

Ansökan enligt kärntekniklagen

Toppdokument

Begrepp och definitioner

Bilaga SR
Säkerhetsredovisning för slutförvaring av använt kärnbränsle

Bilaga SR-Drift
Säkerhetsredovisning för drift av slutförvarsanläggningen

Bilaga SR-Site
Redovisning av säkerhet efter förslutning av slutförvaret

Bilaga AV
Preliminär plan för avveckling

Bilaga VP
Verksamhet, organisation, ledning och styrning
Platsundersökningsskedet

Bilaga VU
Verksamhet, ledning och styrning
Uppförande av slutförvarsanläggningen

Bilaga PV
Platsval – lokalisering av slutförvaret för använt kärnbränsle

Bilaga MV
Metodval – utvärdering av strategier och system för att ta hand om använt kärnbränsle

Bilaga MKB
Miljökonsekvensbeskrivning

Bilaga AH
Verksamheten och de allmänna hänsynsreglerna

Kapitel 1
Introduktion

Kapitel 2
Förläggningsplats

Kapitel 3
Krav och konstruktionsförutsättningar

Kapitel 4
Kvalitetssäkring och anläggningens drift

Kapitel 5
Anläggnings- och funktionsbeskrivning

Kapitel 6
Radioaktiva ämnen i anläggningen

Kapitel 7
Strålskydd och strålskärning

Kapitel 8
Säkerhetsanalys

Repository production report

Design premises KBS-3V repository report

Spent fuel report

Canister production report

Buffer production report

Backfill production report

Closure production report

Underground opening construction report

└ Ramprogram för detaljundersökningar vid uppförande och drift

FEP report

Fuel and canister process report

Buffer, backfill and closure process report

Geosphere process report

Climate and climate related issues

Model summary report

Data report

Handling of future human actions

Radionuclide transport report

Biosphere analysis report

Site description of Forsmark (SDM-Site)

Comparative analysis of safety related site characteristics

Samrådsredogörelse

Metodik för miljökonsekvensbedömning

**Vattenverksamhet
Laxemar-Simpevarp**

**Vattenverksamhet i Forsmark I
Bortledning av grundvatten**

**Vattenverksamhet i Forsmark II
Verksamheter ovan mark**

Avstämning mot miljömål



Öppen
Rapport

DokumentID 1091132	Version 3.0	Status Godkänt	Reg nr	Sida 0 (13)
Författare Carl Sunde, Leif Spanier/Scandpower			Datum 2010-06-10	
Granskad av			Granskad datum	
Godkänd av Martina Sturek			Godkänd datum 2010-06-30	

Säkerhet Slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle - Allmän del (SR-drift) kapitel 7 – Strålskydd och strålskärmning


Genomförda granskningar

Följande granskningar är genomförda.

Rapport		
Allmän del (SR-drift) kapitel 7 – Strålskydd och strålskärmning (2006114-R-005)		
Utgåva	Granskning	SKBDoc id nr
U4	Sakgranskning	1194429
U4	Kvalitetsgranskning	1202175
U5	Sakgranskning	1220088
U5	Kvalitetsgranskning	1223095
U6	Sakgranskning	1242683
U6	Kvalitetsgranskning	1245700

Svensk Kärnbränslehantering AB

Box 925, 572 29 Oskarshamn
Besöksadress Gröndalsgatan 15
Telefon 0491-76 79 00 Fax 0491-76 79 30
www.skb.se
556175-2014 Säte Stockholm

Dokumenttyp/Type of document Rapport/Report				
Reg.nr./Reg.no. 2006114-R-005	Utgåva/edition U7			
Kund/Customer SKB	Kundref/Customers ref			
Datum/Date 2010-06-10				
Handläggare/Issued by Carl Sunde/Leif Spanier <i>Carl Sunde</i>		Totalt antal sidor/Total number of pages 12	Antal bilagor/Number of appendices -	
Granskad/ Reviewed Jerzy Grynblat <i>Jerzy Grynblat</i>		Godkänd/Approved Yvonne Adolfsson <i>Yvonne Adolfsson</i>		
Distribution/Distribution SKB via Martina Sturek				
Använda datorprogram/Programs used				

