfallstransportbehållare kan innehålla upp till 40 A₂ när dimensionerande värden för bitumeninjutet avfall tillämpas. Sjötransportsystemet som sådant tillåter transport av 10 behållare per transport.
- Enligt IAEA, § 422, finns en dosratbegränsning på 3 m avstånd på 10 mSv/h. Detta ger också begränsningar i det fall man skall betrakta samtliga avfallskollin i en transportbehållare som strålkälla i kombination med att strålskärningen avlägsnats.

Vid framtida transporter av rivningsavfall förutses ett visst behov att kunna transportera stora aktiva komponenter till slutförvarn utan att de är placerade i en avfallstransportbehållare. Transportbestämmelserna bör medge denna typ av transporter.

IAEAs transportrekommendationer, utgåva 1985, innehåller för närvarande begränsningar, § 422 och § 427 i och med att endast transportemballagets säkerhet beaktas vid riskbedömningen. Ingen hänsyn har tagits till riskbilden av transportsystemet i sin helhet. Transporter av låg- och medelaktivt avfall kommer framledes att karakteriseras av stora transportemballage vid varje porttillfälle. Motsvarande förhållanden kommer även att gälla för transporter av rivningsavfall.

Vid tillämpning av IAEAs rekommendationer som de nu är utformade skulle ett flertal transporter endast kunna genomföras genom tillämpning av klausulen "Special Arrangement Approval".

Moderna transportsystem karakteriseras av ett integrerat systemtänkande, där alla ingående komponenter i sig själv utgör en säkerhetsbarriär med varierande nivå. Nedan exemplifieras sådana:

- emballaget
- transportmedlet
- transport- och hanteringsutrustning
- utbildad personal
- övervakning av transporterna
- fysiskt skydd när så är erforderligt
- olycksberedskap
- kvalitets- och kontrollprogram vad gäller förebyggande underhåll och återkommande inspektion av samtliga komponenter ingående i systemet
- transportsystem under "exclusive use"

Med hänvisning till dessa förhållanden rekommenderas att via lämpliga myndighetskanaler till IAEA rekommendera en revision av transportreglerna i tillämpliga delar, där den totala riskbilden av systemet i sin helhet beaktas vid säkerhetsgranskning och tillståndsgivning.

7. FÖRKLARINGAR TILL NÅGRA ANVÄNDA UTTRYCK OCH FÖRKORTNINGAR

AEE	V/O Atomenergoexport, Sovjetunionen
ATB	Avfallstransportbehållare
BNFL	British Nuclear Fuel Limited
BSAB	Behandlingsstation för använt bränsle och hårdkomponenter (Sverige)
BTB	Bränsletransportbehållare (Sverige)
BWR	Boiling water reactor - Kokarreaktor
CLAB	Centralt lager för använt bränsle (Sverige)
Cogema	Franskt uppdragsföretag
EdF	Electricité de France
Gray, Gy	Absorberad dos av joniserande strålning. Det fysikaliska måttet för stråldos.
HBWR	Halden Boiling Water Reactor (Norge)
IAEA	International Atomic Energy Agency, Wien
IFE	Institutt for energiteknikk, Norge
ISO	International Standards Organisation
IVO	Imatran Voima Oy, Finland
La Hague	Uppdragsanläggning i nordvästra Frankrike
MOX-bränsle	"Mixed oxid" Bränsle med viss inblandning av plutonium
PWR	Pressurized water reactor - Tryckvattenreaktor
SFL2	Slutlager för långlivat avfall - inkapslat bränsle (Sverige)
SFL4	Slutförvar för långlivat avfall - rivningsavfall (Sverige)
SFL5	Slutförvar för långlivat avfall - hårdkomponenter (Sverige)
SFR1	Slutförvar för reaktoravfall - låg- och medelaktivt avfall (Sverige)
SFR3	Slutförvar för reaktoravfall - låg- och medelaktivt rivningsavfall (Sverige)
tU	Ton uran
TVO	Teollisuuden Voima Oy, Finland (Industrins Kraft AB)
TVO-KPA-LAGER	Mellanlager för använt bränsle i Olkiluoto, Finland
Type B(U) Type B(M) IP-2	Beteckningar för transportbehållare som uppfyller vissa krav enligt IAEAs transportbestämmelser
mSv/h	
	Millisievert per timme. Sievert (Sv) - enheten för stråldos när man tar hänsyn till dosens biologiska verkan. 1 mSv = 0,001 Sv.
Mwd/kgU	Megawattdygn per kg uran
MWe	Megawatt el

BILAGA 1

NORDISKA TRANSPORTER

Inventering av radioaktivt avfall i Norden

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	INLEDNING	15
2.	RADIOAKTIVT AVFALL I FINLAND	16
2.1	Avfall från kärnteknisk verksamhet	16
	2.1.1 Använt bränsle	
	2.1.2 Låg-och medelaktivt driftavfall	
	2.1.3 Rivningsavfall	
2.2	Alternativa planer för den kärntekniska verksamheten med koppling till avfallshanteringen	22
	2.2.1 Inkapsling av TVO:s använda bränsle	
	- Inkapslingsstationens kapacitet	
	- Förläggning av inkapslingsstationen vid Olkiluoto istället för vid slutförvaret	
	- Inkapsling av använt bränsle i utlandet	
	2.2.2 Upparbetning av TVO:s använda bränsle	
	2.2.3 Påverkan från eventuella tillkommande reaktorer	
2.3	Avfall från övrig verksamhet	26
	2.3.1 Medicin	
	2.3.2 Industri	
	2.3.3 Forskning	
	2.3.4 Slutna strålkällor	
	2.3.5 Mellanlagret för radioaktivt avfall i Sandhamn	
3.	RADIOAKTIVT AVFALL I SVERIGE	29
3.1	Avfall från kärnteknisk verksamhet	29
	3.1.1 Använt bränsle	
	3.1.2 Låg- och medelaktivt driftavfall	
	3.1.3 Rivningsavfall	
	3.1.4 Övriga avfallskategorier	

4.	RADIOAKTIVT AVFALL I DANMARK	34
5.	RADIOAKTIVT AVFALL I NORGE	37
5.1	Bakgrund	37
5.2	Karakterisering av avfallet	37
	5.2.1 Allmänt	
	5.2.2 Avfall från JEEP II-reaktorn	
	5.2.3 Avfall från Halden-reaktorn	
	5.2.4 Avfall från bränsleundersökningar	
	5.2.5 Bränsleavfall	
	5.2.6 Avfall från nedlagda reaktorer	
	5.2.7 Laboratorieavfall	
	5.2.8 Externt avfall	
5.3	Avfall- och aktivitetsmängder	39
	5.3.1 Allmänt	
	5.3.2 Avfall i lagerlokaler	
	5.3.3 Markdeponerat avfall	
	5.3.4 Externt avfall	
5.4	Rivningsavfall	40
5.5	Använt bränsle	41
	5.5.1 Kjeller	
	5.5.2 Halden	
6.	REFERENSER	42

1. INLEDNING

I denna bilaga inventeras mängder och typer av radioaktivt avfall som kommer att behöva transporteras och slutförvaras inom de närmaste decennierna i Norden.

För Finlands och Sveriges del är avfallet från den kärntekniska verksamheten det helt dominerande sett ur alla aspekter.

För Finlands del redovisas även alternativa planer, vad avser den kärntekniska verksamheten, som kan komma att påverka avfallshantering och avfallsmängder.

Finlands planer på att förlägga slutförvaren för låg- och medelaktivt driftavfall samt rivningsavfall i anslutning till kraftverken medför att det totala transportarbetet reduceras.

Beträffande påverkan från osannolika händelser - bränsleskada, reaktorolycka, etc - har detta inte analyserats varken för Finlands eller Sveriges vidkommande, eftersom detta redovisas i en annan slutrapport från NKA's forskningsprogram 1985-1989.

I denna bilaga beskrivs även, så långt uppgifter härom varit tillgängliga, radioaktivt avfall från icke kärnteknisk verksamhet, - medicin, industri, forskning etc. I Sverige planeras att slutförvara denna typ av avfall i slutförvaren för det låg- och medelaktiva avfallet från den kärntekniska verksamheten. Frågorna om slutförvaringen av denna typ av avfall i Finland, Danmark och Norge hålls tills vidare öppna.

2. RADIOAKTIVT AVFALL I FINLAND

2.1 Avfall från kärnteknisk verksamhet

Finland har fyra kärnkraftblock i drift. Imatran Voima Oy äger två 445 MWe tryckvattenreaktorer av sovjetisk konstruktion i Lovisa och Industrins Kraft AB (TVO) två 710 MWe kokarreaktorer av svensk konstruktion i Olkiluoto. I detta avsnitt redovisas de avfallsmängder och avfallstyper som kommer att behöva omhändertas från dessa reaktorer.

2.1.1 Använt bränsle

Använt bränsle från kärnkraftverket i Lovisa återsänds efter användning och fem års kylning till Sovjetunionen där det tas om hand utan ytterligare finsk medverkan. Transportmängden är 28 tU per år. Efter avvecklingstidpunkten transporteras 2 x 42 tU.

I Olkiluoto har uppförts ett mellanlager för TVOs använda bränsle, KPA-lagret. Lagret togs i drift sep 1987. Om ingen internationell lösning nås beträffande slutförvaringen, som kan påverka de nuvarande planerna, skall TVOs använda bränsle slutdeponeras i Finland från år 2020. Mängden bränsle som kommer att behöva transporteras framgår av tabell 1.

Tabell 1. Transporter av använt bränsle från Olkiluoto kärnkraftverk.

År	Från reaktorerna till mellanlagret i Olkiluoto, tU/år	Från mellanlagret till inkapslings- stationen vid slutförvaret, tU/år
1988 — avveckling	40-50	
Avvecklingstidpunkt	180 ¹⁾	
Från 2020 —		40-50

1) Härdinnehåll i reaktorerna

2.1.2 Låg- och medelaktivt driftavfall

Slutförvar för drift- och rivningsavfall planeras i anslutning till kärnkraftverken i Lovisa och Olkiluoto. Slutförvaret, VLJ, vid Olkiluoto är under uppförande och planeras vara i drift under 1992. Färdigställandet av slutförvaret vid Lovisa planeras ske tidigast i slutet av 1990-talet.

Slutförvaret i Lovisa skall förseglas så snart rivningen av Lovisa-reaktorerna genomförts och rivningsavfallet placerats i förvaret.

Slutförvaret i Olkiluoto skall även utnyttjas för deponering av rivningsavfall från Olkiluotos mellanlager för använt bränsle.

I tabellerna 2 - 4 redovisas avfallsmängderna och det uppskattade aktivitetssinnehållet per kolli vad avser driftavfallet från kärnkraftverken och Olkiluotos mellanlager för använt bränsle. Vid tidpunkterna för transporterna består över hälften av den totala aktiviteten av kortlivade isotoper (^{124}Sb , ^{58}Co , ^{134}Cs , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn), vilkas halveringstider är under 3 år.

I Lovisa pågår utveckling av nya behandlingsmetoder för att minska volymen av reaktoravfall. Det är sannolikt att de slutliga avfallsmängderna blir mindre än vad som redovisas i tabell 2.

Tabell 2. Transporter av driftavfall från Lovisa reaktorerna till slutförvaret vid kärnkraftverket åren 1997 - 2011.

Avfalls- typ	Förpackning	Mängd		Aktivitet GBq/styck
		styck/ år	totalt (30 års drift)	
Sopavfall	200 l stålfat	470	9400	1
Vått avfall ingjutet i betong	1 m ³ betongkokill	225	4500	40

Tabell 3. Transporter av driftavfall från Olkiluotos reaktorer till slutförvaret vid kärnkraftverket från år 1992.

Avfallstyp	Förpackning	Mängd		Aktivitet GBq/styck
		styck/ år	totalt (30 års drift)	
Sopavfall	200 l stålfat	600	12000	1
Vått avfall ingjutet i bitumen	200 l stålfat	600	12000	20
Metall- skrot	1,3 m ³ stållåda	50	1000	10

Tabell 4. Transporter av driftavfall från Olkiluotos mellanlager för använt bränsle till slutförvaret vid kärnkraftverket från år 1992.

Avfallstyp	Förpackning	Mängd		Aktivitet GBq/styck
		styck/ år	totalt	
Vått avfall ingjutet i bitumen	200 l stålfat	35	1000	20
Sopavfall	200 l stålfat	20	1200	0,5

2.1.3 Rivningsavfall

Vid rivningen av Lovisa kärnkraftverk övervägs att transportera huvudkomponenterna i primärkretsen såsom reaktortank, ånggeneratorer och "pressurizers" hela till slutförvaret. Reaktortanken avses även att användas för inneslutning av reaktorns interna delar. Transportvikten av reaktortanken med strålskydd är ca 280 ton.

Reaktortanken kan eventuellt deponeras i ett separat bergrum i en betongsilo i vilken tanken ställs upp. Transporten av de interna delarna planeras ske i en typ av hårdkomponentflaska, och delarna placeras i reaktortanken när den är på plats i betongsilon. Ånggeneratorerna placeras i bergrummet ovanför reaktorsilon sedan den försetts med en strålskyddande betongtäckning. De sex ånggeneratorerna placeras två i rad och staplas tre i höjd.

Övrigt rivningsavfall transporteras till slutförvaret med lastbil anpassade för ändamålet. Denna typ av rivningsavfall placeras i separata bergrum.

TABELL 5 RIVNINGSAVFALL FRÅN LOVISA KÄRNKRAFTVERK TILL SLUTFÖRVARET VID KÄRNKRAFTVERKET

Typ av avfall	Vikt i ton exkl. emballage	Volym i m ³ förpackat	Antal avfalls- kollin styck	Aktivitet TBq (totalt)	Viktiga isotoper
1. Aktiverat material	956	1.484	-	29.500	Mn-54, Fe-55, Co-60, Co-58, Ni-53, Ni-63
- Reaktortankar, interna delar, bränsleelementets attrapper	82	726	84	64.100	C-14, Mn-54, Fe-55, Co-58, Co-60, Ni-53, Ni-63
- reaktortanksisolermaterial, biologiska skyddet	1.530	2.240	424	180	An-39, Ca-41, Ca-45, Mn-54, Fe-55, Co-60, Ni-63
Totalt	2.568	4.450			
2. Kontaminerat material från					
2.1 Reaktorbyggnaden					
- Processystem	3.684	4.459			
- Byggnadsmaterial	240	238			
2.2 Hjälpssystembyggnad					
- Processystem	924	2.638			
- Byggnadsmaterial	33	26			
2.3 Bränslebyggnad 1 och 2					
- Byggnadsmaterial	79	167			
2.4 Avfallsbyggnaden					
- Processystem	148	416			
- Byggnadsmaterial	3	3			
2.5 Laboratorier					
- Byggnadsmaterial	3	3			
Totalt	5.114	7.950			
3. Total volym av förpackat rivningsavfall, inklusive driftanfall under rivningsperioden samt aktivitetssinnehåll		12.400		ca 95.000	

TVOs reaktorer skall enligt de nuvarande planerna rivas efter 30 års övervakad avställning. Aktiviteten vid rivningstidpunkten domineras av ^{63}Ni . Rivningsavfallet skall slutdeponeras i förvaret beläget i anslutning till kraftverket. Mängden rivningsavfall och aktivitetssinnehållet i detta redovisas i tabell 6.

Tabell 6. Transporter av rivningsavfall från Olkiluotos kärnkraftverk till slutförvaret vid kärnkraftverket åren 2040 - 2045.

Avfallstyp	Förpackning	Mängd, styck	Aktivitet, TBq/styck	Viktigaste isotoper
Bitar av moderator-tank och hädgaller	8,3 m ³ betongkokill	12	1000	^{63}Ni , ^{59}Ni
Bränsleboxar, styrtstavar, detektorer	8,3 m ³ betongkokill	125	100	^{63}Ni , ^{59}Ni
Tryckkärl, de mest aktiva delarna	8,3 m ³ betongkokill	16	0,2	^{63}Ni , ^{59}Ni
Tryckkärl övriga	8,3 m ³ betongkokill	270	<0,2	
Betong- och annat avfall	3,2 m ³ träkista	7000	0,002	
Totalt		26000 m³		

Rivningsavfall från Olkiluotos mellanlager för använt bränsle skall slutdeponeras i samma slutförvar som rivningsavfallet från TVOs reaktorer. Avfallsmängderna redovisas i tabell 7.

Rivningsavfallet från inkapslingsstationen för använt bränsle avses slutdeponeras i slutförvaret för använt bränsle.

Tabell 7. Transporter av rivningsavfall från Olkiluotos mellanlager för använt bränsle till slutförvaret i Olkiluoto.

Avfallstyp	Förpackning	Mängd, styck
Bränsle- bassängar	3,2 m ³ betongkokill	305
Process- anläggningar	3,2 m ³ betongkokill	195
Bränsleställ		50

2.2 Alternativa planer för den kärntekniska verksamheten med koppling till avfallshanteringen

2.2.1 Inkapsling av TVOs använda bränsle

Inkapslingsstationens kapacitet

Enligt nuvarande planer skall 900 kapslar med använt bränsle kunna produceras under en 30-årsperiod, åren 2020 - 2050, motsvarande en medelkapacitet av 30 kapslar/år. Om inkapslingsprocessen kan genomföras inom en 15-årsperiod ökas kapaciteten till 60 kapslar/år. Detta påverkar inte transportmängden, totalt 1270 tU, men innebär att transportarbetet effektiviseras och genomförs under denna 15-årsperiod.

Förläggning av inkapslingsstationen vid Olkiluoto i stället för vid slutförvaret

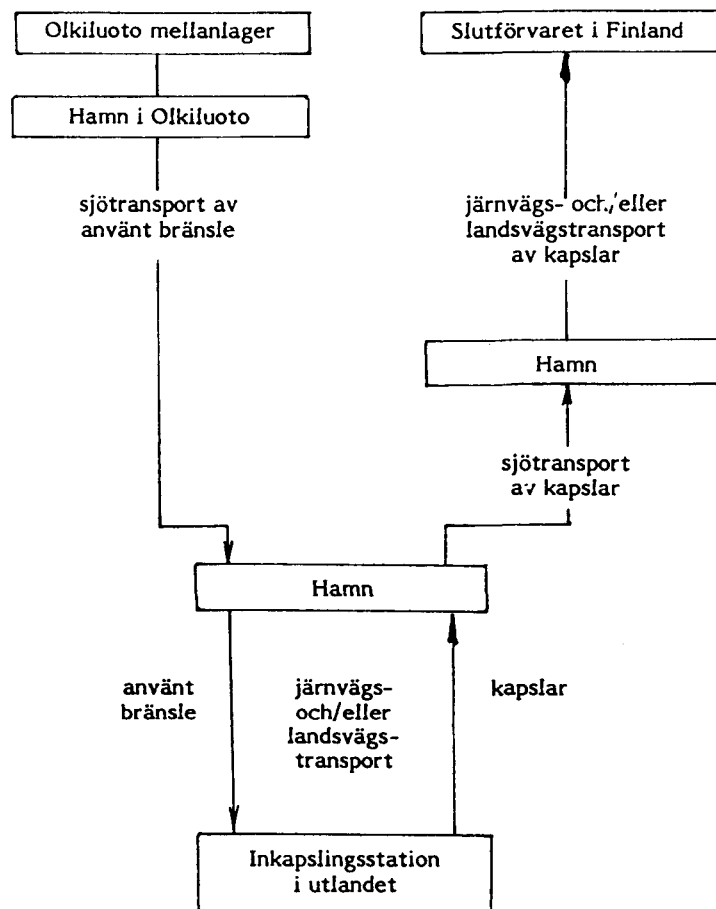
Färdiga kapslar transporteras i detta fall per landsväg till slutförvaret. Antalet transporter ökar jämfört med om inkapslingsstationen förläggs i anslutning till slutförvaret. Mängden avfall som behöver transporteras per år beror på inkapslingsstationens kapacitet:

- 1) 30 kapslar/år under 30 år, totalt 900 kapslar
eller
- 2) 60 kapslar/år under 15 år, totalt 900 kapslar

Kokiller med driftavfall och bränsleboxar slutförvaras i Olkiluoto.

Inkapsling av använt bränsle i utlandet

I händelse av att inkapsling av TVOs använda bränsle skall ske i utlandet krävs ett transportsystem i enlighet med vad som schematiskt visas i figur 1.



Figur 1. Principiellt transportmönster vid inkapsling av använt bränsle i utlandet.

Med ett transportfartyg för radioaktiva ämnen som lastar 10 - 12 transportbehållare (3,2 tU/behållare) åt gången erfordras totalt ca 40 transporter.

2.2.2 Upparbetning av TVOs använda bränsle

I alternativet med upparbetning av TVOs använda bränsle erfordras en transportapparat för bränslet och upparbetningsavfallet som överensstämmer med den som visas i figur 1. Om man antar att upparbetning äger rum i en anläggning av typen La Hague, kommer volymer, aktivitetsmängder och ytdosrater för kollin innehållande avfallet från upparbetningen att vara i enlighet med vad som redovisas i tabell 8. Totala mängden upparbetningsavfall från TVOs använda bränsle redovisas i tabell 9.

Tabell 8. Volymer, aktivitetsinnehåll och ytdosrater för kollin innehållande upparbetningsavfall.

Avfall	Behållar- volym, l	Antal/ tU	Aktivitet TBq/behållare	Ytdosrat Gray/h
Förglasat avfall	150	0,75	< 11000	< 1000
Bränslekapsling och knippdelar ingjutet i betong	1300	0,5	< 180	< 50
α -kontaminerat avfall ingjutet i betong	1200	1,0	< 2,2	< 0,005
Ej α -kontaminerat avfall ingjutet i betong	200	5,2	< 0,74	< 0,002
Avfall ingjutet i bitumen	210	2,6	< 18,5	< 10

Tabell 9. Mängd upparbetningsavfall från TVOs använda bränsle (1270 tU).

Avfall	Antal kollin	Total volym, m ³
Förglasat avfall	720	108
Bränslekapsling och knippdelar ingjutet i betong	640	830
α-kont. avfall ingjutet i betong	1270	1530
Inte α-kont. avfall ingjutet i betong	6600	1320
Avfall ingjutet i bitumen	3300	700

För närvarande framstår upparbetning som ett osannolikt alternativ. Om det blir aktuellt kan det förverkligas tidigast under 1990-talet. Återsändningen av avfallet skulle då kunna börja tidigast omkring år 2000.

2.2.3 Påverkan från eventuella tillkommande reaktorer

Om man beslutar sig för att utöka kärnkraftkapaciteten i Finland, förläggs de nya reaktorerna sannolikt vid de befintliga kraftverken, i Lovisa eller i Olkiluoto. Då kan slutförvaren som skall byggas i Lovisa och i Olkiluoto, även utnyttjas för slutdeponering av det låg- och medelaktiva avfallet från dessa tillkommande reaktorer.

Om reaktorer beställs från Sovjetunionen blir den troliga förläggningsplatsen Lovisa och det använda bränslet transporteras tillbaka till Sovjetunionen enligt punkt 2.1.1.

I det fall reaktorer beställs från Sverige eller något annat land skall det använda bränslet möjligtvis slutförvaras i Finland.

2.3 Avfall från övrig verksamhet

2.3.1 Medicin

År 1982 användes ca 24 TBq radioaktiva ämnen inom diagnostik och sjukvård i Finland, varav ca 21 TBq var importerade. Mängden tillväxer årligen. Radioisotoper användes i 53 laboratorier och antalet försändelser var ca 6100.

De två viktigaste isotoperna som används är ^{99m}Tc och ^{131}I . Andra exempel är ^{201}Tl , ^{113m}In och ^{133}Xe . Isotoperna är mycket kortlivade, halveringstiderna är vanligen några timmar eller dagar. De sönderfaller i patientens organ eller förs till avlopp.

Användning av slutna strålkällor, till exempel koboltkanoner, inom medicinen behandlas nedan i punkt 2.4.4.

2.3.2 Industri

Aktiviteten hos de radioaktiva ämnen, som importeras årligen till Finland för användning inom industrin, är ca 135 TBq. Forskningsreaktorn FİR-1 vid Statens tekniska forskningscentral (VTT) i Esbo producerar årligen ca 1,8 TBq radioaktiva ämnen för industriell användning. Aktivitetsmängder för de viktigaste isotoperna visas i tabell 10. Det årliga antalet isotopförsändelser är ca 18000.

Tabell 10. Användning av radioaktiva isotoper inom industrin år 1982.

Isotop	Aktivitet (TBq)
^3H	107
^{192}Ir	24
^{241}Am	1,7
^{99}Mo blandning	1,1
^{88}Bo	0,6
Totalt	135

Kortlivade isotoper sönderfaller i processer eller förs till avlopp. Normalt lagrar industrin inte själv radioaktiva ämnen, utan förbrukade långlivade isotoper transporteras till garnisonsområdet vid Sandhamn i Helsingfors, där det finns ett mellanlager för radioaktivt avfall. Årligen transporteras 60 - 70 kollin till Sandhamn och antalet transporter är ca 30. De flesta kollina består av tritiumkällor.

2.3.3 Forskning

För forskningsverksamhet importeras årligen mindre än 10 TBq radioaktiva ämnen. Också forskningsreaktorn FiR-1 producerar några TBq för forskning. Några bestrålade ämnen från accelerators och cyklotroner med aktivitet 1 - 5 TBq har lagrats i Sandhamn.

Forskningsreaktorn FiR-1 producerar även små mängder driftavfall

Använt bränsle från FiR-1 avses att bli återförda till tillverkaren i Förenta Staterna. Bränslet kommer sannolikt att transporteras tillbaka när reaktorn stängs om ca 20 år. Då kommer det att finnas ca 100 använda bränslelement med aktivitet 1 - 30 TBq per element (total ca 19 kgU).

Mängden rivningsavfall från FiR-1 och aktivitetsinnehållet i detta redovisas i tabell 11.

Tabell 11. Rivningsavfall från forskningsreaktorn FiR-1.

Material	Massa, ton	Aktivitet, TBq
Aktiverade delar		
stål	3,5	53
aluminium	1,6	1,3
betong	10,9	0,2
grafit	5,1	0,07
Kontaminerade delar		
stål	2,1	0,0003
aluminium	0,4	0,0001
Driftavfall och jonbytarharts	1,2	0,0001
Totalt	25,0	55

Rivningen äger rum tidigast under det första decenniet av 2000-talet.

2.3.4 Slutna strålkällor

Slutna strålkällor används både inom medicin och industri. De vanligaste källorna är ^{60}Co , ^{137}Cs och ^{85}Kr . Förbrukade slutna strålkällor byts i allmänhet av leverantören. De transporteras i sina egna ursprungliga behållare och den utländska leverantören tar hand om den gamla källan. Det sker mindre än 5 stycken sådana transporter per år. Strålkällans aktivitet kan överstiga 10 TBq.

I mellanlagret i Sandhamn finns även några starka Co-60 källor.

2.3.5 Mellanlagret för radioaktivt avfall i Sandhamn

I mellanlagret för radioaktivt avfall inom garnisonsområdet vid Sandhamn i Helsingfors finns ca 1000 källor med en total aktivitet av 10 - 20 TBq lagrade. Totalvolymen av avfallet är ca 30 m³. Strålkällor i flytande form har stabiliserats i betong. De mest aktiva källorna är tritium (halveringstid 12,3 år) men de viktigaste isotoperna i säkerhetsavseende är de långlivade ^{226}Ra (halveringstid 1600 år) och ^{241}Am (halveringstid 500 år).

Insamlingstakten och mängden strålkällor som behöver transporteras förväntas ligga kvar på nuvarande nivå fram till tidpunkten för slutdeponeringens påbörjan.

3. RADIOAKTIVT AVFALL I SVERIGE

3.1 Avfall från kärnteknisk verksamhet

12 reaktorer är i drift i Sverige. Av dessa är nio stycken kokarreaktorer (BWR) levererade av ASEA-ATOM och tre stycken tryckvattenreaktorer (PWR) levererade av Westinghouse.

Som en följd av den folkomröstning om kärnkraften som genomfördes 1980 har Sveriges riksdag beslutat att antalet kärnkraftblock skall begränsas till de tolv som nu är i drift och att inget av dessa skall drivas längre än till 2010. Nuvarande planer och prognoser för avfallshanteringen grundar sig på att samtliga block är i drift fram till år 2010. En förtida avstängning skulle påverka transportbehovet marginellt.

I detta avsnitt redovisas de avfallsmängder och avfallstyper som kommer att behöva omhändertagas från dessa reaktorer.

3.1.1 Använt bränsle

Elproduktionen i kärnkraftverken har bedömts bli totalt ca 1960 TWh. Mängden bränsle som åtgår för denna elproduktion är ca 7800 ton uran, varav ca 6000 ton från BWR-reaktorerna och ca 1800 ton från PWR-reaktorerna.

Huvuddelen av det använda bränslet kommer att mellanlagras i CLAB i ca 40 år och därefter direktdeponeras. CLAB är ett centralt mellanlager för använt bränsle beläget i anslutning till Oskarshamnsverket. Lagret togs i drift 1985.

Upparbetning förutses för en begränsad mängd bränsle, ca 140 ton, hos BNFL (Sellafield) varifrån inget avfall återsänds.

Ingen upparbetning planeras ske av svenskt bränsle hos Cogema. Det bränsle som redan levererats till Cogema (57 ton) har bytts mot västtyskt MOX-bränsle, ca 24 ton. Bränsle från Ågesta-reaktorn som togs ur drift 1974 och R1-reaktorn (ca 20 ton) transporterar för närvarande till CLAB för mellanlagring.

Detta medför att inget avfall från upparbetning behöver tas om hand och slutförvaras i Sverige.

Mängden använt bränsle som skall transporteras från lättvattenreaktorerna till CLAB framgår av tabell 12.

Tabell 12. Använt bränsle från de 12 lättvattenreaktorerna till CLAB

Reaktor	Förbrukning ton U	
	Uttaget t o m 1987	Totalt
Barsebäck 1	194	598
Barsebäck 2	178	583
Ringhals 1	173	705
Ringhals 2	155	605
Ringhals 3	91	593
Ringhals 4	81	579
Oskarshamn 1	182	514
Oskarshamn 2	198	607
Oskarshamn 3	31	700
Forsmark 1	155	810
Forsmark 2	117	75
Forsmark 3	31	699
BWR	1259	5991
PWR	327	1777
Totalt	1586	7768
Till upparbetning	140	140
Återstår att mellanlagra	1446	7628

Fram till och med årsskiftet 1988/89 har ca 860 ton bränsle transporterats till CLAB. Fortsättningsvis kommer årligen ca 250 ton att transporteras.

Transporter av använt bränsle från CLAB till Slutförvaret, SFL 2 kommer att pågå under tidsperioden 2020 till ca 2048. Transportarbetets storlek blir beroende av lokaliseringen av slutförvaret.

Antalet enheter som skall transporteras, volym i slutlager etc. framgår av tabell 13.

3.1.2 Låg- och medelaktivt driftavfall

Vid Forsmarks kärnkraftverk har under våren 1988 ett slutförvar färdigställt för driftavfall från kärnkraftverken, SFR1. I slutförvaret kommer även likartat radioaktivt avfall från CLAB och annan icke elproducerande verksamhet, bland annat från Studsvik, att slutlagras.

Det totala aktivitetsinnehållet i SFR1 har uppskattats till 10^{16} Bq vid tidpunkten för förvarets förslutning.

Mängden driftavfall har prognoserats till totalt 90 000 m³. 65 000 m³ är medelaktivt avfall som måste transporteras i strålskärmade behållare och 25 000 m³ är lågaktivt avfall som kan transporteras oskärmad i containers. Genom att mycket lågaktivt avfall kan markdeponeras (detta har påbörjats vid Oskarshamnsverket och Forsmarksverket) beräknas volymen av lågaktivt avfall till slutförvar att minska med 50 -80%.

Markdeponering innebär i princip att lågaktivt avfall marknedgräves inom en kärnteknisk anläggnings eget område. Aktivitetsinnehållet i avfallet som skall markdeponeras skall vara bestämt. Avfallet får inte innehålla nämnda kvantiteter långlivat alfa-strålende avfall (ej överstigande 1/1000 av den deponerade aktiviteten) och den totala aktiviteten per deponeringsplats får ej vara så stor att den ger ett väsentligt bidrag till den lokala recipient som tar emot det normala utsläppet från den kärntekniska anläggningen. Markområdet som använts för markdeponering skall vara underställt kontroll under ett flertal år efter avslutad deponering.

Den årliga transportvolymen till SFR1 uppgår till 4-6000 m³/år, vilket överstiger den årliga avfallsproduktionen med upp till 50%.

Det driftavfall som kräver transport i strålskärmade transportbehållare kommer att sjötransporteras. Även det lågaktiva avfallet i standardcontainers sjötransporteras. Från Forsmarksverket, med sitt läge nära slutförvaret, kommer allt driftavfall att landsvägstransporteras.

Transporterna från kraftverken, CLAB och Studsvik till SFR1 har påbörjats under 1988 och planeras pågå till framemot 2020.

Antalet enheter som skall transporteras, volym i slutlager etc framgår av tabell 13.

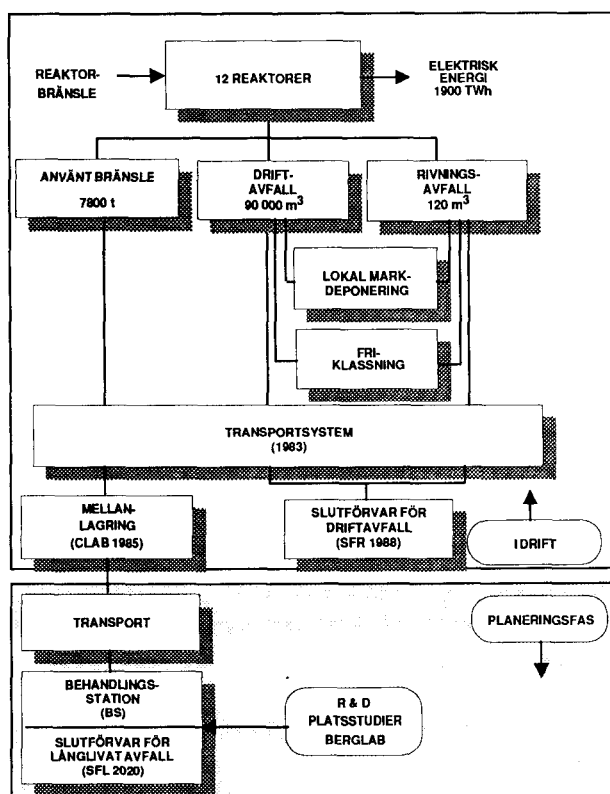
3.1.3 Rivningsavfall

I anslutning till slutförvaret för låg- och medelaktivt driftavfall, SFR1, planeras även ett slutförvar för rivningsavfall från kärnkraftverken, SFR3. Mängden rivningsavfall från kärnkraftverken har uppskattats till 100 000 m³, varav 88 000 m³ är lågaktivt och 12 000 m³ är medelaktivt avfall. I SFR3 har även en volym på 4 000 m³ reserverats för rivningsavfall från aktiva anläggningar i Studsvik. Antalet enheter som skall transporteras, volym i slutlager etc. framgår av tabell 13.

3.1.4 Övriga avfallskategorier

Övriga avfallskategorier utgöres huvudsakligen av hårdkomponenter, driftavfall från CLAB producerat efter förslutningen av SFR1, driftavfall från Behandlingsstationen för använt bränsle, BSAB samt rivningsavfall från CLAB och BSAB. Dessa avfallskategorier avses slutlagras i slutförvaren för långlivat avfall SFL5 respektive SFL4. Antalet enheter som skall transporteras, volym i slutlager etc. framgår av tabell 13.

Ingående huvudfunktioner i det svenska avfallssystemet framgår av vidstående figur. Årtalen inom parentes anger drifttagningstidpunkten för respektive huvudfunktion.



Tabell 13

ANVÄNT BRÄNSLE OCH RADIOAKTIVT AVFALL I SVERIGE VID FÖRUTSÄTTNING AV DRIFT AV SAMTLIGA VERK T O M 2010

Avfallskategori	Avfallsenheternas dimensioner i m d = diameter (Dimensioner före inkapsling för slut- deponering)	Antal kolli	Antal trans- portenheter B-behållare/ container	Volym i slutlager m ³	Slut- transporteras till
Använt BWR-bränsle	0.14x0.14x4.383	32 673	1 922		
Använt PWR-bränsle	0.214x0.214x4.103	3 816	546	12 100	BS/SFL 2
Övrigt använt bränsle (MOX, Ågesta, Studsvik)	Diverse	641	21		
Härdkomponenter samlade i kassetter	0.8x0.8x4.6	450	450	19 400	BS/SFL 5
Reaktorens interna delar samlade i kassetter	0.8x0.8x4.6	555	555		
Driftavfall från CLAB till silo i SFR-1	1.2x1.2x1.2	1 150 2 370	80 170	2 000 4 100	SFR 1 SFL 3
Driftavfall från CLAB till bergsal i SFR-1	1.2x1.2x1.2	290 400	20 30	500 700	SFR 1 SFL 4
Avfall från Studsvik till silo	∅0.6, L = 0.9 1.2x1.2x1.2 ∅0.6, L = 0.9	3 750 690 18 000	50 50 250	1 200 1 200 6 000	SFR 1 SFR 1 SFL 3
Avfall från Studsvik till bergsal	∅0.6, L = 0.9 1.2x1.2x1.2 ISO-cont.	8 750 690 200	150 50 200	2 800 1 200 7 600	SFR 1 SFR 1 SFR 1
Driftavfall från inkapselstation till silo	1.2x1.2x1.2	520	43	900	SFL 3
Driftavfall från kärnkraftverken till silo	∅0.6, L = 0.9 1.2x1.2x1.2	3 375 8 650	45 620	2 500 15 000	SFR 1 SFR 1
Driftavfall från kärnkraftverken till bergsal	∅0.6, L = 0.9 1.2x1.2x1.2 ISO-cont. 3,3x1,3x2,15	18 200 5 770 750 1 100	350 410 750 365	5 800 10 000 28 500 11 000	SFR 1 SFR 1 SFR 1 SFR 1
Rivningsavfall från kärnkraftverken till berggrum	ISO-cont. m m	4 800	4 800	100 000	SFR 3
Rivningsavfall från Studsvik till berggrum	ISO-cont.	100	100	4 000	SFR 3
Rivningsavfall från CLAB och BS till berggrum	2.4x2.4x2.4	640	640	8 900	SFL 4
Transportbehållare		50	50	600	SFL 4
Summa ca		119 000	12 700	246 000	

4. RADIOAKTIVT AVFALL I DANMARK

Vid Risø-anläggningen i Danmark finns de två forskningsreaktorerna DR1 (2 kW) och DR3 (10 MW). Forskningsreaktorn DR2 (5 MW) togs ur drift 1975 och är nu klassad som en anläggning under nedläggning. Inget bränsle finns kvar. Det aktiverade och kontaminerade avfallet som uppstått är inkapslat och byggnaden används för andra ändamål. Det bestrålade bränslet från DR3-reaktorn lagras för en kort tid invid reaktorn före transport för upp-
arbetning i utlandet.

Risø-anläggningen inrymmer dessutom en hot-cell-anläggning, vilken kommer att läggas ned i början av 1990-talet, en behandlingsstation för radioaktivt avfall samt ett mellanlager. Sedan anläggningen togs i bruk för drygt 30 år sedan har avfall från driften behandlats och lagrats inom området.

Av den ackumulerade avfallsmängden härstammar ca 1/3 från andra danska brukare av radioaktiva ämnen eftersom Risø fungerar som central upplagringsplats för hela landet. Väsentliga isotoper i detta sammanhang är ^{192}Ir , ^{241}Am samt ^{125}I , ^{153}Gd och ^3H , men många andra förekommer i små mängder.

Strålningskällor till bestrålningsanläggningen i Danmark (Cobolt-källor) återsändes i samtliga fall till den utländska leverantören efter användning. Svagare källor, t ex för γ -radiografi, sänds till Risø för omhändertagande. Som exempel kan anföras att ungefär 100 TBq ^{192}Ir importerades i sådana källor 1988.

På grund av den relativt korta halveringstiden för de viktigaste nukliderna som används inom hälsovården utgör det radioaktiva avfallet härifrån endast en blygsam del av den totala avfallsmängden.