Säkerhetsredovisning för drift av slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle (SR-Drift) kapitel 7 – Strålskydd och strålskärmning

2006114-R-005_U7

Head office
Scandpower AB
Box 1288 (visiting address Englundavägen 13, Solna)
SE-172 25 Sundbyberg, SWEDEN
+ 46 8 445 21 00
Fax + 46 8 445 21 01

Local offices
Göteborg
Malmö

Vat number: SE-556515906701
www.scandpower.com
www.lr.org
www.riskspectrum.com
E-mail: info@scandpower.com

**Lloyd's
Register**

Revision list/Revisionsförteckning

Utgåva Rev.no.	Ändringsorsak/berörda sidor Alteration cause/Affected pages	Handläggare Altered by	Datum Date	Granskad Checked	Godkänd Approved
U1	Nytt dokument	LSP/CSU	2007-12-10	JGR	LES
U2	Hela dokumentet uppdaterat efter SKBs remisskommentarer. Se 2006114-M-040 för bemötande på remisskommentarerna.	LSP/CSU	2008-09-30	JGR	LES
U3	Dokumentet uppdaterat p g a uppdatering av referens [4]. Redaktionella ändringar i hela dokumentet.	LSP/CSU	2008-11-12	JGR	LES
U4	Dokumentet uppdaterat enligt beslut från PSG-möte, Dok ID 1194429, med undantag av Stefan Suveros 4:e kommentar om radonexponering där det refereras till AFS 2005:17 istället för ADI-486.	LSP	2009-03-06	JGR	LES
U5	Dokumentet uppdaterat i enlighet med SKB:s Typografianvisningar för externa konsulter, ver. 0.1. Avsnitt 2.2 och 2.3 flyttat till 2.4, avsnitt 2.4 flyttat till 2.3. Nytt avsnitt 2.2 tillkommit. Avsnitt 3 uppdelat i 3.1, 3.2 och 3.3. Referens 1 utgår. Dokumentet är uppdaterat efter samgranskning hos SKB och intern samgranskning hos Relcon Scandpower. Se granskningskommentarer och bemötande i 2006114-M-079. Dokumentet är uppdaterat efter samgranskning i enlighet med mötesprotokoll 2006114-P-20090907-08.	CSU/LSP	2009-09-11	JGR	YAD
U6	Dokumentet är justerat i enlighet med SKB:s granskningskommentarer, SKBdoc 1220088, v. 1.0 och 1223095, v. 1.0. Dokumentet också justerat i enlighet med RSRM:s interna samgranskning, 2006114-P-20091123-24.	CSU/LSP	2009-11-30	JGR	YAD
U7	Kommentarer från Instruktion inför uppdatering av SR-Drift, SKBdoc 1238388, v 2.0, inarbetade. Referenslista uppdaterad i enlighet med SKBdoc 1240567, v. 2.0. Rapporten även uppdaterad i enlighet med SKB:s granskningsmeddelande, SKBdoc 1242683, v. 1.0.	CSU/LSP	2010-06-10	JGR	YAD

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
2	Strålskydd inom slutförvarsanläggningen	4
2.1	Indelning i strålskyddsklasser	5
2.2	Strålskydd	6
2.3	Strålskärning	6
2.4	Strålningskällor	7
	2.4.1 Kapseln	7
	2.4.2 Naturlig radioaktivitet	7
	2.4.3 Källstyrka	8
2.5	Strålskärning inom slutförvarsanläggningen	8
2.6	Förväntad personaldos	9
3	Utsläpp av radioaktivitet till omgivningen under normal drift	10
3.1	Omgivningspåverkan från luftburen radioaktivitet	10
3.2	Omgivningspåverkan från vattenburen radioaktivitet	10
3.3	Kontroll av miljöpåverkan från radioaktivitetsutsläpp	10
4	Referenser	12

Beteckningar och förkortningar

Beteckningar och förkortningar finns i SR-Drift kapitel 1.

1 Inledning

Kapitel 7 i SR-Drift beskriver hur strålskyddskraven i SR-Drift kapitel 3 tillämpas på slutförvarsanläggningens strålskydd och strålskärning.