Med undantag för avfallsresterna från Risø's pilotanläggning för uranutvinning, ca 4000 t, samt några speciellt omfångsrika enheter - kontaminerade maskiner och filter, etc. (ca 30 m³) - är avfallet på Risø förpackat i två typer av behållare:

1. En rostfri stålflaska med yttre dimensioner 87 cm x ϕ 22 cm för avfall innehållande fissilt material, väsentliga mängder α -strålare samt avfall med hög strålningsnivå, t ex Co-källor. Fissilt material,

små mängder från undersökningar av använt bränsle i heta cellen, packas i invändiga behållare i form av ihopsvetsade rostfria stål-cylindrar. Avfallsenheterna lagras i stålörnsinfordrade schakt i ett underjordiskt betongblock.

Det produceras ca en behållare av denna typ per år. Totalt finns 32 behållare och produktionen upphör helt eller delvis när heta cellen tages ur drift.

2. Ett 110 l stålfat placerat i ett 220 l standardfat med mellanrummet fyllt med betong. Denna enhet finns i två varianter:

Ytterfat av galvaniserat stål

Denna enhet används för fast avfall med relativt hög strålnings- och kontaminationsnivå, huvudsakligen från hot-cell arbete. Det produceras ca 8 enheter per år.

De galvaniserade stålfaten används även för aktiverade metallkomponenter från forskningsreaktorn DR3. Strålningen från denna typ av avfall avklingar relativt snabbt, och när enheterna nått acceptabel nivå efterfylles de med lågaktivt avfall, i regel bitumenprodukt. Det produceras ca 10 enheter per år. För närvarande finns det ca 200 enheter i lager.

Ytterfat av målat stål

Denna enhet används för fast lågaktivt avfall (papper, plast, glas, etc.), som pressas i fatet med hjälp av en hydraulisk press. Det produceras ca 70 enheter per år inklusive det avfall som kommer från leverantörer utanför Risø.

Målade plåtfat används också som behållare för koncentrat från Risø's indunstningsanläggning som används för rening av radioaktivt spillvatten.

Fram till år 1970 lagrades indunstningsrester som kristallmassa väsentligen bestående av Na_2SO_4 och NaCl , där restvatten upptogs som kristallvatten i natriumsulfaten. Från 1970 har indunstningsrester behandlats i Risø's bitumenanläggning. Produkten är en nästan vattenfri suspension av saltkristaller och slampartiklar i bitumen. Det produceras ca 30 enheter per år.

Vid årsskiftet 1988/89 fanns ca 3200 avfallsenheter med lågaktivt avfall i lager. Väsentliga isotoper i driftavfallet från Risø är ^{137}Cs , ^{90}Sr och ^{60}Co samt små mängder transuraner som primärt härrör från arbeten i heta cellen.

Det lågaktiva avfallet är lagrat i ett silosystem uppbyggt av betongringar. På grund av fuktproblem i de äldsta delarna av lagret kommer avfallet att överföras till en ny lagerbyggnad som kommer att uppföras under 1990. Denna lagerbyggnad kommer att utnyttjas för mellanlagring av gammalt och nyproducerat avfall under en inte fastställd tidsperiod. Frågan om slutdeponering av avfallet kommer förmodligen att diskuteras först i samband med framtida nedläggning av de övriga större kärntekniska anläggningarna inom Risø, i första hand DR3.

5. RADIOAKTIVT AVFALL I NORGE

5.1 Bakgrund

Institutt for energiteknikk (IFE) svarar för driften av de två forsknings-Reaktorerna JEEP II (2 MW) vid Kjeller och HBWR (25 MW) i Halden. Vid Radiokemiska anläggningen vid Kjeller behandlas och lagras det låg- och medelaktiva avfallet från reaktorerna, isotopsproduktionen och försöks-verksamheten inom institutet. Anläggningen i Kjeller mottager även fast och flytande avfall samt förbrukade strålkällor från andra användare av radioaktiva preparat och strålkällor, till exempel industri, näringsliv, sjuk-hus, forskningsinstitutioner, försvaret etc.

Driftavfall och bränsleelement, som skall till efterundersökning vid Kjeller, transporteras från Halden till Kjeller i godkända transportbehållare. Trans-porter av radioaktivt avfall och förbrukade strålningskällor från användare utanför IFE till anläggningen i Kjeller utföres av användarna själva eller av personal från IFE på uppdrag från användarna.

Lagringskapaciteten för låg- och medelaktivt avfall vid Radiokemiska anläggningen räcker till år 1993. Vid JEEP II och HBWR finns det lagrings-kapacitet för använt bränsle till omkring år 2005.

Nedan följer en översikt över avfallstyper, avfallsmängder etc.

5.2 Karakterisering av avfallet

5.2.1 Allmänt

Vid Radiokemiska anläggningen behandlas i första hand avfall från isotop-produktion och isotopanvändning samt bränsleavfall från IFE:s reaktor och bränsleprojekt i Halden och Kjeller. Bränsleavfallet, som innehåller fis-sions- och aktiveringsprodukter, uran och små mängder plutonium, domine-rar när det gäller aktivitetsmängder. De stora avfallsmängderna kommer dock från isotopverksamheten och innehåller i huvudsak kortlivade nukli-der.

5.2.2 Avfall från JEEP II-reaktorn

Vid JEEP II-reaktorn uppstår mindre mängder lågaktivt laboratorieavfall, förbrukade jonbytar- och filtermassor samt processvatten och metalldelar med något förhöjda strålningsnivåer, 100 mSv/h.

5.2.3 Avfall från Halden-reaktorn

Vid Halden-reaktorn uppstår på motsvarande sätt förbrukade jonbytarmassor, kontaminerade metalldelar från byte av bränsleelement och mindre reaktorkomponenter plus fast laboratorieavfall i form av papper, plast och glas. Jonbytarmassan kan vid enstaka tillfällen ha en specifik aktivitet på upp till 4000 GBq per 100 liter (vilket motsvarar volymen av en kolonn) när den kommer till Kjeller.

5.2.4 Avfall från bränsleundersökningar

Från undersökningar av använt bränsle vid Metallurgiska Laboratoriet och kemisk analysverksamhet och utvecklingsarbete mottages låg- och medelaktivt, fast och flytande, laboratorieavfall. Använt bränsle från undersökningarna överföres inte till Radiokemiska anläggningen utan lagras i en betongbrunn i anslutning till Metallurgiska Laboratoriet.

5.2.5 Bränsleavfall

Bränsleavfall i form av laboratorieavfall samt organiska och oorganiska processlösningar uppstod från en mindre försöksverksamhet med upparbetning av bränsle som pågick från 1959 till 1969. Huvudparten av processavfallet blev behandlat i direkt anslutning till driften. I samband med en framtida demontering av försöksanläggningen kommer det att uppstå lågaktivt avfall i form av metallskrot såsom rör, ventiler, tankar samt elektrisk utrustning. Detta avfall planeras att gjutas in i betong i plåtfat och rostfria stålbehållare. Antalet fat och behållare har bedömts till ca 100 stycken.

5.2.6 Avfall från nedlagda reaktorer

Från JEEP I och NORA-reaktorerna, vilka båda demonterades under perioden 1967-1970, finns bestrålat, metalliskt uran i speciella lagringsbehållare. Detta material är underställt IAEA:s kontroll och övervakning och skall enligt nuvarande beslut inte upparbetas.

5.2.7 Laboratorieavfall

Lågaktivt laboratorieavfall i form av papper, plast, glas och processlösningar, som i huvudsak innehåller kortlivade nuklider, mottages från isotoplaboratoriet vid institutet.

5.2.8 Externt avfall

Från industri och näringsliv, sjukhus och forskningsinstitutioner samt försvaret erhålles ökande mängder lågaktivt laboratorieavfall, förbrukade fasta strålkällor, elektroniska komponenter, självlysande skyltar m m.

5.3 **Avfall- och aktivitetsmängder**

5.3.1 Allmänt

För närvarande mottages årligen ca 30 m³ fast och flytande avfall samt ca 500 m³ lågaktivt processvatten med en samlad radioaktivitet på 4000-5000 GBq. 1988 uppgick den ackumulerade mängden behandlat avfall till ca 2400 fat. Ca 1000 sådana fat blev 1970 markdeponerade inom IFE:s område efter en grundlig säkerhetsutredning och med tillstånd från Statens institutt för strålhygiene. Totala aktivitetsinnehållet i dessa tunnor uppgick vid deponeringstillfället till ca 9200 GBq.

Övriga 1400 fat mellanlagras i anläggningens lagerlokaler. Den årliga produktionen av avfallsfat uppgår till 80-100 stycken.

De långlivade nukliderna med halveringstid över 5 år, som radioaktivitetsmässigt utgör huvudinnehållet, är: ⁶⁰Co, ⁸⁵Kr, ³H, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am, ²²⁶Ra, ¹⁴C samt isotoper av uran och andra aktinider.

5.3.2 Avfall i lagerlokaler

De 1400 fat med behandlat avfall som för närvarande finns i lagerlokalerna innehåller totalt 5500 GBq, det vill säga i genomsnitt 4 GBq/fat.

Förbrukad medelaktiv jonbytarmassor från reningskretsarna i Halden-reaktorn kommer de närmaste åren att ingjutas i bly- och betongskärmade fat.

Varje fat kommer att innehålla 27 liter jonbytarmassa med aktivitet 100-300 GBq. Omkring 100 fat kommer att produceras under de närmaste 5 åren.

5.3.3 Markdeponerat avfall

Efter 18 års avklingning har aktiviteten i de 1000 markdeponerade faten minskat från ca 9200 GBq till ca 3800 GBq, det vill säga i genomsnitt till 4 GBq per fat.

5.3.4 Externt avfall

Under de senaste åren har det utförts ca 50 transporter per år från användare av aktivt material utanför IFE. Denna typ av avfall utgör ca 10% av den årliga fatproduktionen. Aktivitetsinnehållet per kolli är starkt varierande, men de flesta ligger inom området 0,5 - 20 GBq. EXIT-skyltar från flygplan innehåller väsentligt mer aktivitet, ca 130 GBq ^3H per skylt, men strålningsmässigt är det ^{60}Co som dominerar. Nukliderna kan vara kortlivade, till exempel ^{35}S och ^{210}Po eller långlivade som ^{241}Am , ^{226}Ra och ^{14}C .

5.4 Rivningsavfall

En plan finns för nedläggning av de kärntekniska anläggningarna i Kjeller och Halden. Anläggningarna är tänkta att demonteras och iordningställas till steg 1 i IAEA's nomenklatur, vilket i huvudsak innebär borttagande av aktiva komponenter samt lagring av använt bränsle i existerande lagringsutrymmen.

En sammanställning av nedläggningsavfallet, exklusive använt bränsle, framgår av tabell 14. Någon plan för friklassning av utrustning och bygg-

nader för andra ändamål enligt steg III i IAEA's nomenklatur finns inte för närvarande.

Tabell 14 Bedömd avfallsmängd vid framtida nedläggning till steg 1 i IAEA's nomenklatur.

Anläggning	Antal 210 l fat	Antal 1 m ³ betongkokiller
JEEP II	20	-
Met. lab. II	70	40
HBWR - Halden	400	10
Summa	490	50

5.5 Använt bränsle

5.5.1 Kjeller

Använt bränsle från efterundersökningar i Metallurgiska laboratoriet av bränsle från HBWR och JEEP II lagras i betongsilor vid Met. Lab. Vid fortsatt uttag av ca 200 kg bränsle vart 5:e år från JEEP II och nuvarande omfång av uppdragsverksamheten finns lagringskapacitet för ytterligare 10 år. Genom ompackning av bränslet, metalldelar och avfallsbehållare kan lagringskapaciteten ökas för ytterligare ca 5 års drift. Totala lagringsvolymen uppgår till 210 m³. För närvarande finns lagrat ca 1000 kg bestrålat uran med olika bestrålningsgrad och anrikning.

5.5.2 Halden

I Halden finns 3 st "fuel pits" och en "waste pit" som kan användas för lagring av använt bränsle. Vid årsskiftet 1988/89 fanns det ca 2000 kg bestrålat uran vid HBWR, varav ca 540 kg fanns i reaktorn och ca 1460 kg i bränslelagren. Total lagringsvolym är ca 200 m³ och lagringskapaciteten räcker ytterligare 10-12 år.

Utöver ovanstående finns 7000 kg bestrålat naturligt uran från den första bränsleladdningen. Detta uran kräver endast liten strålskärmning och erfordrar en lagringsplats på 20-50 m³ beroende på emballageform.

6. REFERENSER

1. Vieno, T. & Vuori, S., Säkerhetsanalys för slutförvaring av driftavfall från Lovisa kärnkraftverk. Del I. Statens tekniska forskningscentral, Kärnkrafttekniska laboratoriet, 1986. (På finska)
2. Härkönen, H., Mängd- och aktivitetssuppskattning för TVOs låg-och medelaktiva driftavfall. Industrins Kraft AB, Arbetsrapport VLJ-85-02, 1985. (På finska).
3. Välimäki, P., Aktivitetsinventarium och mängduppskattning av rivningsavfallet från Lovisa kärnkraftverk. Imatran Voima Oy, Memo 11.1.1984. (På finska).
4. Mayer, E., Rivning av TVOs mellanlager för använt bränsle. Imatran Voima Oy, V-TEPA-K030, 1983. (På finska).
5. Inkapslingsstation för använt bränsle, preliminär plan. Industrins Kraft AB, Arbetsrapport VLJ-85-10, 1985. (På finska)
6. Specifications of vitrified residues produced from reprocessing at UP2 or UP3-A La Hague plants. Cogema. First series. September 1982.
7. Specifications of bituminized wastes produced from reprocessing at UP2 or UP3-A La Hague plants. Cogema. First series. March 1984.
8. Specifications of cemented wastes produced from reprocessing at UP2 or UP3-A La Hague plants. Cogema. First series. July 1984.
9. Heinonen, J., Radioaktivt avfall utanför kärnbränslekretsloppet. Statens tekniska forskningscentral, Reaktorlaboratoriet, 1985. (På finska).
10. Svensk kärnbränslehantering AB, SKB. Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter, juni 1988. Plan 88.
11. Svensk kärnbränslehantering AB, SKB. Kärnkraftens Slutsteg. Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk. Maj 1986.
12. S. Pettersson, H. Buxbaum, T. Eng. SSI Forskningsprojekt P 301-85. Transport av rivningsavfall (NKA/KAV-350(86)1). (PM BVN-12/86)
13. SKB. Slutförvar för reaktoravfall - SFR. Slutlig säkerhetsrapport SFR1. 1987-09-30.

14. SKB. Sjötransporter av reaktoravfall till SFR. Slutlig säkerhetsredovisning. 1987-02-27.
15. IFE/KR/F-86/018 Transporter av radioaktivt avfall i Norge perioden 1986-2005. J.E. Lundby.

BILAGA 2
TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR:
TRANSPORTSYSTEM/TRANSPORTBEHÅLLARE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	INLEDNING	47
2.	TRANSPORTER AV RADIOAKTIVT AVFALL I FINLAND	48
2.1	Transporter av avfall från kärnteknisk verksamhet	48
	2.1.1 Bakgrund	
	2.1.2 Transportsystem	
	2.1.3 Transporternas genomförande	
	- Transport av använt bränsle	
	- Transport av reaktor- och rivningsavfall	
2.2	Påverkan från alternativa planer vad avser kärnteknisk verksamhet	64
2.3	Påverkan från osannolika händelser vad avser kärnteknisk verksamhet	64
2.4	Transporter av avfall från annan verksamhet	64
3.	TRANSPORTER AV RADIOAKTIVT AVFALL I SVERIGE	65
3.1	Transporter av avfall från kärnteknisk verksamhet	65
	3.1.1 Bakgrund	
	3.1.2 Transportsystem	
	3.1.3 Transporternas genomförande	
	- Transport av använt bränsle	
	- Transport av driftavfall	
	- Transport av rivningsavfall	
3.2	Påverkan från osannolika händelser vad avser kärnteknisk verksamhet	76
3.3	Transporter av avfall från annan verksamhet	76

4.	TRANSPORTER AV RADIOAKTIVT AVFALL I DANMARK	77
4.1	Bakgrund	77
4.2	Transporter och transportutrustningar	77
	4.2.1 Använt kärnbränsle	
	4.2.2 Övrigt avfall	
5.	TRANSPORTER AV RADIOAKTIVT AVFALL I NORGE	79
5.1	Bakgrund	79
5.2	Transportsystem och utrustningar	79
5.3	Transporternas genomförande	82
	5.3.1 Allmänt	
	5.3.2 Transporter från Halden till Kjeller	
	5.3.3 Transporter från övrig verksamhet	
5.4	Transportbehov	84
	5.4.1 Tillgänglig lagervolym	
	5.4.2 Transportmängd	
5.5	Sammanfattning	85
6.	EN ÖVERSIKT ÖVER NÅGRA UTANFÖR NORDEN FÖREKOMMANDE BEHÅLLARE FÖR TRANSPORT OCH/ELLER LAGRING AV RADIOAKTIVT AVFALL	87
7.	REFERENSER	96

1. INLEDNING

I denna bilaga redovisas de tekniska förutsättningarna för transport av radioaktivt avfall som förväntas behöva omhändertagas de närmaste decennierna i Norden. Mängder och typer av avfall redovisas i bilaga 1.

Befintliga och planerade transportsystem och utrustningar beskrives liksom funktionsprinciper och genomförandet av transporterna. Även de krav och begränsningar som slutförvar och avfallsproducerande anläggningar ställer, berörs i den omfattning dessa för närvarande är kända.

Finlands planer på att förlägga slutförvaren för låg- och medelaktivt driftavfall samt rivningsavfall i anslutning till kraftverken medför att det totala transportarbetet reduceras.

Rapporten behandlar även, i den omfattning uppgifter härom varit tillgängliga, transporter av avfall från icke kärnteknisk verksamhet - medicin, industri, forskning etc. I Sverige planeras att slutförvara sådant avfall i slutförvaren för det låg- och medelaktiva avfallet från den kärntekniska verksamheten. Frågorna om slutförvaringen av denna typ av avfall i Finland, Danmark och Norge hålls tills vidare öppna.

I rapporten ges även en kortfattad presentation av några olika typer behållare, som planeras eller som används i Tyskland, England och Frankrike, för transport av drift- och rivningsavfall samt använt bränsle.

2. TRANSPORTER AV RADIOAKTIVT AVFALL I FINLAND

2.1 Transporter av avfall från kärnteknisk verksamhet

2.1.1 Bakgrund

Olkiluoto kärnkraftverk

För att säkerställa erforderligt lagringsutrymme för använt bränsle har TVO byggt ett mellanlager i Olkiluoto, KPA-lagret. Lagret var klart för idrifttagning under september 1987. De första bränsletransporterna från block 1 till mellanlagret genomfördes under hösten 1987.

Det använda bränslet beräknas bli lagrat i anläggningen i 40 år. Detta ger TVO möjlighet att under flera decennier följa den fortsatta utvecklingen när det gäller kärnbränslecykelns slutsteg. TVO planerar för direktdeponering av använt bränsle i den finska berggrunden men studerar även parallellt möjligheten att transportera bränslet utomlands för upparbetning och/eller slutdeponering.

Sammanfattningsvis kan sägas att några transporter av använt bränsle utanför Olkiluotos kraftverksområde inte kommer att äga rum inom den närmaste framtiden. Däremot sker "on-site" transporter årligen från 1988 och framåt. Enligt nuvarande planer skall det använda bränslet transporteras från mellanlagret till en inkapslingsstation vid slutförvaret i kampanjer under en 30-årsperiod 2020-2050.

Lovisa kärnkraftverk

Kärnbränsle till Lovisa kärnkraftverk levereras från Sovjetunionen (V/O Atomenergoexport, AEE). Efter användning återsändes allt bränsle till AEE. Överenskommelse härom träffades redan åren 1970 och -71 när kontrakten för de två kärnkraftblocken undertecknades av AEE och IVO (Imatran Voima Oy). Ett detaljerat avtal angående återtransport av Lovisa 1's använda bränsle underteckna-

des 1981. Ett motsvarande avtal för Lovisa 2 undertecknades 1986. Hittills har sju transporter från Lovisa genomförts, åren 1981, -82, -85 och 86-88. Dessa omfattade totalt ca 125 ton uran.

Kärnbränslet befinner sig i kraftverket totalt 8-10 år: 1-2 år i förrådet för nytt bränsle, 2-3 år i reaktorn och 5 år i bränslebytesbassängerna och i lagren för använt bränsle. Det finns fyra lagringsplatser för använt bränsle i Lovisa. En bränslebytesbassäng i vardera containment i Lovisa 1 och 2. Dessa togs i bruk 1978 respektive 1981. Två separata lagringsbassänger - lager nr 1 (togs i bruk 1980) och lager nr 2 (togs i bruk 1984) - är belägna i Lovisa 2's hjälpsystembyggnad och betjänas av dess system. I lager nr 1 lagras bränslet i transportställ och i lager nr 2 i bränsleställ.

Lager nr 2 tillkom som en följd av att lagringstiden för ett enskilt bränsleelement förlängdes från ursprungligen tre år till fem år. De båda lagringsbassängerna står inte i förbindelse med varandra. Bränsleelementen transporteras en gång om året från reaktorinneslutningarna till lagringsbassängerna i en transportbehållare.

Reaktor- och rivningsavfall

Slutförvaren för reaktoravfall och rivningsavfall planeras förläggas i anslutning till Olkiluoto och Lovisa kärnkraftverk. Slutförvaret för reaktoravfall i Olkiluoto avses tagas i drift 1992. För Lovisa diskuteras att byggstart för slutförvaret sker tidigast under 1990-talet och med färdigställande tidigast i slutet av 1990-talet.

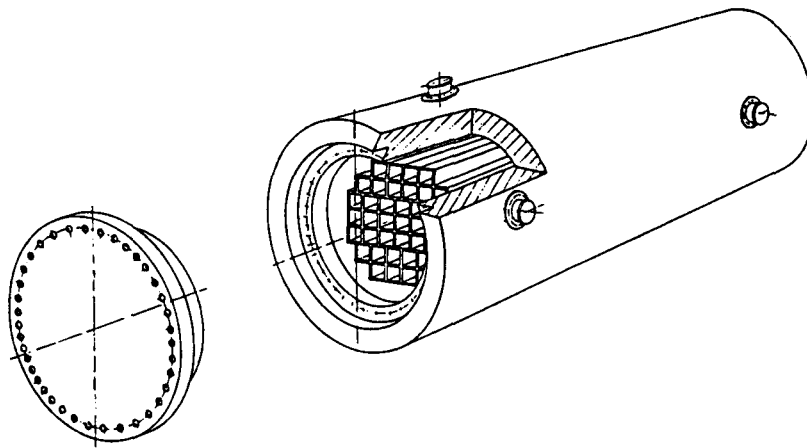
2.1.2 Transportsystem

Olkiluoto kärnkraftverk

Transporter av använt bränsle till slutförvarsplats skall sannolikt genomföras som landtransporter. Transportbehållarna antas komma att vara av motsvarande typ som den behållare som används för "on-site" transporter och som närmare beskrivs i det följande.

Transportbehållare

Den transportbehållare som används för "on-site" transporter av använt bränsle är en TVO-CASTOR-behållare som rymmer 41 BWR-element motsvarande ca 7,3 ton uran. Se Figur 1 och Tabell 1. Fylld behållare väger ca 93 ton utan stötdämpare. Behållarens yttre hölje är tillverkat av nodulärt gjutjärn (segjärn). Utsidan av behållaren är slät utan kylflänsar. Locket är tillverkat av rostfritt stål. Den borerade rostfria insatsen utgör stöd för bränsleelementen samtidigt som den har en neutronabsorberande funktion.



Figur 1 Transportbehållare TVO-CASTOR för använt bränsle

Behållaren har licenstillverkats som en typ B(U) behållare (Nuclear Safety Fissile Class I) i Väst-Tyskland. Till en början används den enbart för "on-site" transporter med använt bränsle inom kraftverksområdet i Olkiluoto.

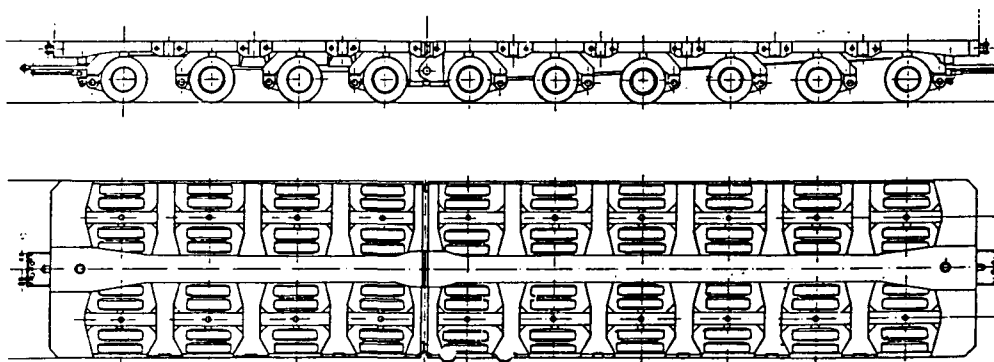
Tabell 1 Huvuddata för TVO-CASTOR med typ B(U) egenskaper

Kapacitet	41 BWR-element
Total vikt (fylld)	93 ton
Dimensioner	
- Längd, totalt	5180 mm
- Inre längd	4500 mm
- Ytterdiameter	2000 mm
- Innerdiameter	1280 mm
- Väggtjocklek	360 mm
Vikt (ingående delar)	
- Behållarhölje	70 ton
- Lock	4 ton
- Insats	2,6 ton
- Bränsleelement	12,2 ton
- Vatten	4,0 ton

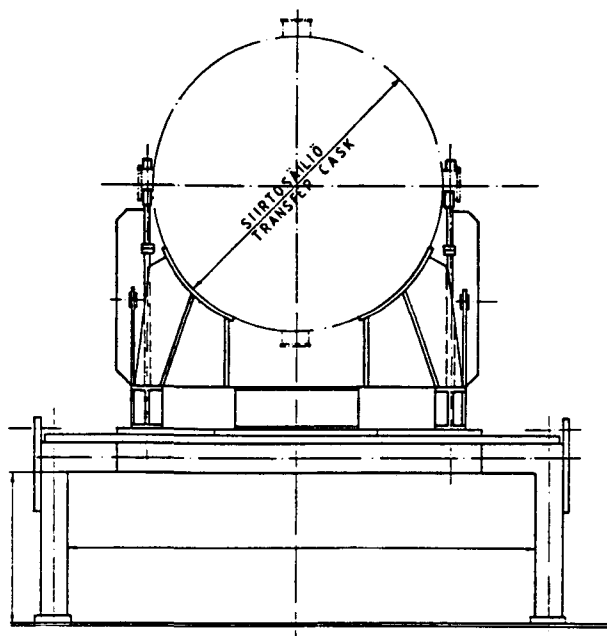
Ungefärlig värmeupptagningskapacitet 22 kW

Fordon för transportbehållaren

Den lastade transportbehållaren transporteras från kraftverksblocken till mellanlagret på en gummihjulsförsedd trailer i princip enligt Figur 2. Denna hyrs in för varje transportkampanj. Behållaren är under transporten upplagd och fixerad i ett transportstativ, Figur 3. Trailern kan backas in under transportstativet med behållaren och lyfta hela lastenheten på hydraulisk väg.



Figur 2 Typisk vägtrailer för tunga transporter



Figur 3 TVO-CASTOR transportbehållare med transportstativ

Lovisa kärnkraftverk

Använt bränsle transporteras till Sovjetunionen i behållare TK-6. Huvuddata för behållarna framgår av Figur 4. Varje behållare rymmer 30 bränsleelement motsvarande ca 3,6 ton uran. En lastad behållare väger ca 90 ton. Behållarhöljet är tillverkat av smidesstål och försett med kylflänsar. Infodringen liksom locket är av rostfritt stål.

Tillsynsmyndigheten i Sovjet (GKAE) har klassat behållaren - med gaskylning och en utbränningsgrad för bränslet under 24 MWd/kg U - som en typ B(U) behållare (totalt tillåten värmebelastning 8 kW) och - med vattenkylning och en utbränningsgrad för bränslet på mellan 24 och 40 MWd/kg U som en typ B(M) behållare (totalt tillåten värmebelastning 12 kW).

I tabellerna 2a och 2b redovisas tekniska data för transporter av använt bränsle från Lovisa.

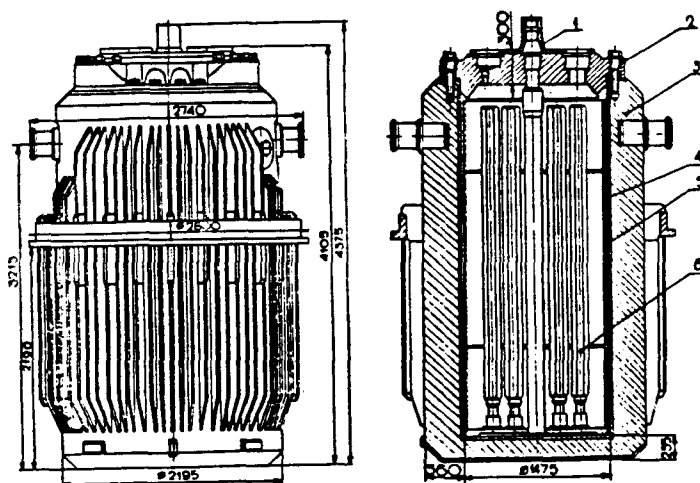
Tabell 2a

År	Antal bränsle- element	Ton uran	Anriknings- grad %	Medelut- brännings- grad MWd/kg U	Kyltid år
81	114 ^x	13,7	1,6	9,4	3,5
82	120	14,4	1,6/2,4	18,6	3,5
85	120	14,4	2,4/3,6	30,7	5,0
86	120	14,4	2,4/3,6	28,1	5,0
1/87	150	18,0	1,6	9,4 (Lo2)	5,5
2/87	180	21,6	2,4/3,6	20,9 (Lo2) 29,5 (Lo1)	5,0
88	240	28,8	2,4/3,6	27,5 (Lo2) 29,8 (Lo1)	5,0

^x Ett element innehåller 120 kg uran

Tabell 2b

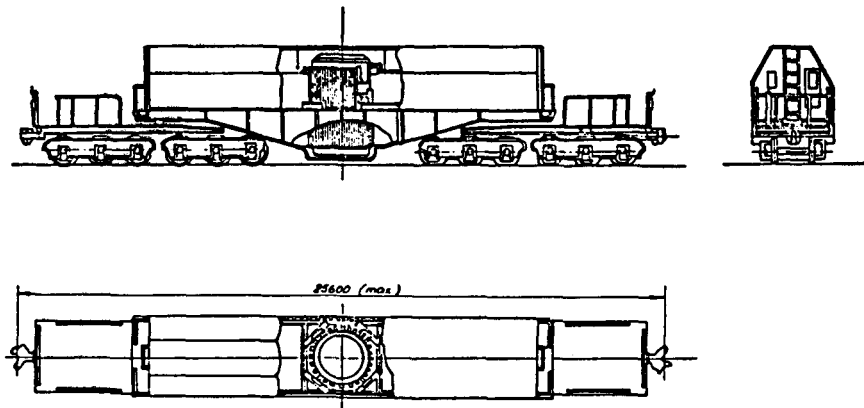
År	Antal behållare	Värmegenere- ring från behållarna kW	Kyltempe- ratur °C	Kylmedel
81	4	3-4	45-60	gas
82	4	6-7	70-90	gas
85	4	5-6	40-45	vatten
86	4	4-6	35-40	vatten
1/87	5	1,5	ca 40	gas
2/87	6	4-6	35-40	vatten
88	8	4-6	35-40	vatten



Figur 4 Huvuddata för transportbehållare typ TK-6,
1 = gripanordning, 2 = lock, 3 = hölje,
4 = infodring, 5 = insats, 6 = bränsleelement

Vid transporterna från Lovisa består tågsättet av ett finskt lokomotiv, ett antal specialvagnar för transportbehållarna, två vagnar innehållande monitoringsutrustning, vagnar med skyddsutrustning samt en vagn reserverad huvudsakligen för nödutrustning.

En av de specialvagnar som används vid järnvägstransporterna visas i Figur 5.

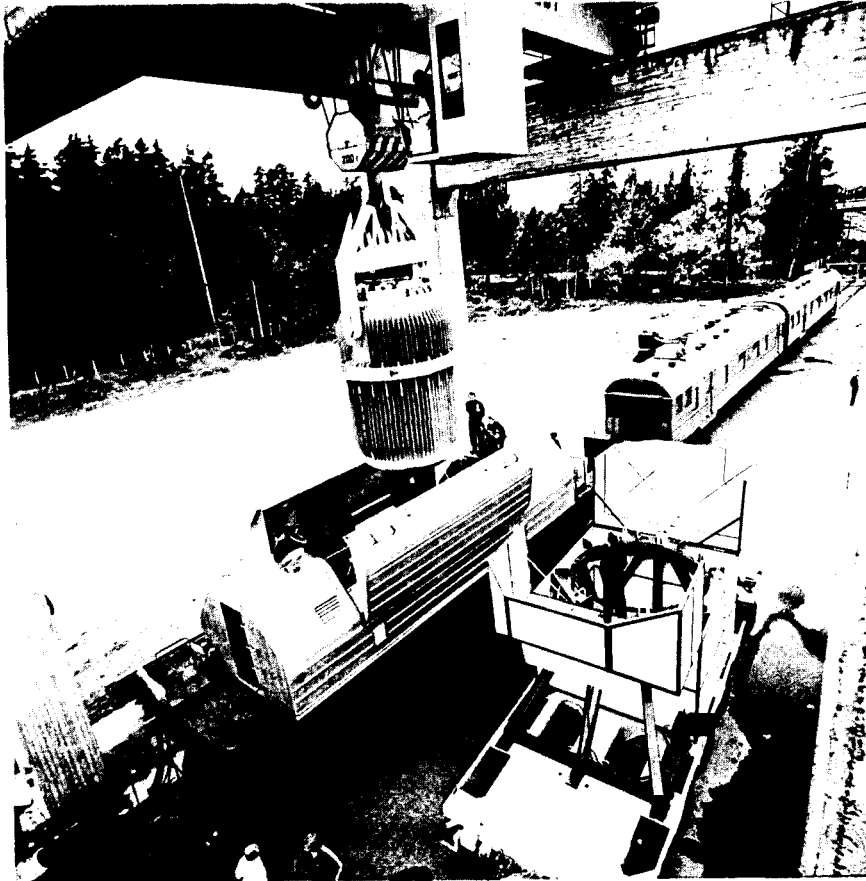


Figur 5 Järnvägsvagn för transport av använt bränsle

Två 240 tons vägtrailrar används för transporten mellan kraftstationen och järnvägsstationen. Trailrarna är utrustade med en stödkonstruktion för behållarna utformad av IVO och en lätt täckande konstruktion som skydd mot damm och regn. Beroende på trailrarnas hydrauliksystem är maximi hastigheten begränsad till 30 km/tim. Kraftiga truckar, som ägs av IVO, används för att dra trailrarna. I Figur 6 visas hur en TK-6 behållare lyfts från en trailer till en järnvägsvagn vid Lovisa järnvägsstation.

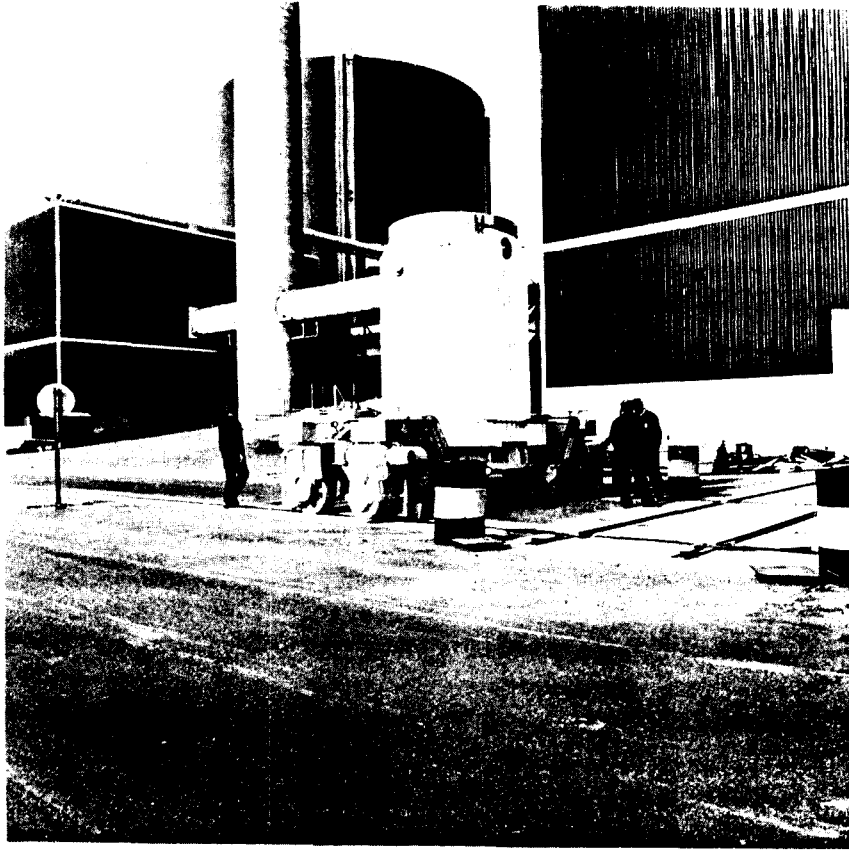
För interna transporter av använt bränsle har IVO en behållare som ifråga om huvudegenskaper är jämförbar med TK-6 behållarna och med ungefär samma vikt och kapacitet. Denna behållare är vattenkyld och klarar en total värmeangivning från bränslet på upp till 32 kW.

Behållaren kan endast användas för transport av bränsle som kylts mer än ett år efter uttag från reaktorn. Behållarens yttre temperatur får inte överstiga mottagningsbassängens vattentemperatur med mer än 30°C. Behållarens mantelyta måste kylas med vatten om transporten av någon orsak fördröjs.



Figur 6 TK-6 behållare lyfts från vägtrailer till järnvägsvagn vid Lovisa järnvägsstation

Den speciella rälsgående transportvagn som används vid de interna transportererna visas i Figur 7.



Figur 7 Rälsgående specialvagn för on-site transporter av använt bränsle

2.1.3 Transporternas genomförande

Transport av använt bränsle

Olkiluoto kärnkraftverk

När det använda bränslet lyfts ut ur reaktorn lagras det först i bränslebassängerna i reaktorhallarna i block 1 respektive block 2.

Transporter av använt bränsle till mellanlagret, KPA-lagret, från block 1 påbörjades hösten 1987 och från block 2 hösten 1988. Från

1988 kommer årligen använt bränsle motsvarande 40-50 ton uran att överföras till mellanlagret.

För dessa transporter har TVO anskaffat en behållare från GNS (Gesellschaft für Nuclear Service mbH). Se avsnitt 2.1.2. Behållaren rymmer 41 st bränsleelement vilket totalt innebär 5-7 transporter per år från de två blocken. Bränslet kan transporteras först efter 3-5 års kylning. Transporterna sker kampanjvis med en till två kampanjer per år. För transportkampanjerna hyr TVO in en vanlig landsvägstrailer för tunga laster. Se avsnitt 2.1.2.

Driften av mellanlagret för använt bränsle handhas av kraftverkspersonalen. För hanteringen av behållaren i samband med överföringen av bränslet till mellanlagret har en speciell grupp bestående av 3-5 personer satts samman.

Nuvarande planer innebär att det använda bränslet skall transporteras till slutförvaret för inkapsling och slutdeponering under tidsperioden 2020-2050. Transporterna kommer sannolikt att genomföras som landsvägstransporter eller järnvägstransporter eller som en kombination av dessa.

Lovisa kärnkraftverk

Transporterna med använt bränsle till Sovjetunionen genomföres per järnväg med sovjetiska transportbehållare och specialvagnar utformade för VVER-440 bränsle. Se avsnitt 2.1.2. Varje transport består av 4-8 fyllda behållare.