Det är ALARA-principen som ligger till grund för allt arbete med strålskydd i slutförvarsanläggningen. En diskussion kring ALARA-principen och BAT-principen och deras betydelse för strålskyddet i slutförvarsanläggningen finns i [1].

Krav på strålskydd finns i strålskyddslagen och i föreskrifter utgivna av Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM), se SR-Drift kapitel 3. Dessa är väsentligen baserade på regler utgivna av EU respektive rekommendationer från International Commission on Radiological Protection (ICRP). Kraven omfattar bland annat begränsning av stråldos till personal och omgivning. Det finns även krav på strålskydd i Arbetsmiljöverkets författningssamling och i miljöbalken. Ytterligare information om tillämpliga lagar och föreskrifter finns i [2].

Strålskyddet i slutförvarsanläggningen följer de principer och krav som gäller generellt inom SKB.

2 Strålskydd inom slutförvarsanläggningen

SSM:s regler för strålskydd begränsar den effektiva dosen (persondos) för hela kroppen vid radiologiskt arbete till 100 mSv under fem på varandra följande år. Det finns också kompletterande begränsningar per år vilka presenteras i tabell 2-1 [1].

Tabell 2-1. Dosgränser för personer i verksamhet med joniserande strålning.

Typ av dos	Högsta dos per år / mSv
Effektiv dos	50
Ekvivalent dos till ögats lins	150
Ekvivalent dos till hud	500
Ekvivalent dos till extremiteter	500

För att visa att slutförvarsanläggningen och arbetsmetoderna är utformade enligt ALARA sätts målvärden upp för person- och kollektivdoserna. Målvärde för doserna ska, om möjligt, vara lägre än vad som anges som gränsvärden i tabell 2-1.

För att specificera de radiologiska förhållandena i och tillgängligheten till olika utrymmen är dessa indelade i strålskyddsklasser med avseende på externstrålning. En konstruktionsstyrande förutsättning för kapseln är enligt SR-Drift kapitel 3 att den ska klara av alla händelser i klass H1 till H4 utan brott på kapseln. Det betyder att ingen belastning på kopparkapseln kan bli så stor att det uppstår en genomgående skada på kapseln vilken kan ge upphov till läckage av radioaktivt material. Detta verifieras genom hållfasthetsanalyser av kapseln, för olika belastningsfall. Reglering av luftburen radioaktivitet och radioaktiv kontaminering har därför inte inkluderats i utrymmesklassificeringen.

En viss mängd luftburen radioaktivitet och radioaktiv kontaminering finns i slutförvarsanläggningen på grund av den naturliga radioaktiviteten, främst från radon och dess döttrar. Detta hanteras på samma sätt som vid andra konventionella större berganläggningar, se vidare [3].

2.1 Indelning i strålskyddsklasser

Grovt indelas utrymmena i två olika områden, antingen i kontrollerat område, där det finns risk för extern strålning eller radioaktiv kontaminering, eller i skyddat område, där det finns mycket liten eller ingen risk för detta, se vidare avsnitt 5.3 i SR-Drift kapitel 3. Indelningen i kontrollerat område eller skyddat område baseras enbart på hur kapseln hanteras och möjlig strålningsnivå från denna.

Slutförvarsanläggningens inre driftområde utgör skyddat område förutom de utrymmen som utgör kontrollerat område enligt nedan.

Utrymmen inom kontrollerat område zonindelas beroende på förväntad nivå på extern strålning, ytkontamination eller luftkoncentration. Det finns tre nivåer beroende på radioaktivitets- och strålningsnivå. De betecknas med färgerna blå, gul respektive röd.

Kontrollerat område är indelat i radiologiska zoner som avspeglar dimensionerande strålningsnivåer på vilka konstruktion av strålskärmar byggs. Den maximala strålningsnivån som är tillåten inom respektive zon presenteras i tabell 2-2 [1].

Tabell 2-2. Zonindelning för kontrollerat område med avseende på strålningsnivåer.

Strålningstyp/zon	Blå	Gul	Röd
Extern strålning	< 0,025 mSv/h	0,025 – 1 mSv/h	> 1 mSv/h

För att erhålla en god kontroll över verksamheten och doserna till personalen utgör de anläggningsdelar inom vilka kapseln hanteras kontrollerat område.