IVO tar över det sovjetiska specialtåget vid Viborg, USSR, 30 km från den sovjetisk-finska gränsen. Tåget köres därifrån 255 km via Vainikkala och Lahti till Lovisa där de tomma behållarna lyfts över till IVO's vägtransporttrailrar för transport de återstående 15 km till kraftverket. Där inspekteras och lastas behållarna. Inspektionen omfattar kontroll av renhet och eventuell kontamination, inre geometri, allmän konditionskontroll samt täthetstest.

Beroende på bränslets utbränningsgrad är behållarna antingen gasfyllda eller vattenfyllda. Efter ca två dagars väntan på att temperaturen skall stabilisera sig transporteras behållarna tillbaka till tåget som går samma väg tillbaka till Viborg. Där överlämnas tågsättet till AEE. Denna procedur har tagit mellan 10 till 21 dagar.

Under 1987 har två transporter omfattande 5 respektive 7 behållare genomförts. Under 1988 har en transport med 8 behållare genomförts och de har kunnat utföras på ca 12 dagar, vilket skall vara normaltiden för dessa transporter.

Vid normal drift lagras använt bränsle ca 15 månader i bränslebytesbassängerna. Detta innebär att i medeltal 200-240 element med använt bränsle är lagrade i reaktorblocken.

Använt bränsle överföres en gång om året från reaktorinneslutningarna till lagren för använt bränsle varvid IVO's egen transportbehållare och transportvagn används. Se avsnitt 2.1.2. Dessa interna transporter utföres som regel efter bränslebytesperioderna.

Normalt överföres bränslet från reaktorinneslutningarna till lager nr 2.

Transportställen fylls i lager nr 2 (eller i reaktorinneslutningarna) så att de är färdiga att placeras i transportbehållarna. De fyllda transportställen överflyttas till lager nr 1 i väntan på transport.

Transport av reaktor- och rivningsavfall

Olkiluoto kärnkraftverk

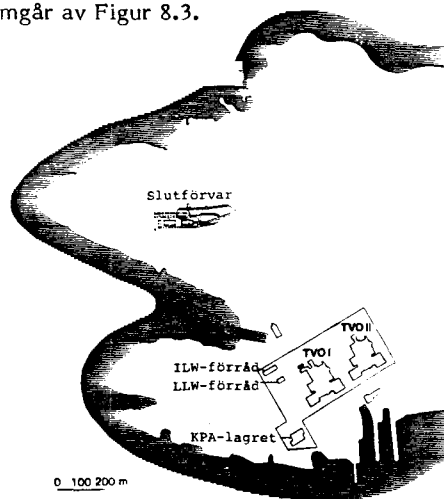
Fat och lådor med låg- och medelaktivt avfall kommer att transporteras från mellanlagren till slutförvaret med ett transportfordon speciellt uformat för detta ändamål.

Transportfordonet är inte färdigkonstruerat, men transportlådan på trailern kommer att tillverkas i stål och vara försedd med ben.

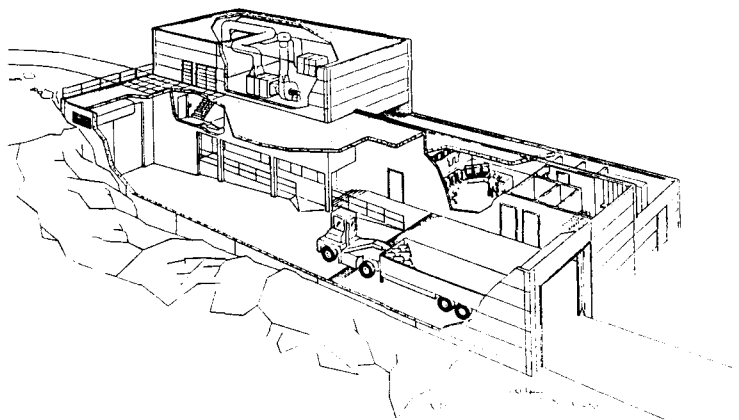
Trailern kommer att vara hydrauliskt höj- och sänkbar. Transportvikten kommer att uppgå till ca 40 ton.

Bilen kommer att utrustas med brandsläckningssystem (halon) och förstärkta bromsar. Ändamålsenliga strålskydd kommer även att installeras i och kring förarhytten. Rivningsavfallet kommer att transporteras till slutförvaret på i princip samma sätt som reaktoravfallet.

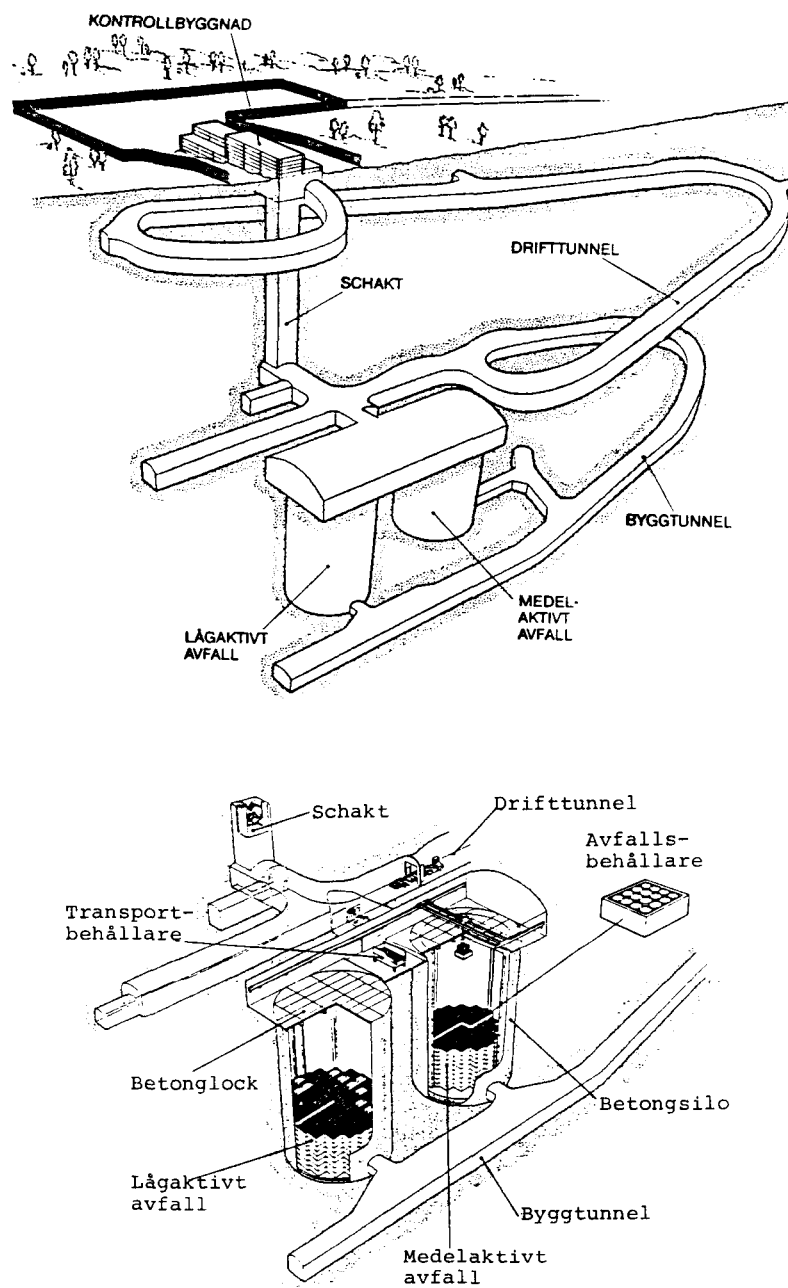
I Figur 8.1 visas slutförvarets geografiska läge i förhållande till kärnkraftverken, TVO I och II samt mellanlagret för använt kärnbränsle. Figur 8.2 visar det dieseldrivna transportfordonet i slutförvarets kontrollbyggnad. Den principiella utformningen av slutförvaret framgår av Figur 8.3.



Figur 8.1 Slutförvarets geografiska läge



Figur 8.2 Transportfordon för reaktoravfall



Figur 8.3 Principiell utformning av slutförvar för låg- och medelaktivt avfall

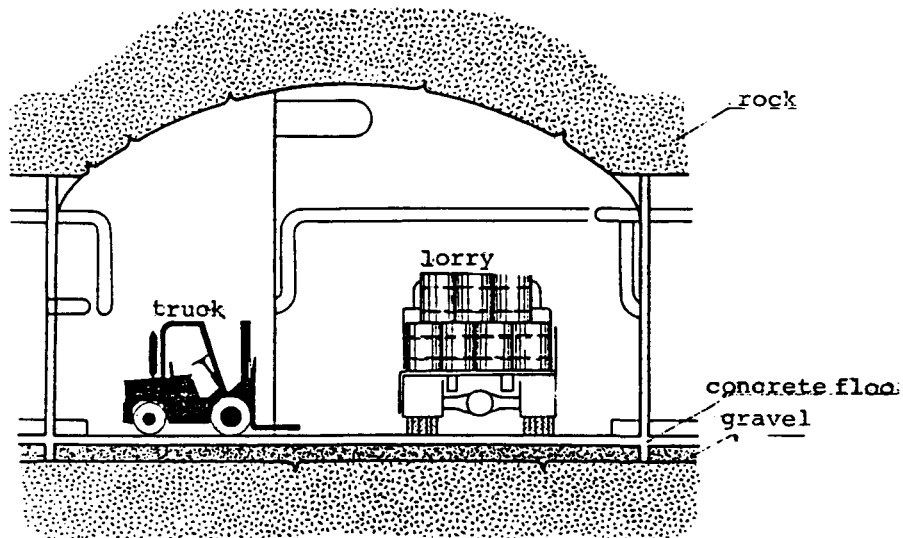
Lovisa kärnkraftverk

Enligt preliminära planer kommer vid Lovisa kärnkraftverk behållare med reaktoravfall att transporteras till slutförvaret med en vanlig lastbil anpassad för ändamålet.

Avfallsbehållarna lossas från bilen antingen med en gaffeltruck, Figur 9.1, eller med en fjärrstyrd travers. Manöverhytten, som användes vid manuell manöver, förses eventuellt med strålskydd beroende på strålningsnivån från avfallsbehållarna.

Strålningsnivån under transporterna hålls inom tillåtna gränser genom att behållarna med för hög nivå kommer att skärmas med separata betongstrålskydd.

I samband med rivningen av reaktorerna kommer behållare med för höga strålningsnivåer att transporteras till slutförvaret inuti skärmda behållare utformade för ändamålet.

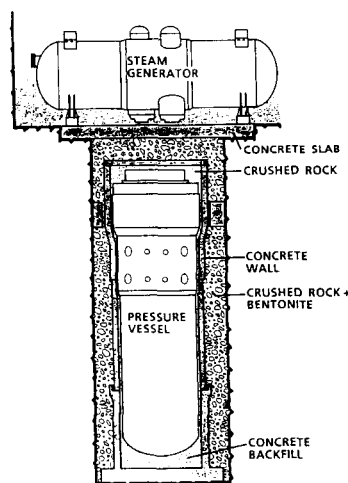


Figur 9.1 Truck och lastbil i slutförvarets mottagningshall

Vid rivningen av Lovisa kärnkraftverk planeras att huvudkomponenterna i primärkretsens såsom reaktortank, ånggeneratorer och pressurizer skall transporteras och deponeras hela i slutförvaret. Reaktortanken avses även att användas för inneslutning av reaktorns interna delar. Transportvikten av reaktortanken med strålskydd är ca 280 ton. Trucken planeras ha en transportkapacitet för 320 ton.

Reaktortanken planeras att deponeras i ett separat siloformat bergum i en betongsilo i vilken tanken ställs upp. Transporten av de interna delarna sker i en typ av hårdkomponentflaska och delarna placeras i reaktortanken när den är på plats i betongsilon. Arrangemangen framgår av Figur 9.2 nedan. Ånggeneratorerna placeras i bergummet ovanför reaktorsilon sedan den försetts med en strålskyddande betongräckning. De sex ånggeneratorerna placeras två i rad och staplas tre i höjd.

Övrigt rivningsavfall transporteras till slutförvaret med lastbil/truck anpassade för ändamålet. Denna typ av rivningsavfall placeras i separata bergum.



Figur 9.2 Principiell utformning av slutförvaret för hel reaktortank och ånggeneratorer.

2.2 Påverkan från alternativa planer vad avser kärnteknisk verksamhet

De alternativa planer för den kärntekniska verksamheten som kan bli aktuella för Finlands del, och som har berörts i Bilaga 1, kan innebära upparbetning och/eller slutdeponering av TVO's använda bränsle i utlandet. Detta kräver tillgång till ett sjötransportsystem.

2.3 Påverkan från osannolika händelser vad avser kärnteknisk verksamhet

Allmänt kan sägas att en osannolik händelse av allvarigare slag kommer att ge upphov till ökade avfallsmängder och aktivitetsnivåer och att det då i första hand är fråga om att dimensionera befintligt transportsystem till den uppkomna situationen. De principer efter vilka transportsystemen utformats och de grundläggande rutiner som normalt tillämpas vid transporter av radioaktivt avfall bedöms inte komma att påverkas av en sådan händelse.

2.4 Transporter av avfall från annan verksamhet

Radioaktivt avfall som produceras utanför kärnkraftverksamheten, inom industri, forskning, medicin etc, transporteras normalt med hjälp av konventionella transportmedel i enlighet med gällande transportbestämmelser.

Någon speciell transportutrustning för denna typ av avfall planeras för närvarande inte.

3. TRANSPORTER AV RADIOAKTIVT AVFALL I SVERIGE

3.1 Transporter av avfall från kärnteknisk verksamhet

3.1.1 Bakgrund

I den plan för hur de radioaktiva restprodukterna från kärnkraftverken avses omhändertagas och slutlagras i Sverige ingår ett flertal anläggningar, vilka framgår av Figur 10.

Av de redovisade anläggningarna är mellanlagret för använt bränsle, CLAB, i drift sedan juni 1985, se Figur 11. CLAB är lokaliserad på Simpevarpshalvön vid Oskarshamnsverket.

SFR1, slutförvaret för driftavfall, som är lokaliserat till Forsmarksverket, är i drift sedan april 1988.

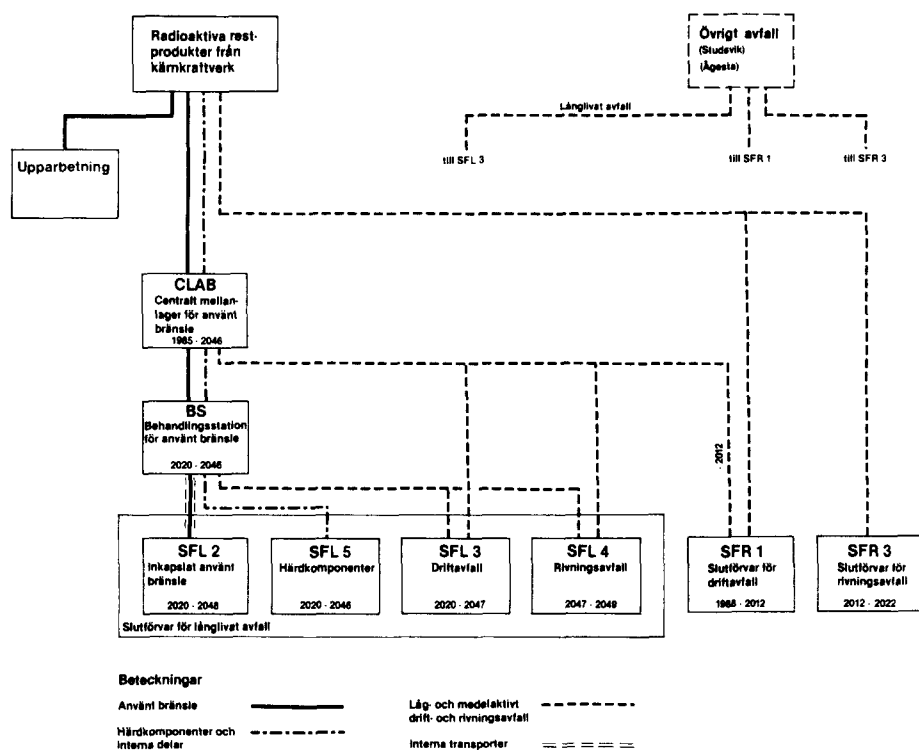
För övriga anläggningar har förläggningssort ej bestämts. SFR3, slutförvaret för rivningsavfall, planeras bli samlokaliserat med SFR1, se Figur 12. Slutförvaren för det långlivade avfallet, SFL och behandlingsstationen för använt bränsle, BSAB, antas bli lokaliserade till en och samma plats.

Hanteringen av det radioaktiva avfallet innefattar ett betydande transportarbete för förflyttning av avfallet från produktionsställena till respektive slutlager. Det använda bränslet och hårdkomponenterna skall dessutom transporteras till och från mellanlager.

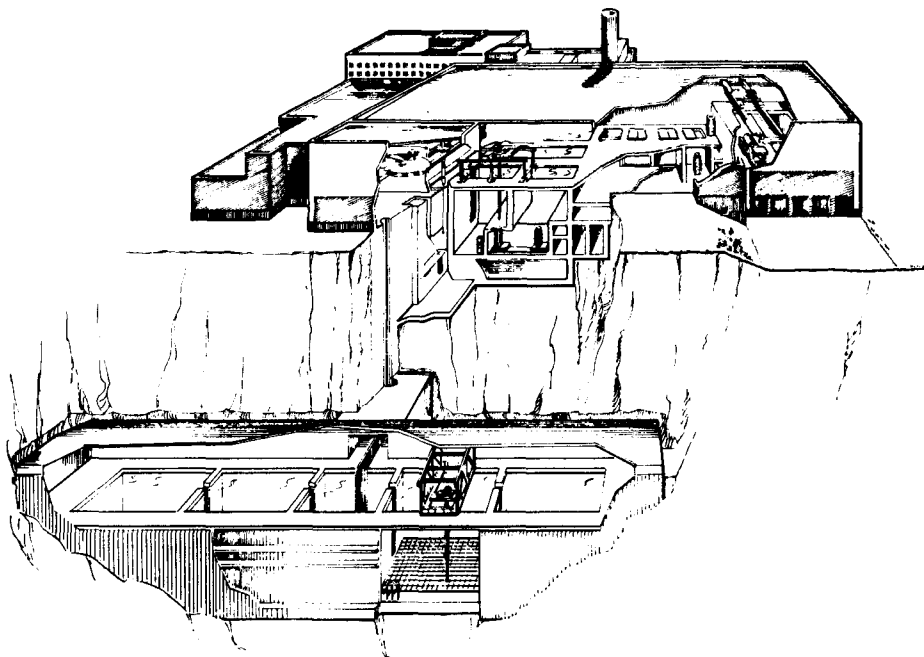
Eftersom samtliga kärntekniska anläggningar är kustförlagda är transportsystemet huvudsakligen baserat på sjötransporter och utformat för att kunna användas för alla typer av avfall.

I händelse av att slutförvaret för det långlivade avfallet blir inlandsförlagt kommer transportsystemet att kompletteras med en järnvägsförbindelse mellan SFL och lämpligt belägen hamn. Härvid kommer befintliga järnvägslinjer att utnyttjas i största möjliga utsträckning.

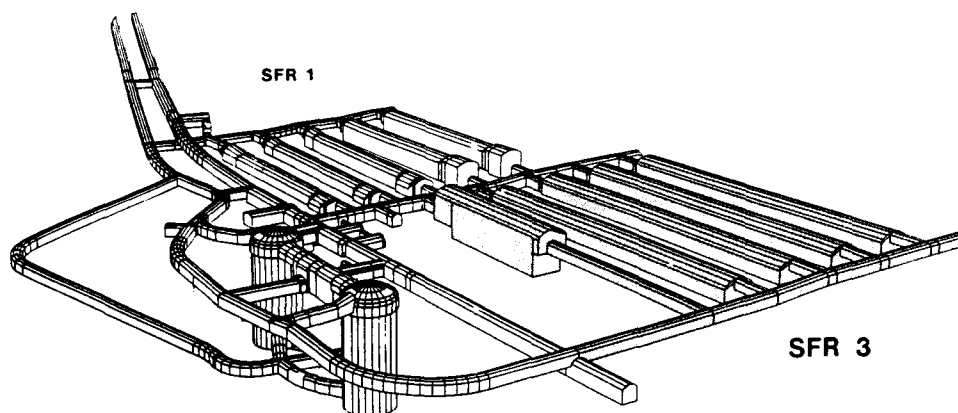
Avfallets väg från kraftverken och övriga avfallsproducenter till respektive slutlager framgår av Figur 10.



Figur 10 Översiktlig hanteringsgång för det radioaktiva avfallet



Figur 11 CLAB - Centralt lager för använt bränsle.



Figur 12 Slutförvar för driftavfall SFR1
Slutförvar för rivningsavfall SFR3

3.1.2 Transportsystem

Transportsystemets huvudkomponenter utgöres av ett fartyg, M/S Sigyn, transportbehållare, transportfordon och transportutrustningar vid kraftverk och övriga anläggningar. Samma fartyg och fordon skall användas för både bränsletransporter och transporter till SFR, endast transportbehållarna är olika, se Figur 13.

Alla förlägningsplatser för de svenska kärnkraftverken är utrustade med hamnar, som används för transport av tung utrustning till kraftverken. En hamn i Studsvik kommer att färdigställas hösten 1988.

Hamnar vid kärnkraftverken har anpassats för specialfartyget Sigyn. Fartyget är ett kombinerat roll-on/roll-off- och lift-on/lift-off-fartyg vilket betyder att lasten antingen kan köras in över rampen eller lyftas genom lastrumsöppningarna ner i lastrummet. Fartyget har ett dödviktstonnage av 2 000 ton och en total längd av 90 m. Lastkapaciteten är 1 400 ton. Transportbehållarna placeras i fasta positioner i lastrummet och underredena surras till fartyget. Hörn- och sidobeslag svetsade till däckets förhindrar förskjutningar av lasten. Fartyget har 10 lastpositioner, dvs det kan transportera 10 transportbehållare åt gången.

Fartyget är utrustat med omfattande säkerhetssystem för strålning och brand samt, i händelse av haveri, system för att underlätta sökning och bärgning.

Vid lastning och lossning transporteras behållarna kortare sträckor mellan lager och fartyg med hjälp av speciella terminalfordon.

Terminalfordonen utgöres i princip av stora pallastare för 120 tons last. Framdrivningshastigheten är låg, 3-10 km/tim, och fordonen utnyttjas därför endast vid korta transportavstånd.

Ett större antal lastenheter bestående av lastbärare och transportbehållare ingår i transportsystemet. Fordonen lastas genom att de backar in under en lastbärare med sin transportbehållare och lyfter hela lastenheten på hydraulisk väg.

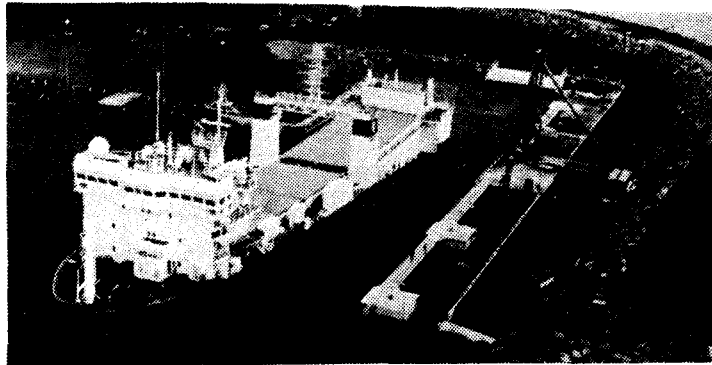
Transportbehållarna för bränsle utgörs av cylindrar tillverkade av tjockt stål och försedda med ett neutronsäkrande lager kylflänsar på ytan. Gavlarna skyddas av ett stötupptagande lager. Behållarna är konstruerade för att motstå extrema påfrestningar i enlighet med IAEAs bestämmelser för typ B-behållare. Under transport är behållarna monterade på en underliggande lastbärare, funktionellt anpassad till terminalfordon och fartygets lastrum.

Medelaktivt avfall transporteras i strålsäkrande avfallstransportbehållare, s k ATB-behållare. En vanlig typ rymmer ca 20 m³, motsvarande 12 betongkokiller med ytdosrat upp till 70 mSv/h. Det finns även större behållare med tunnare väggar för avfallskollin med lägre ytdosrat, ca 10 mSv/h. Behållarnas underredet är utformat på motsvarande sätt som lastbärarna för bränslebehållarna, vilket medför en enhetlig hantering. Totalvikten är max 120 ton varav avfallet utgör ca 50 ton. Behållarna uppfyller kraven IP-2 (Industrial Package Type 2) enligt IAEA:s transportbestämmelser.

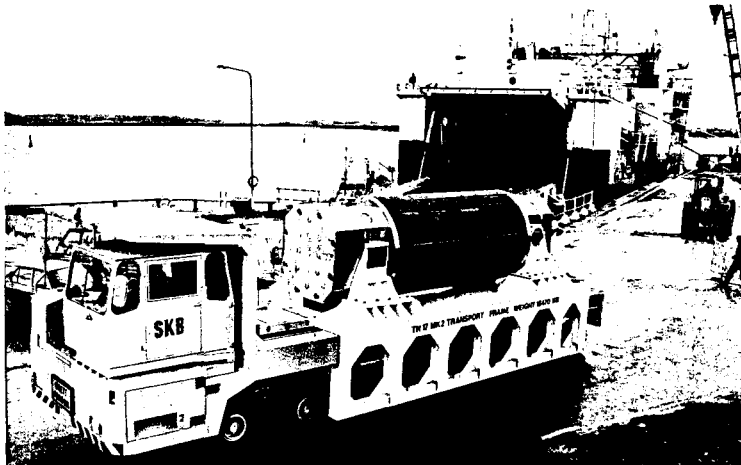
Lågaktivt avfall från drift och rivning avses transporteras i vanliga ISO-behållare (behållare enligt internationell standard) som medföljer i slutförvaret.

I transportsystemet ingår även en typ B-behållare kallad hårdkomponentbehållare. Denna är en förenklad bränsletransportflaska som med en plåtinsats (kassett) klarar alla transportbehov för högaktiva interna delar under driftperioden och kan även användas för rivningsavfall.

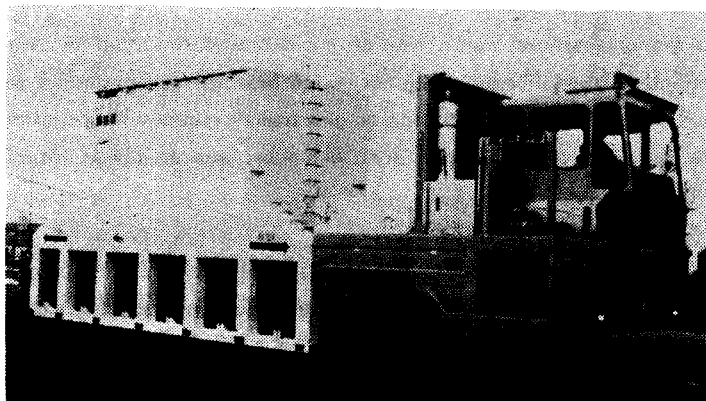
Transportsystemet kommer att vara i drift fram till och med att det sista rivningsavfallet från CLAB transporterats till SFL. Detta antas ske år 2048.



M/S Sigyn



Terminalfordon med transportbehållare
för använt bränsle (BTB)



Terminalfordon med transportbehållare
för medelaktivt avfall (ATB)

Figur 13 Transportsystemet

3.1.3 Transporternas genomförande

Transport av använt bränsle

Elproduktionen i kärnkraftverken har bedömts bli totalt ca 1960 TWh. Mängden bränsle som åtgår för denna elproduktion är ca 7800 ton uran varav ca 6000 ton från BWR-reaktorerna och ca 1800 ton från PWR-reaktorerna.

Huvuddelen av det använda bränslet kommer att mellanlagras i CLAB i ca 40 år och därefter direktdeponeras.

Upparbetning förutses för en begränsad mängd bränsle, ca 140 ton, hos BNFL (Sellafield) varifrån inget avfall återsänds. Ingen upparbetning planeras ske av svenskt bränsle hos Cogema. Det bränsle som redan levererats till Cogema (57 ton) har bytts mot ca 24 ton västtyskt MOX-bränsle. Detta medför att inget avfall från upparbetning behöver tas om hand och slutförvaras i Sverige.

Det transportsystem som beskrivits ovan har varit i drift sedan 1983 och har t o m årsskiftet 1988/89 transporterat 57 ton bränsle till Frankrike och ca 860 ton bränsle till CLAB samt 8 transporter med MOX-bränsle från Tyskland. Vidare har 18 transporter med Ågesta-bränsle till CLAB genomförts.

Transporterna till CLAB inleddes 1985 och beräknas pågå till fram emot 2014. Ca 250 tU kommer att transporteras årligen.

Transporter av använt bränsle från CLAB till slutförvaret, SFL2 kommer enligt nuvarande planer att pågå under tidsperioden 2020 till ca 2048. Transportarbetets omfattning blir beroende av lokaliseringen av slutförvaret.

Landtransporterna från kraftverken sker med hjälp av s k terminalfordon längs befintliga vägar till respektive hamn där ombordkörning på fartyget sker. Fordonet backas via akterrampen ombord på fartyget där lastenheten sätts ned i en av de fixa positionerna, och låses med hjälp av de fasta surringsanordningarna.

När samtliga lastenheter förts ombord på fartyget, kan fordonet antingen parkeras och surras på lastdäcket och medfölja sjötransporten, eller köra iland igen.

Vid ankomsten till CLAB i Simpevarp sker proceduren i omvänd ordning.

De transportbehållare för bränsle som för närvarande används - TN17/Mk2 - rymmer 17 BWR-element eller 7 PWR-element och har en totalvikt av ca 80 ton varav uranvikten utgör ca 3 ton. Transportfartyget kan lasta maximalt 10 behållare.

Behållarna är utformade så att de ger erforderligt strålskydd och utgör en läcktät barriär mellan det använda bränslet och omgivningen, såväl vid normal hantering som i samband med missöden och haveri. Behållarna är dessutom utformade så att bränslet erhåller erforderlig kylning. Behållarna är dimensionerade för transport av använt bränsle mindre än ett år efter uttag från reaktorn.

För transportererna från CLAB till slutförvaret förutses större behållare komma till användning.

Härdkomponenter och interna delar som suttit i eller nära reaktorkärnan hanteras och transporteras på sätt liknande det för använt bränsle.

Antalet enheter som skall transporteras volym i slutlager etc redovisas i bilaga 1.

Transport av driftavfall

Medelaktivt driftavfall, huvudsakligen filtermassor, förekommer solidifierat i betong eller bitumen. Behållarna kan antingen utgöras av betong- eller plåtkokiller, dvs kubformade enheter med sidolängden 1,2 m, eller av plåtfat, vanligen med standardmått, höjd 0,9 m och diameter 0,6 m. Även andra typer kollin är aktuella. Bland annat förekommer betongtankar för filtermassor med yttermått 3,3 x 1,3 x 2,3 m.

Driftavfallet lastas i olika behållartyper beroende på kollinas aktivitet. Skärmade avfallstransportbehållare, ATB finns för 16 kokiller (96 fat), 12 kokiller (48 fat) samt 3 betongtankar. En specialkonstruerad ATB för 4 kokiller (16 fat) har framtagits för Forsmarksverkets behov.

Landtransporterna från kraftverken samt från CLAB i Simpevarp sker på i princip samma sätt som beskrivits för bränslet, dock med den skillnaden att driftavfallet vid kraftverken placeras i transportbehållarna i särskilda lastningsstationer - terminaler.

Gods som anländer till SFR placeras tillfälligt i ett mellanlager, Terminalbyggnaden, som ligger ovan jord i anslutning till hamnen i Forsmark och inom SFR:s driftområde.

Lossning av fartyget och transport till mellanlagret sker i en följd med terminalfordon. Ett fordon finns alltid vid SFR och ett kan vid behov medfölja fartyget.

Även lågaktivt driftavfall planeras att sjötransporteras.

Nedtransporten från mellanlagret till själva bergförvaret går helt inom SFR:s driftområde. Transporten sker med terminalfordonet, som hämtar en lastenhet i mellanlagret och transporterar den via drifttunneln ned i förvaret. Nedtransport av lågaktivt avfall i behållare sker med truck och trailer. Beroende på behållarnas innehåll, ställes de av på skilda platser för urlastning.

Förvaret består av fyra typer av förvarsutrymmen - Siloförvar (Silo), Bergsal för medelaktivt avfall (BMA), Bergsal för betongtankar (BTF) samt Bergsal för lågaktivt avfall (BLA).

I Silo och BMA sker hela hanteringssekvensen från lossning av transportbehållarna till nedsättningen av kollina i förvaret automatiskt med fjärrstyrd lyftutrustning.

Inplacering av betongtankar samt behållare med lågaktivt avfall i BTF respektive i BLA sker med hjälp av gaffeltruck.

Vid Forsmarksverket sker lastningen av avfallskollin i avfalls-transportbehållaren och förflyttningen av denna från lastningsstationen på samma sätt som vid övriga verk. Terminalfordonet körs med sin last till SFR, där vidare hantering enligt ovan tar vid.

Eftersom ett terminalfordon kommer att vara stationerat vid SFR i Forsmark kan såväl transporter från verket som interna SFR-transporter göras under den tid fartyget ej befinner sig i Forsmark.

Transporter av låg- och medelaktivt driftavfall till SFR påbörjades 1988 och planeras pågå till framemot 2012.

Mängden driftavfall, antalet enheter som skall transporteras, volym i slutlager etc redovisas i bilaga 1.

Transport av rivningsavfall

Transport av rivningsavfall till SFR kommer att tillgå på i princip samma sätt som transport av driftavfall.

I huvudsak kan de typer av behållare som används för transport av driftavfall från kärnkraftverken även utnyttjas för transport av rivningsavfall.

Beroende på avfallets typ och aktivitet förutses behov av följande transportenheter:

- i B-behållare, hårdkomponentbehållare med kassett lastas reaktorernas interna delar och PWR-reaktortankarnas mittsektioner.
- i IP-2 behållare (20 m^3) lastas reaktortanksegment samt rör och apparater som kräver strålskärning.
- i halvhöjds ISO-behållare (15 m^3) lastas aktiv sand, aktiv betong och resterande rör och rördelar.
- i ISO-behållare (30 m^3) lastas resterande apparater och kontaminerad isolering.

Stora komponenter, t ex värmeväxlare och tankar, som inte ryms i befintliga transportbehållare kan i vissa fall lämpligen transporteras utan särskild förpackning. Dessa transporter blir av begränsad omfattning.

Mängden rivningsavfall antal enheter som skall transporteras, volym i slutlager etc redovisas i bilaga 1.

Det radioaktiva rivningsavfallet planeras bli slutförvarat i anslutning till SFR1, Slutförvaret för driftavfall, vid Forsmarks kärnkraftverk. För rivningsavfall kommer en utbyggnad att ske, SFR 3, bestående av fem bergsalar, se Figur 12. Fyra av bergsalarna är avsedda för det lågaktiva rivningsavfallet, som transporteras till SFR i standardbehållare eller som stora komponenter utan förpackning. Behållarna kommer inte att öppnas i SFR, utan de kommer liksom även de stora komponenterna att deponeras som enheter. Inplaceringen av behållarna i slutförvaret sker med gaffeltruck.

Den femte bergsalen är avsedd för medelaktivt avfall, som transporteras till SFR i IP-2-behållare. Denna bergsal innehåller en urlastningsposition, där behållarna öppnas, och ett antal betongtråg, i vilka avfallet placeras.

Även de interna delarna kan deponeras i SFR. Detta kräver ett speciellt utrymme för urlastning med hänsyn till den höga strålnivån.

Eventuellt kan en stor del av det lågaktiva avfallet komma att deponeras lokalt, t ex i de delar av reaktoranläggningen, som ligger under marknivån. Detta kommer att medföra att det totala transportbehovet reduceras.

Inaktivt avfall, som inte kan återanvändas kan då utnyttjas i första hand som utfyllnadsmaterial när kärnkraftsområdet återställs. Överskott kan deponeras på normal byggtipp.

3.2 Påverkan från osannolika händelser vad avser kärnteknisk verksamhet

Allmänt kan sägas att en osannolik händelse av allvarligare slag kommer att ge upphov till ökade avfallsmängder och aktivitetsnivåer och att det då i första hand är fråga om att dimensionera befintligt transportsystem till den uppkomna situationen. De principer efter vilka transportsystemen utformats och de grundläggande rutiner som normalt tillämpas vid transporter av radioaktivt avfall bedöms inte komma att påverkas av en sådan händelse.

3.3 Transporter av avfall från annan verksamhet

Radioaktivt avfall som produceras utanför kärnkraftverksamheten, inom industri, forskning, medicin etc., transporteras normalt med hjälp av konventionella transportmedel i enlighet med gällande transportbestämmelser.

Någon speciell transportutrustning för denna typ av avfall planeras för närvarande inte.

4. TRANSPORTER AV RADIOAKTIVT AVFALL I DANMARK

4.1 Bakgrund

Vid Risø-anläggningen i Danmark finns de två forskningsreaktorerna DR1 (2 kW) och DR3 (10 MW). Anläggningen inrymmer dessutom en hot-cell-anläggning, en behandlingsstation och ett mellanlager för radioaktivt avfall. Sedan anläggningen togs i bruk för drygt 30 år sedan har avfall från driften behandlats och lagrats inom området. Av den ackumulerade avfallsmängden härstammar ca 1/3 från andra danska brukare av radioaktiva ämnen eftersom Risø fungerar som central upplagringsplats för hela landet.

4.2 Transporter och transportutrustningar

4.2.1 Använt kärnbränsle

För närvarande företas en till två transporter om året av förbrukade bränsleelement av MTR-typ till utlandet för upparbetning. Dessutom förekommer transporter i samband med bestrålningsförsök i Halden-reaktorn i Norge.

Med anledning av övergång till låganrikat bränsle till försöksreaktorn förutses för de närmaste fem åren en liten minskning av antalet transporter av använt bränsle till upparbetning.

Bränsleelementen från bestrålningsförsöken i Halden-reaktorn kan eventuellt bli aktuella för transport till Risø inom det närmaste årtiondet. Därefter inom det därpå följande årtiondet kan det bli aktuellt att transportera dessa element tillsammans med andra, som nu befinner sig på Risø-anläggningen, utomlands för upparbetning.

Risø förfogar över egen utrustning för "on-site" transporter och sådana sker rutinmässigt mellan anläggningens olika enheter. Några speciella krav ställs härvid inte från transportsynpunkt, utöver vad som följer av karaktären av det som transporteras samt av behovet av anpassning av transportutrustningen till berörda anläggningar.

Externa transporter sker med hjälp av inhyrd utrustning. Även vissa tjänster inhyres i samband härmed.

4.2.2 Övrigt avfall

Lågaktivt avfall från sjukhus, laboratorier och industrier omhändertages genom utsläpp i avloppssystemet vid låga aktivitetsmängder eller genom transport till Risø för omhändertagande. Statens Institutt for Strålehygiene ansvarar för att transporter utföres på ett korrekt sätt. Strålkällor med större externstrålning transporteras normalt i originalbehållare för strålskärmning. Transporter av starka strålkällor till bestrålningsanläggningen sker cirka en gång per år i godkända typ B(U)-behållare.

5. TRANSPORTER AV RADIOAKTIVT AVFALL I NORGE

5.1 Bakgrund

I Norge transporteras huvudsakligen radioaktivt avfall som uppkommer vid driften av forskningsreaktorerna vid Institut for energiteknikk, IFE. Vid IFE:s Radiokemiska anläggning i Kjeller behandlas och lagras det låg- och medelaktiva avfallet från reaktorerna samt från isotopproduktionen och försöksverksamheten vid Institutet. Anläggningen mottager även avfall från externa brukare av radioaktiva ämnen.

Syftet med behandlingen är att överföra det radioaktiva avfallet till en form som medger en säker långtidslagring. Radiokemiska anläggningens byggnader används för tillfällig kontrollerad lagring av behandlat avfall.

Radiokemiska anläggningen uppfördes år 1959. 1977-78 byggdes en ny lagerbyggnad för radioaktivt avfall på Institutets område i Kjeller.