Utrymmen där personal kommer att arbeta eller befinna sig under längre tider utgörs av skyddat område eller klassificeras som blå zon.

I kontrollerat område ingår följande utrymmen¹:

- Terminalbyggnaden, omlastningshallen och deponeringstunneln klassificeras som blå zon.
- När en kapseltransportbehållare (KTB) finns uppställd i terminalbyggnaden kommer utrymmet vid eller kring en KTB fylld med en kapsel att klassificeras som gul zon. När en KTB, fylld med en kapsel, finns uppställd på uppställningsplatsen i omlastningshallen kommer uppställningsplatsen att klassificeras som gul zon. Förutsättningar för KTB:n redovisas i [4].
- Omlastningsschaktet i omlastningshallen under omlastning och deponeringshålet under pågående deponering klassificeras som röd zon.

Inom anläggningen övervakas strålningsnivån av de olika utrymmena genom regelbundna dosratmätningar. Ändring av zonindelningen från den normala indelningen, enligt punktlistan ovan, kan och kommer att ske. Vid ändring av zonindelning av utrymmen upprättas avgränsningar av, dokumentation om och instruktioner för arbetet i de områden som fått ny zonindelning i enlighet med SSM:s föreskrifter.

Förflyttning av kapsel mellan terminalbyggnaden och omlastningshallen sker med kapseln i KTB:n. Förflyttning av kapseln mellan omlastningshallen och deponeringstunneln sker med kapseln i en strålskärmstub. All förflyttning av radioaktivt material (kapseln) mellan kontrollerade områden är styrd av instruktioner.

¹ När anläggningen tas i drift kommer utrymmena att strålskyddsklassas efter resultat från dosratmätningar.

2.2 Strålskydd

I strålskyddslagen finns bestämmelser angående skydd mot joniserande strålning. För att bedriva verksamhet med joniserande strålning krävs myndighetstillstånd. Tillsynsmyndighet är Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) som i samband med tillståndsgivning har till uppgift att meddela de villkor och föreskrifter som erfordras. Strålskyddsföreskrifter som är tillämpliga för slutförvarsanläggningen redovisas i SR-Drift kapitel 3.

SKB:s strålskyddsföreståndare ansvarar för övervakningen av att strålskyddsverksamheten inom slutförvarsanläggningen bedrivs enligt interna och externa krav.

För den operativa arbetsmiljöverksamheten inom slutförvarsanläggningen ansvarar anläggningschefen. Anläggningschefen tillsätter en resursgrupp som samordnar, granskar och utvecklar arbetsmiljön i anläggningen med avseende på fysiska arbetsmiljöfrågor inklusive strålskydd i enlighet med SKB:s och myndigheters krav.

Slutförvarsanläggningens organisation beskrivs mera utförligt i SR-Drift kapitel 4.

2.3 Strålskärning

Målet med konstruktionen av strålskärningarna är att sörja för skydd mot extern strålning från kapseln. Slutförvarsanläggningen är ur strålskyddssynpunkt konstruerad för normal drift och underhåll samt för missöden inom händelseklasserna H1 till H4. Målet är att den verkliga exponeringen av personalen under drift av slutförvarsanläggningen, inkluderande förväntade händelser (störningar), ska vara betydligt lägre än de dosgränser som anges i tabell 2-1. Principer vid konstruktionen med avseende på strålskyddet diskuteras i [2].

Strålskyddet är dimensionerat för att klara kravet i SR-Drift kapitel 3:

- Byggnader inom slutförvarsanläggningens område är konstruerade så att marken runt byggnaderna är skyddat område. Invid en byggnads väggar kan en högre strålnivå accepteras tre meter upp från marknivån om det normalt inte finns anledning för personer att vistas där. Speciell hänsyn ska tas om det finns höga byggnader i närheten där folk kan vistas och som kan utsättas för strålning. Motsvarande princip kan även vara aktuell i slutförvarsanläggningens undermarksdel. Dock måste speciell hänsyn tas till eventuell reflekterad strålning.
- Utrymmen som används frekvent är utförda så att de tillhör skyddat område eller skärmas så att de alltid har en blå klassificering.
- Slutförvarsanläggningen är utformad så att det är möjligt att ändra utläggningen av skyddat respektive kontrollerat område beroende på i vilken del av förvaret som deponeringen av kapslar pågår.
- Slutförvarsanläggningen är utformad så att det är möjligt att klassificera om utrymmen beroende på var deponering av kapslar pågår.
- Slutförvarsanläggningen är utformad och strålskärmar är konstruerade så att det är möjligt att flytta strålskärmar och avgränsningarna så att tillträdet till de utrymmen där deponering av kapslar pågår begränsas och den externa strålningen därifrån begränsas.
- Strålskärmar är utformade för skydd mot gamma- och neutronstrålning. Betastrålning från kapseln kan bortses från.
- Transportbehållaren för det inkapslade bränslet uppfyller IAEA-kraven för typ B behållare, det vill säga ytdosraten får ej överstiga 2 mSv/h och dosraten på 2 meters avstånd från

behållarens yta får ej överstiga 0,1 mSv/h (om hanteringen av transportbehållaren sker enligt "exclusive use"²).

- Ventilationen för färdigställda bergutrymmen är dimensionerad så att luftkoncentrationen av radon begränsas till 400 Bq/m³. I de utrymmen där det pågår bergarbeten begränsas radonexponeringen till 2,5 MBq/m³ per år. Detta motsvarar ett årsmedelvärde av radonkoncentration i luften på 1500 Bq/m³.
- Utrustning som hanterar radioaktiva ämnen är om möjligt konstruerad så att avståndsmanövrering är möjlig.
- Utrustning är konstruerad så att man kan åtgärda de problem som följer på störningar som förväntas inträffa under anläggningens drift.

2.4 Strålningskällor

Det finns två typer av strålkällor inom anläggningen:

- kapseln, se avsnitt 2.4.1
- naturlig radioaktivitet från berget, se avsnitt 2.4.2.

Det finns en liten risk att kapseltransportbehållaren kontamineras externt vid transporten från inkapslingsanläggningen till slutförvarsanläggningen då transporten kan ske med samma transportverktyg och fartyg som transporterar radioaktivt avfall och använt kärnbränsle från kärnkraftverken. För att säkerställa att sådan radioaktivitet inte sprids i anläggningen sker en kontroll av radioaktiv ytkontamination vid ankomst till anläggningen eller senast i anslutning till att kapseln flyttas till deponeringsmaskinen i omlastningshallen. Se vidare avsnitt 3.

2.4.1 Kapseln

Kapseln försluts i inkapslingsanläggningen, kontrolleras med avseende på bland annat ytkontaminering och rengörs vid behov. När kapseln lämnar inkapslingsanläggningen är den ren från ytkontamination och tät. Den transporteras till slutförvarsanläggningen för vidare hantering och deponering.

Den minsta mängd radioaktivitet som hanteras i slutförvarsanläggningen är den som finns i en kapsel. Kapseln är intakt under hela driftskedet och de radioaktiva ämnen som placerats i kapseln förblir inneslutna i kapseln. På grund av det radioaktiva sönderfallet av det använda kärnbränslet avtar dock radioaktiviteten i kapseln med tiden. Se vidare SR-Drift kapitel 6 avsnitt 4.1 för information om hanteringen av kapslar.

2.4.2 Naturlig radioaktivitet

I alla berganläggningar finns naturlig radioaktivitet främst i form av radon och dess sönderfallsprodukter, radondöttrar. Radon är löslig i vatten och transporteras med detta till tunnlar. Erfarenheten visar att radonhalterna i berganläggningar är högre om det sker bearbetning av berget i anläggningen än om ingen bearbetning utförs. I slutförvarsanläggningen sker brytning av nya tunnlar parallellt med deponering av kapslar under större delen av driftperioden.

² "Exclusive use" innebär att den som hanterar transportbehållaren ska ha full kontroll över transporten. Eftersom transportererna av kapseln genomförs med eget fartyg, egen personal och enligt fastställda instruktioner, innebär det att transportererna sker enligt definitionen för "exclusive use", se [4].