5.2 Transportsystem och utrustningar

I tabell 3 ges en översikt över de transportbehållare för avfall, komponenter och bestrålat bränsle som användes vid transport inom IFE:s område i Kjeller och i Halden och mellan Halden och Kjeller.

För transport av vattenhaltiga och organiska lösningar uppsamlade på flaskor användes läcka-täta stålbehållare. Om nödvändigt kan transporten företas i betongskärmade stålfat. För transport av fast laboratorieavfall (papper, plast, glas, metall etc), organiskt vätskeavfall i värmeculite, samt jonbytarmassor används fat för fast avfall.

Förbrukade jonbytarmassor från Haldenreaktors reningssystem sänds till Kjeller för behandling och lagring. För transporter användes en behållare av rostfritt stål, placerad inne i en specialbehållare med en 80 mm tjock blyskärm, Figur 14. Behållaren med lyftarrangemang är fastmonterad på en lastbil. Denna åtföljs under

transporterna av en följebil. Jonbytarmassan kan ha en specifik aktivitet på upp till 4 TBq/100 l (transportbehållarens volym). Transporttillstånd inhämtas från Statens institutt for strålehygiene (SIS) och transporterna sker i överensstämmelse med IAEA's transportbestämmelser.

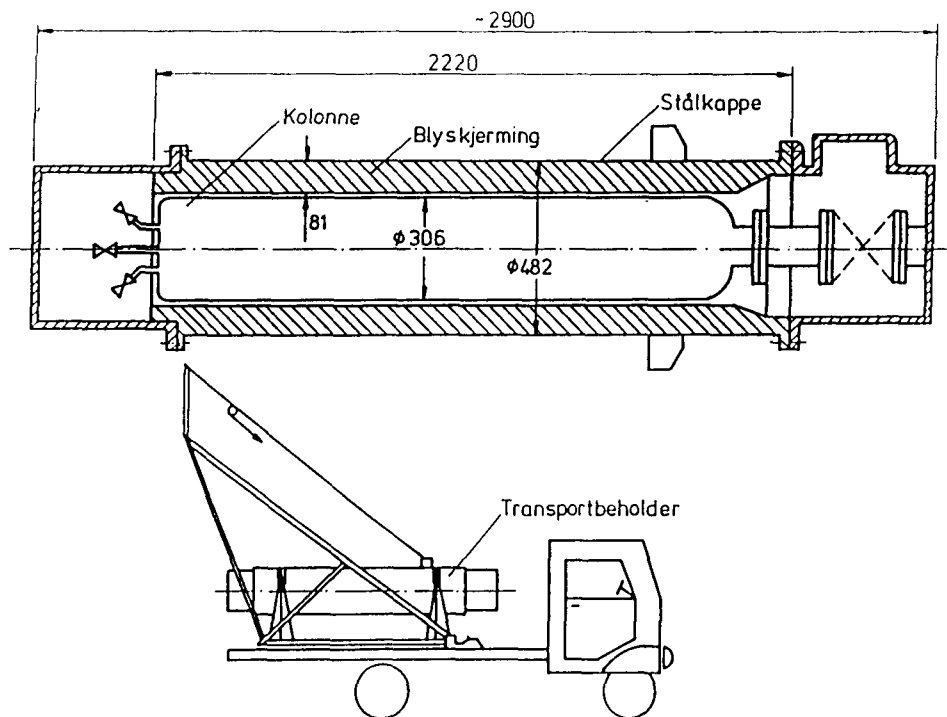


Fig 14 Beholder for transport av ionbyttmassa

Metalldelar från utbyte av bränsleelement samt mindre reaktorkomponenter ingjuts före transporten till Kjeller i betong och skärmas om nödvändigt med bly.

Laboratorieavfall (papper, plast, glas etc) som har en ytdosrat under 1 mSv/h packas i plastsäckar som transporteras i stålfat mellan Halden och Kjeller.

Transport av radioaktivt avfall till Kjeller från industri och institutioner företas normalt i ursprungsemballagen. Om nödvändigt ställer Institutttet emballage till förfogande.

TABELL 3. TRANSPORTBEHOLDERE FOR AVFALL, KOMPONENTER OG BESTRÅLT BRENSSEL

Beholder	Eier	Dimensjoner (mm)				Skjerming Bly ekvivalent mm	Kapasitet l	Vekt kg	Bruksområde
		diam.		lengde					
		innvend.	utvend.	innvend.	utvend.				
Beholder for flytende avfall	IFE, Kjeller	230	400	370	500	Dobbeltbeh. Ingen skjerming	18		Industri/Inst.
Beholder for fast avfall	IFE, Kjeller	310	390	460	570		30		Industri/Inst.
Beholder for 5 l glassflaske	IFE, Kjeller	197	200	392	395	Ingen skjerming	5		Internt IFE/Kj. Eksternt Industri/Inst.
Beholder for 25 l plastflaske	IFE, Kjeller	397	400	492	495		25		
Tønne for veskeavfall	IFE, Kjeller	305	574	358	880	Betong/ Jernmalm	10		Internt IFE/Kj.
Tønne for fast avfall	IFE, Kjeller	380	574	565	880	Betong	60		Internt IFE/Kj.
Tønne for metallavfall	IFE, Kjeller	200	574	630	880	Betong/Bly	20		Halden-Kjeller
Beholder, ionebyttermasse	HDWR	320	482	2000	3000	81	100	2500	Halden-Kjeller
Irradiation Container Flask Component Container	IFE, Kjeller	80	420	830	1260	165		2000	Halden/Kjeller
	HDWR	100	300	700	800	100		500	
Kjeller Flask	IFE, Kjeller	113	450	2250	3000	170		6000	Bestrålt brensel Halden-Kjeller
Mellomcoffin	IFE, Kjeller	150	670	1800	2665	260		9600	Bestrålt brensel Internt, Kjeller
Fuel transfer coffin	HDWR	113	550	5300	6100	200		9000	Bestrålt brensel Internt, R. Hall
Fuel transport coffin	HDWR	100	650	5050	5785	250		12000	Bestrålt brensel Internt, HDWR

5.3 Transporternas genomförande

5.3.1 Allmänt

Radioaktivt avfall från isotopproduktionen, reaktordriften och laboratorieverksamheten vid IFE/Kjeller transporteras rutinmässigt från respektive anläggning till Radiokemiska anläggningen.

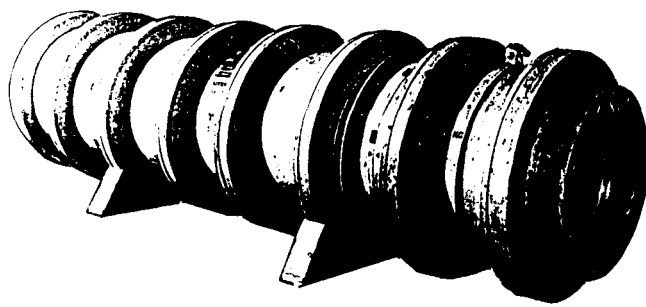
Bestrålat bränsle från JEEP II-reaktorn transporteras från lagerutrymmet i reaktorblocket till ett speciellt lager för bestrålat bränsle.

Radiokemiska anläggningens personal är ansvarig för insamling och rutinmässig transport av avfall innanför Institutets område i Kjeller. Vid transport av avfall med högre exponeringshastigheter än 1 mSv/h och när andra särskilda omständigheter föreligger skall Strålskyddsavdelningens godkännande föreligga innan transporten utföres.

Transport av radioaktivt avfall utanför IFE:s eget område i Kjeller omfattar diverse radioaktiva föremål och källor som industrin och institutioner efter avtal sänder till IFE för behandling och lagring vid Kjeller.

Vid Haldenreaktorn transporteras bestrålat bränsle från ett mellanlager i reaktorhallen till ett speciellt lager innanför Haldenreaktors område. Radioaktiva föremål transporteras från reaktorhallen till ett sekundärt mellanlager.

I samband med driften och forskningsverksamheten vid IFE:s reaktor i Halden (HBWR) företas även transporter av radioaktivt avfall för behandling och lagring i Kjeller. Avfallet utgöres normalt av använd jonbytarmassa och radioaktiva reaktorkomponenter. Från Haldenreaktorn transporteras också bestrålade bränsleelement/-stavar för undersökning vid laboratorierna i Kjeller. Transportbehållaren visas i Figur 15. Dessa bränsleelement/-stavar lagras efter undersökning i Kjeller eller returneras till respektive deltagarorganisation i HBWR:s internationella forskningsprogram.



- 1 Bestrålte bränselspinner
- 2 Primer beholder
- 3 Sekunder beholder
- 4 Blyskjerm
- 5 Stålskall
- 6 Termisk isolasjon
- 7 Toppløkk
- 8 Bunnløkk

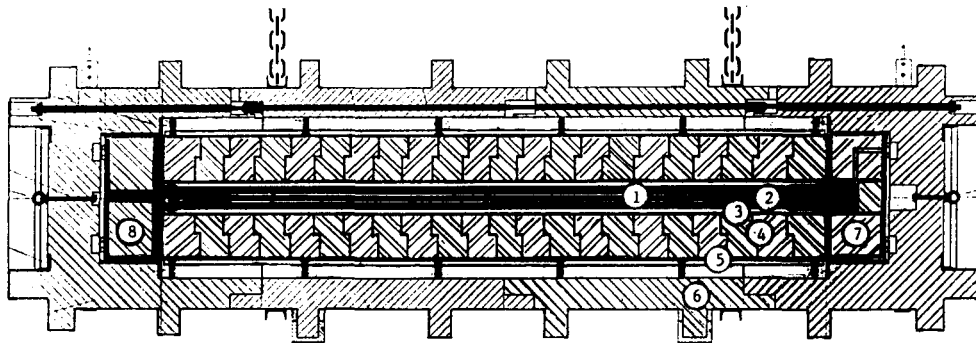


Fig 15 Kjeller Flask

Avfallstransporterna vid Haldenreaktorn övervakas och godkännes av Strålskyddsavdelningen vid IFE/Halden, liksom transporterna till Kjeller. Fordon som utför sådana transporter är märkta med varningsskylt enligt gällande bestämmelser och medför dessutom information om avfallens art, aktivitetsinnehåll m m samt besked om vem som skall larmas i händelse av att en olycka inträffar.

Vid transport av radioaktivt avfall följer man i Norge de internationella regler som bygger på IAEA's "Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials". Statens institutt for strålehygiene, SIS är tillsynsmyndighet för sådana transporter.

5.3.2 Transporter från Halden till Kjeller

Avfall från Halden-reaktorn transporteras till Kjeller-anläggningen för behandling och mellanlagring. Under åren 1980-1988 utfördes 13 transporter för 1300 l av medelaktiv jonbytarmassa med ett totalt aktivitetsinnehåll på ca 21 TBq. Dessutom genomfördes 23 transporter för ca 45 m³ fast lågaktivt driftavfall med ett totalt

aktivitetsinnehåll av 0,75 TBq. De dominerande nukliderna i dessa båda avfallskategorier utgöres av ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs och ^3H . I genomsnitt genomföres 4-5 biltransporter per år.

5.3.3 Transporter från övrig verksamhet

Från övrig verksamhet, det vill säga industri och näringsliv, sjukhus, försvar och forskningsinstitut, genomfördes under åren 1980-1988 ca 300 transporter med bil eller järnväg av radioaktivt avfall eller slutna strålkällor till Radiokemiska anläggningen vid Kjeller. Nuklidinnehållet kan vara till exempel ^{35}S , ^{210}Po , ^{60}Co , ^3H , ^{241}Am , ^{226}Ra och ^{14}C och avfallet/strålkällor blir processat och emballerat som övrigt avfall. Avfallsmängden för denna typ av avfall uppgår till ca 10 fat per år.

5.4 **Transportbehov**

5.4.1 Tillgänglig lagervolym

Mellanlagret för radioaktivt avfall vid Kjeller kommer att vara fyllt 1993 med nuvarande tillflöde. I ett uttalande från norska myndigheter per mars 1989 krävs att ett nytt slutdeponi måste vara klart innan 1993.

5.4.2 Transportmängd

Med hänsyn till en eventuell framtida deponering utanför IFE/Kjellerområdet ansättes transport/lagringsvolym till $700 \text{ l}/0,7 \text{ m}^3$ per fat. Vid en transport av fat och andra avfallsbehållare tillkommer behovet av extra strålskärmning. Man bör kunna utgå från att ett 200-litersfat kan placeras i ett 400 litersfat och att slutlagerutrymmet för ett 400-litersfat är 700 liter.

Transport av de omkring 1400 fat som i jan 1989 är lagrade i mellanlagret i Kjeller kommer att medföra ca 100 transporter med volymen $10 \text{ m}^3/\text{år}$ under de närmaste 10-15 åren. En totalöversikt över avfallsmängder i form av driftavfall, använt bränsle och rivningsavfall framgår av tabell 4.

Tabell 4

Låg- och medelaktivt avfall, använt bränsle och rivningsavfall till IAEA, steg 1, från forskningsreaktorer i Norge.

Avfallstyp	Antal behållare		Volym i m ³ i existerande lager	Använt bränsle	
	200 l fat	1 m ³ kokill		Bestrålat	Låg- och obestrålat
1. Låg- och medelaktivt driftavfall					
- Inomhuslagrat	1400			≤ 5	≤ 5
- Markdeponerat	1000			102	≤ 1
- Obehandlat och lagrat avfall och uranlösningar efter upparbetning	300	10		1070	
- Årlig ökning	80-100/år				
- Fat med ca 4 GBq	20/år				
- Fat med ca 200 GBq					
2. Använt bränsle					
- JEEP II			210	1000	
- HBWR			240	2000	7000
- JEEP I	90			2940	
- NORA	20			290	1490
3. Rivningsavfall					
- JEEP II	20				
- HBWR	400	10		≤ 1 kg	
- Metallurgiskt lab II	70	40			
Summa	3300	60	450	7408	8600
Slutdeponeringsmängd	2310	60	450	-	-

5.5 Sammanfattning

Transportbehovet för det låg- och medelaktiva driftavfallet, bränsleavfall och beräknat rivningsavfall till steg 1 i IAEA's nomenklatur, uppgår vid årsskiftet 1988/89 till ca 3000 m³. Detta skulle innebära ett behov av 300 transporter med 10 m³ vardera.

Med bibehållande av nuvarande nivå på verksamheten medför detta en tillkomst av driftavfall med 5-7 transporter på vardera 10 m³ per år under de närmste 10-15 åren. Någon beräkning av avfallsmängder och transportbehov vid fullständig avveckling enligt IAEA, steg 3, har inte utförts.

6. EN ÖVERSIKT ÖVER NÅGRA UTANFÖR NORDEN FÖREKOMMANDE BEHÅLLARE FÖR TRANSPORT OCH/ELLER LAGRING AV RADIOAKTIVT AVFALL

I detta avsnitt presenteras kortfattat några olika typer av behållare som användes utanför Norden för transport och/eller lagring av radioaktivt avfall. Redovisningen har begränsats till att omfatta de viktigaste europeiska länderna i sammanhanget, Tyskland, England och Frankrike.

Transportbehållare för drift- och rivningsavfall

I Tyskland pågår framtagning av avfallstransportbehållare för användning i slutförvaret i Konradgruvan. Som framgår av tabell 4 förutses användning av totalt 12 typer av avfallskollin till slutförvaret. Material, dimensioner och vikter framgår av tabellen. Den största behållaren LxBxH = 3200 x 2000 x 1700 mm bör även vara lämplig för skrymmande rivningsavfall. Dessa behållare är för hantering försedda med ISO-behållarbeslag i samtliga hörn. Maxvikten på 20 ton för enskilt avfallskolli bestäms av gruvhissens kapacitet och transporten med truck i gruvgångarna.

I England har framtagits förslag till ett begränsat antal standardiserade avfallsbehållare för LLW och ILW. Behållarna är avsedda att användas både för såväl driftavfall som för rivningsavfall. Förslaget framgår av nedanstående tabell som ingår i Uk Nirex Ltd artikel berörande "The Packing and Transport of Radioactive Waste", referens 5.

UK Nirex Ltd

TABLE 1
NIREX STANDARD WASTE CONTAINERS (1, 2)

	Dimensions (m) (Max external) L x W x H	Weight (te) (Max gross)	Main Application
<i>For Low Level Waste</i>			
a) 200 litre (nominal) drum	0.610 od x 0.863 high	0.75*	The normal container for operational wastes.
b) 3 m ³ (nominal) LLW box	2.15 x 1.5 x 1.3*	15*	For operational and decommissioning wastes unsuitable for 200 litre drum.
c) 60 tonne LLW box	4.0 x 2.4 x 1.85*	60	For large items of decommissioning waste.
<i>For Intermediate Level Waste</i>			
d) 500 litre (nominal) unshielded drum	0.800 od x 1.200 high	2	The normal container for ILW.
e) 3 m ³ (nominal) unshielded box	0.72 x 1.72 x 1.20	16	For wastes unsuitable for 500 litre drum.
f) 60 tonne self shielded box	4.0 x 2.4 x 1.85*	60	For large items of decommissioning wastes that meet LSA III transport requirements.

*Provisional dimensions or weights

Som framgår av tabellen föreslås tre behållartyper för LLW, 200-litersfat samt två behållare med 3 respektive 1,2 m³ nominell innervolym och med maxvikterna 25 respektive 60 ton. Den stora behållaren är i första hand avsedd för rivningsavfall och planeras utföras i stål eller betong, se figur 16 från referens 6.

För ILW föreslås även tre behållartyper, 500-litersfat plus två behållartyper, varav den större har samma ytterdimensioner som ILW-behållaren.

ILW inneslutet i 500-litersfat och 3 m³-behållare kommer att transporteras i en strålskärmande transportbehållare. Tjockleken på strålskärningen varierar mellan 70 till 300 mm. Totalvikten för dessa transportbehållare kommer att ligga mellan 20 till 70 ton.

Tre olika utformningar på den strålskärmande transportbehållaren har framtagits och utvärdering pågår. De olika förslagen framgår av figur 17. Koncept OR285 ger den lägsta totalvikten för behållaren och minsta antalet flänsbultar.

För transport av 200-litersfat med LLW kommer vanliga 20 ft ISO-behållare att användas. En 20 fot-behållare rymmer ca 60 fat.

Vikten på behållarna för rivningsavfall har begränsats till 60 ton för att de skall kunna transporteras på en normal 4-axlad järnvägs-vagn. Tidigare har behållare med vikter upp till 100-120 ton diskuterats, vilket skulle kräva en 8-axlad järnvägsvagn, vilka förekommer i begränsat antal.

Behållarnas bredd har begränsats till 2,4 m med hänsyn till transportprofilen för det engelska järnvägssystemet.

De behållare som planeras att användas för rivningsavfallet från Windscale AGR har dock något avvikande dimension, 2,34 x 2,21 x 2,18 m och med en ungefärlig maxvikt av 50 ton.

Med hänsyn till lokaliseringen av vissa kärnkraftverk i England kommer landsvägstransporter att behöva utnyttjas.

Totalvikten för lastbilar är begränsad till 38 ton i England, vilket medför att nyttolasten begränsas till ca 25 ton.

I Frankrike används 100- och 200-liters fat för lågaktivt fast avfall. Dessa transporteras till slutförvaret La Manche, där superkompaktering av faten sker före deponering. Skrymmande lågaktivt material transporteras även i ställådor med dimensionerna 1,7 x 1,7 x 1,7 m. Injektering av betong i dessa lådor sker när lådorna är placerade i slutförvaret.

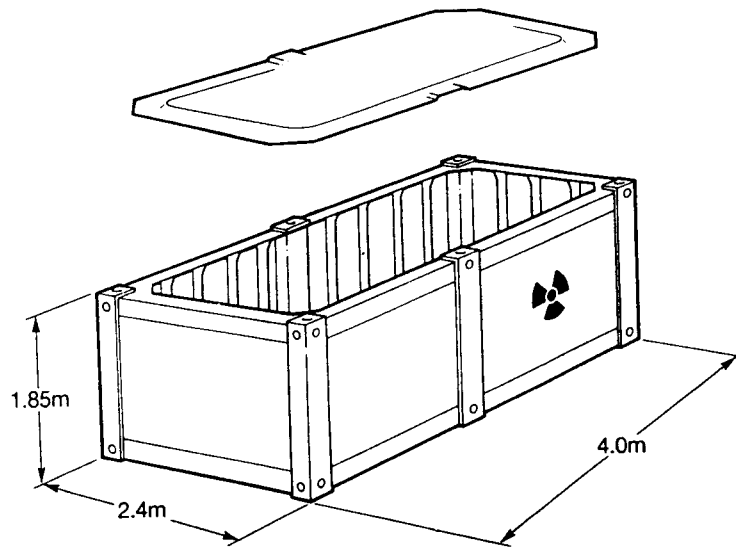
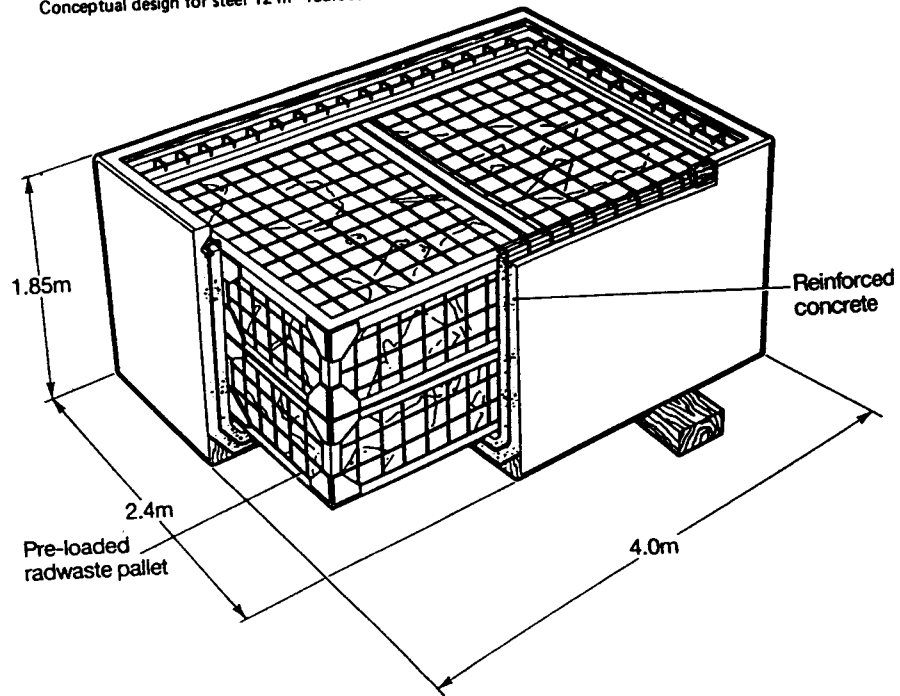
Driftavfall i form av jonbytarmassor och koncentrat gjuts in i strålskärmade cylindriska behållare, typ A-kollin. Dessa behållare slutdeponeras men utredningar pågår beträffande introduktion av återanvändbara behållare för att minska avfallskostnaderna.

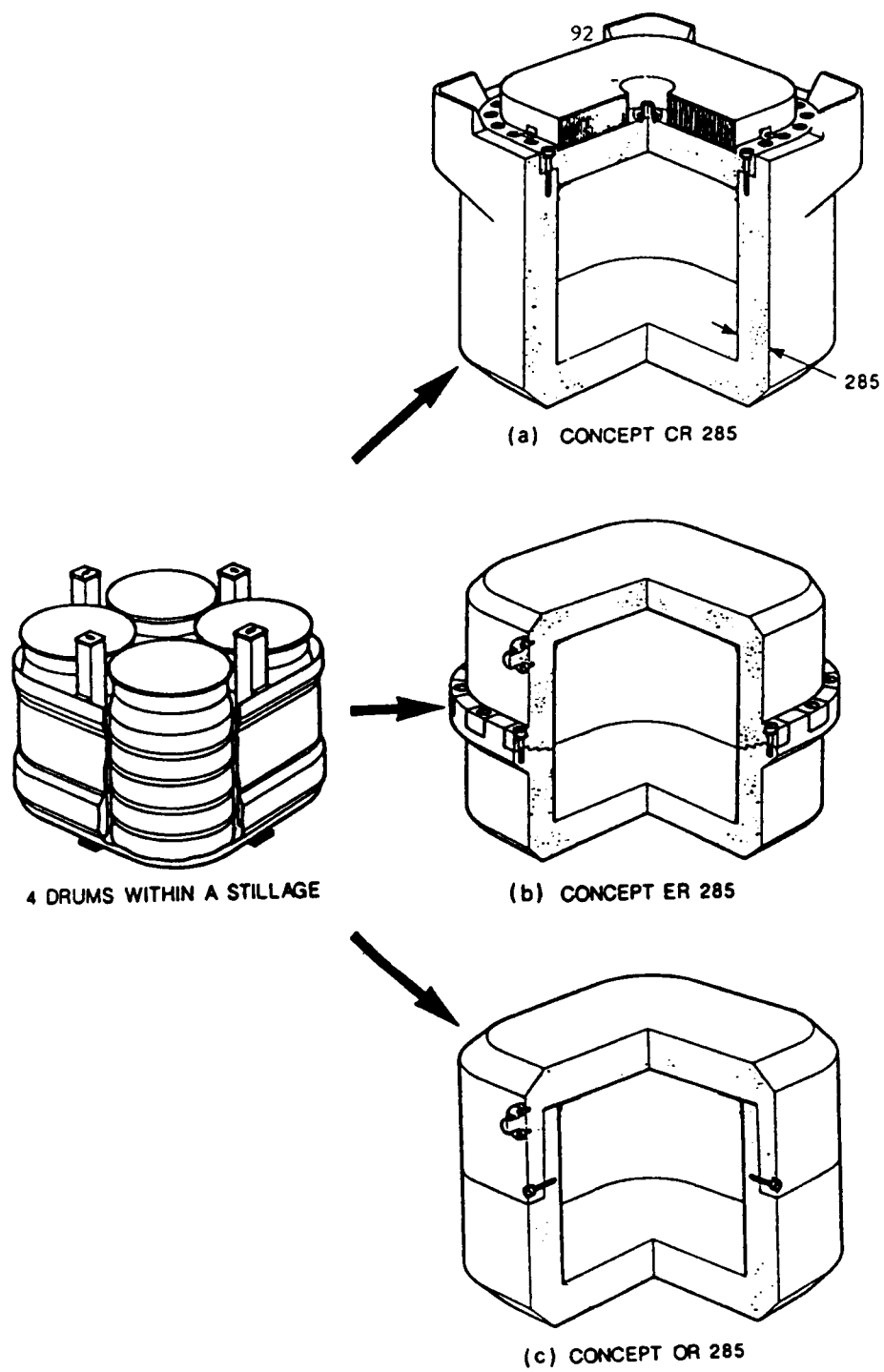
Reaktordetaljer som kräver stålskydd vid transporten till slutförvaret i La Manche transporteras i typ B-behållare.

TABELL 4

Nr.	Bezeichnung	Außenabmessungen			Brutto- volumen (m³)	Gebinde- masse (t)
		Länge/ Durchm. (mm)	Breite (mm)	Höhe (mm)		
01.	Betonbehälter Typ I	ø 1060	-	1370 ¹⁾	1,2	3 ... 4
02.	Betonbehälter Typ II	ø 1060	-	1510 ²⁾	1,3	ca. 3 ... 4
03.	Betonbehälter Typ III	ø 1400	-	2000	3,1	ca. 11 ... 16
04.	Gußbehälter Typ I	ø 900	-	1150	0,7	ca. 3 ... 6
05.	Gußbehälter Typ II	ø 1060	-	1500 ³⁾	1,3	ca. 7 ... 12
06.	Gußbehälter Typ III	ø 1000	-	1240	1,1	ca. 3 ... 6
07.	Container Typ I	1600	1700	1450 ⁴⁾	3,9	≤ 20
08.	Container Typ II	1600	1700	1700	4,6	≤ 20
09.	Container Typ III	3000	1700	1700	8,7	≤ 20
10.	Container Typ IV	3000	1700	1450 ⁴⁾	7,4	≤ 20
11.	Container Typ V	3200	2000	1700	10,9	≤ 20
12.	Container Typ VI	1600	2000	1700	5,4	≤ 20
¹⁾ Höhe 1370 mm + Lasche von 90 mm = 1460 mm ²⁾ Höhe 1510 mm + Lasche von 90 mm = 1600 mm ³⁾ Höhe 1370 mm beim Typ KKK ⁴⁾ Stapelhöhe 1400 mm beim Typ KKK						
Anlieferung von zylindrischen Beton- und Gußbehältern auf Palette. Containerwerkstoffe sind z. B. Stahlblech, armierter Beton oder Gußeisen mit Kugelgraphit.						
Tabelle II.2 2.9.1.2/1		Behälter für die Verpackung von radioaktiven Abfällen				

Figur 16

Conceptual design for steel 12 m³ radioactive waste boxConceptual design for concrete 12 m³ radioactive waste box



Figur 17 TRANSPORT CONTAINER CONCEPTS

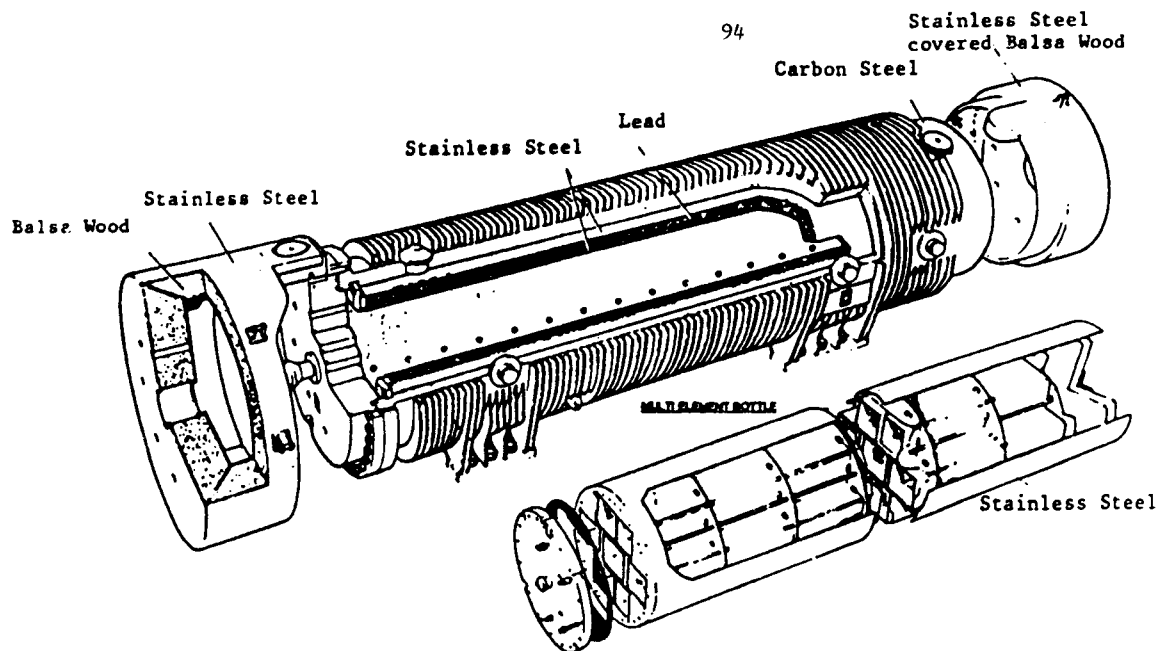
Transportbehållare för använt bränsle

Transporter av använt bränsle har under de senaste 15 åren dominerats av det multinationella företaget Nuclear Transport Limited, NTL, med hemmabas i Risley, England.

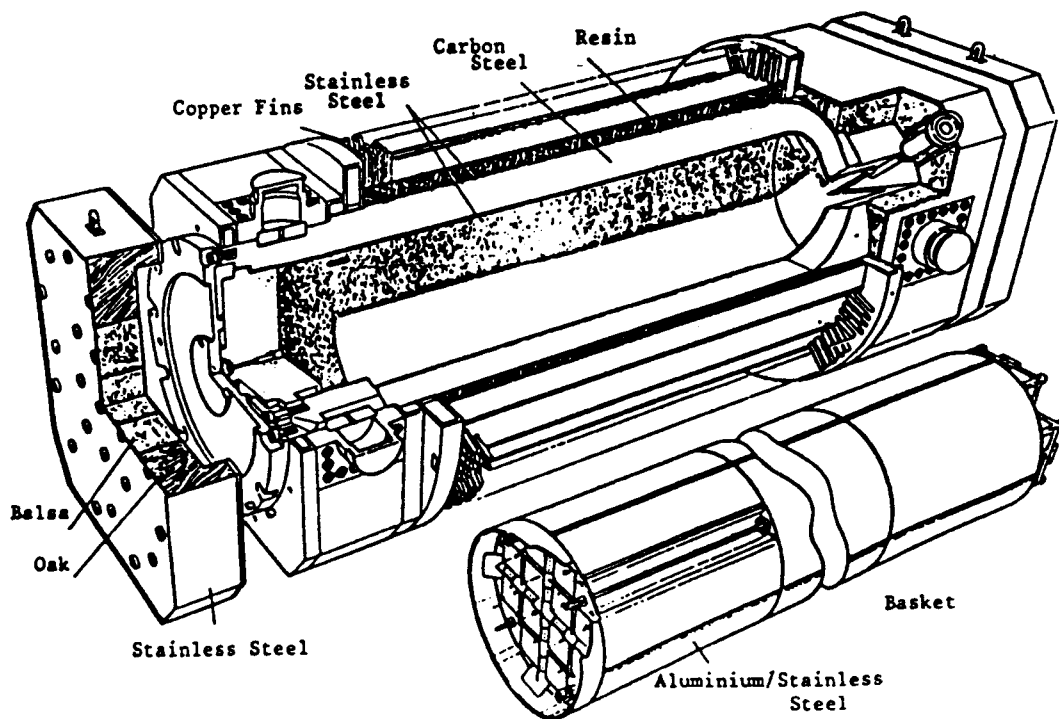
NTL ägs av BNFL, Pacific Nuclear Transport Limited och Cogema. Hitintills har ca 9000 ton av Magnox och LWR-bränsle transporterats från europeiska kraftindustrin och Japan till upparbetningsanläggningarna i Sellafield i England och La Hague i Frankrike. Aktuella behållartyper har antingen varit av TN-typ, utvecklad av antingen Transnuceleaire (TNP) i Frankrike eller Transnuclear GmbH i Västtyskland, eller av den så kallade "Excellox"-typen utvecklad av BNFL i England.

I samband med landsvägstransporter används behållare i storleken 30-50 ton, medan för järnvägs- och sjötransporter behållare upp till 110 ton används. Mängden transporterat uran varierar allt mellan 1 upp till 6 ton per behållare. För närvarande är ca 200 behållare av ovan nämnda typer i kommersiellt bruk.

I Figur 18 och 19 visas två aktuella behållartyper av den tyngre klassen, som används i Europa för såväl LWR- som Magnox-bränsle.

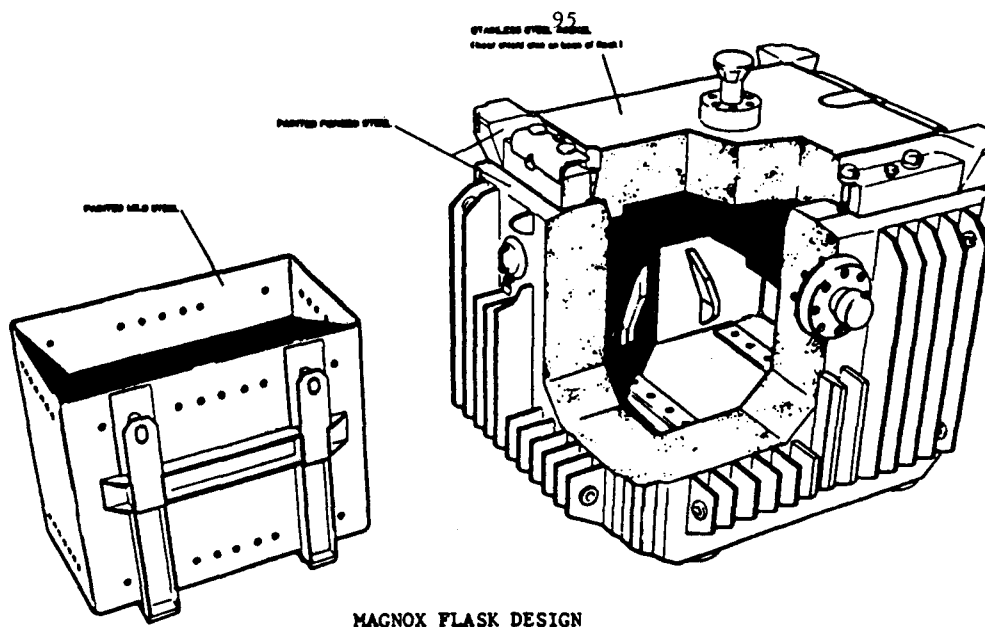


OXIDE FUEL FLASK (WET) - 'EXCELLOX' TYPE

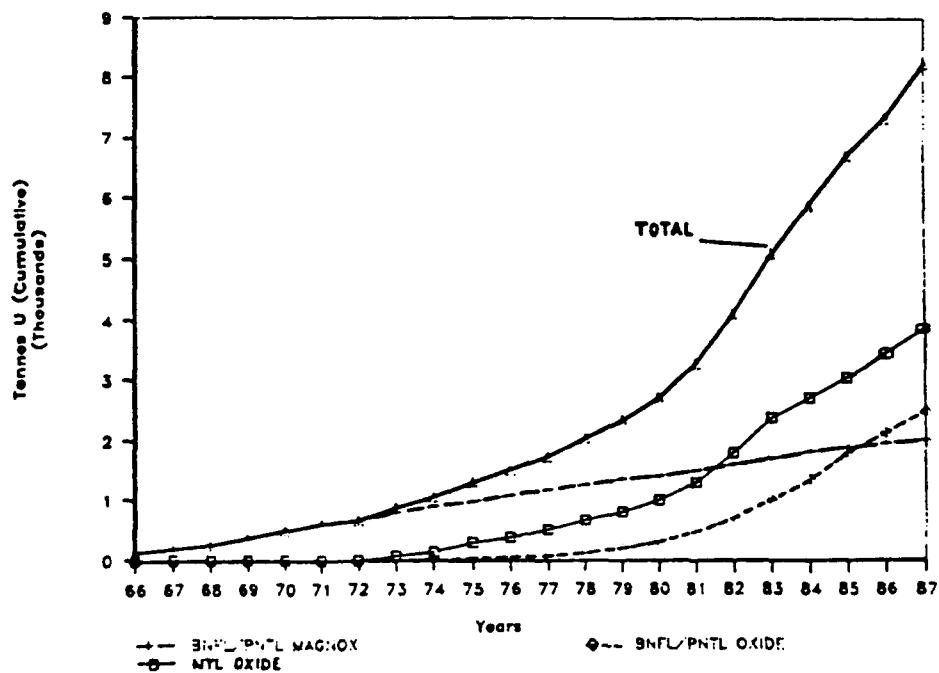


OXIDE FUEL FLASK (DRY) - TNpTYPE

Figur 18 Transportbehållare för LWR-bränsle



MAGNOX FLASK DESIGN



QUANTITIES OF FUEL TRANSPORTED

Figur 19 Transportbehållare för Magnox-bränsle

7. REFERENSER

1. NKA - 360 Transporter i samband med kärnbränslecykelns slutsteg. Delprojekt 365 - Nordiska transporter. Delrapport 1A. Inventering av radioaktivt avfall.
2. Svensk kärnbränslehantering AB, SKB. Kostnaden för kärnkraftens radioaktiva restprodukter, juni -88. Plan 88.
3. Svensk kärnbränslehantering AB, SKB. Kärnkraftens slutsteg. Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk. Maj 1986.
4. SKB. Slutförvar för reaktoravfall - SFR. Slutlig säkerhetsrapport, SFR1, 1987-09-30.
5. The Nuclear Engineer, Journal of the Institution of Nuclear Engineers, Volyme 29 No 2, March/April 1988; Special issue - UK Nirex Ltd.
6. The packing and transport of large items of intermediate and low-level decommissioning waste. I Brenned Nirex and G Holt, CEGB. Proceedings of International Conference - "Decommissioning of Major Radioactive Facilities", 11-12 Oct 1988 at I MechE, London, England.