2.4.3 Källstyrka

I detta avsnitt beskrivs de dimensionerande källtermerna för kapsel respektive för radon som används vid stråldosuppskattningarna. Källtermen för kapseln används vid beräkningar av stråldoser vid hantering av kapseln i slutförvarsanläggningen. Källtermen för radon används vid beräkning av den stråldos som erhålls vid undermarksarbete i slutförvarsanläggningen. I undermarksarbeten ingår hanteringen av kapseln i slutförvarsanläggningen.

Kapsel

De olika typerna av kapslar som finns och detaljerad information om radioaktivitetsinnehållet i dessa redovisas i avsnitt 3 i SR-Drift kapitel 6. Den dimensionerande källtermen motsvaras av den kapsel som har störst radioaktivitetsinnehåll.

Radon

Källtermen för radon är svår att förutsäga innan arbete påbörjas med undermarksdelen. Erfarenheter från andra anläggningar, exempelvis Äspölaboratoriet, slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR) samt gruvor och liknande konventionella anläggningar, ger viss vägledning. I det enskilda fallet spelar dock flera faktorer avgörande roll såsom uranförekomst, sprickförekomst och vattenflöde i berget.

Gränsvärden för luftkoncentration av radon i inomhusutrymmen, där bland annat färdigställda bergutrymmen ingår, är 400 Bq/m^3 . I de utrymmen där det pågår bergarbeten är gränsvärdet för radonexponeringen $2,5 \text{ MBq/h/m}^3$ per år. Detta motsvarar ett årsmedelvärde av radonkoncentration i luften på 1500 Bq/m^3 . Dessa gränsvärden gäller enligt Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS) [5, 6].

I [3] har radonhalterna i slutförvarsanläggningen beräknats. Dessa halter är dock direkt beroende av hur mycket luft som ventileras ut ur förvaret. Det finns beräkningar gjorda för olika perioder av slutförvarsanläggningens driftskede. De siffror som redovisas nedan gäller dels då anläggningen bedöms vara i drift och ca 30 % av förvaret antas vara utbyggt och dels vid driftskedets slut. För att radonhalten ska understiga 1500 Bq/m^3 behövs vid 30 % utbyggnad ett totalt luftflöde för ventilationen på $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Vid driftskedets slut blir motsvarande luftflöden $14 \text{ m}^3/\text{s}$. Detta värde på luftflöde gäller vid den största möjliga radonhalten som kan uppnås i anläggningen. Det vill säga hög uranhalt i berget, hög radonhalt i inläckande vatten, och stort inläckage av grundvatten har antagits.

Totalt luftflöde som krävs för att radonhalten i hela förvaret ska understiga 400 Bq/m^3 är $45 \text{ m}^3/\text{s}$ vid 30 % utbyggnad och $52 \text{ m}^3/\text{s}$ vid driftskedets slut.

Luftflödet i ventilationssystemet är dimensionerat för betydligt större luftflöden än de som angivits ovan som minima flöden för att radonhalten ska understiga gränsvärdena enligt AFS. Se systembeskrivningen för Ventilationssystem för undermarksdel (system 9-744).

2.5 Strålskärmning inom slutförvarsanläggningen

Strålskärmningen inom slutförvarsanläggningen är dimensionerad så att de värden för stråldoser som anges i tabell 2-1 ej överstigs. För att verifiera att dessa gränsvärden ej överskrids upprättas en dosbudget för slutförvarsanläggningen där stråldosen till personalen uppskattas [7]. Vid uppskattning av den årliga stråldosen som olika arbetstagare kan få i verksamheten används de metoder som finns beskrivna i [1]. Eftersom det inte kommer att finnas någon frigjord radioaktivitet inom anläggningen, förutom det naturligt förekommande radonet med döttrar, vid normal drift eller vid händelser upp till händelseklass H4, behövs ingen uppskattning av strålningsnivån från frigjord radioaktivitet eller av intern kontaminering.

Följande information behövs för beräkningarna av stråldosen:

- detaljerad beskrivning av olika arbetsmoment
- bemanning
- strålningsnivåer

Detta gäller för normal drift med mindre driftstörningar (händelseklass H1.1–H1.2), dosbudget för dessa arbetsmoment redovisas nedan i avsnitt 2.6. I SR-Drift kapitel 3 beskrivs de olika händelseklasserna.

Dosbelastningen som en förväntad händelse (störningar), H2-händelse, ger upphov till, inklusive den planerade driften för hanteringen efter händelsen (delmängd av H1.3 med reversibel process, se SR-Drift kapitel 3), redovisas i [7].

När det gäller ej förväntade/osannolika händelser (missöden), H3/H4-händelser, redovisas ej den planerade driften efter händelserna (delmängd av H1.3 och H1.4) eftersom fullständiga arbetsmoment och rutiner ej finns framtagna. Vid eventuell uppkomst av en sådan händelse ska allt arbete avbrytas och planering av arbetsmoment samt strålskärning ska utföras. Vidare ska det upprättas en dosbudget för arbetsmomenten som kommer att behöva utföras. Detta ska sedan godkännas av SSM innan arbetet med hantering av händelsen kan påbörjas. Dosbelastningen vid själva händelserna redovisas i [7].

Stråldos från det naturligt förekommande radonet i berget begränsas genom ventilation av luften i slutförvarsanläggningen. Ventilationen har dimensionerats så att luftkoncentrationen av radon begränsas till 1500 Bq/m³ i de utrymmen där bergarbeten pågår och till 400 Bq/m³ i övriga utrymmen.

2.6 Förväntad personaldos

Den stråldos som redovisas i detta avsnitt är de kollektiv- och persondoser som kan erhållas under drift med mindre driftstörningar (H1.1–H1.2 händelser). De framräknade doserna inkluderar stråldosen från den naturliga bakgrundsstrålningen (stråldos från radon) som finns inom slutförvarsanläggningen. I [1] redovisas de metoder som använts vid beräkningarna av stråldosen. Detaljerade beräkningar av stråldoserna samt stråldoser för de enskilda H2 och H3/H4-händelser redovisas i [7].

I tabell 2-3 redovisas kollektiv- och persondoser vid hantering av en kapsel från det att den kommer till slutförvarsanläggningen tills den är deponerad (H1.1). Kollektiv- och persondoser vid hantering av en kapsel när en mindre driftstörning inträffar redovisas också i tabellen (H1.1 – H1.2). Mindre driftstörningar antas inträffa en gång på 750 deponerade kapslar, det vill säga en gång var femte år. Dessutom redovisas i samma tabell stråldosen för ett normalår inklusive mindre driftstörningar (H1.1 – H1.2) där 150 kapslar deponeras och en mindre driftstörning inträffar vid hantering av en av dessa kapslar. Förutsättningar och konservativa antaganden som använts vid beräkningarna finns redovisade i [7].

Tabell 2-3. Förväntad dosbelastning till personal för hela deponeringscykeln (H1.1–H1.2 händelser).

Arbetsmoment	Kollektivdos	Maximal persondos
Deponering av en kapsel (H1.1)	0,30 mmanSv/kapsel	0,08 mSv/kapsel
Deponering av en kapsel när en mindre driftstörning inträffar (H1.1 - H1.2). Detta antas inträffa en gång på 750 deponerade kapslar, d.v.s. en gång var 5 år.	0,40 mmSv/kapsel	0,10mSv/kapsel
Deponering under ett år vid normal drift med mindre driftstörningar (H1.1 – H1.2) (150 kapslar/år).	44 mmanSv/år	12 mSv/år

3 Utsläpp av radioaktivitet till omgivningen under normal drift

3.1 Omgivningspåverkan från luftburen radioaktivitet

Slutförvarsanläggningen ger inte någon luftburen aktivitet som härrör från det inkapslade bränslet. Däremot går radon från berget ut med ventilationsluften.

Radon tillförs förvaret genom avgång från bergets ytor, från krossat berg och från det grundvattnet som läcker in. I övervakningen av anläggningen ingår mätning av radon i olika utrymmen, vilket innebär att ventilationsflödet kan justeras vid behov.

Beräkningar gjorda i [3] visar att vid realistiska förhållanden kommer radontillskottet från slutförvarsanläggningen och från upplaget av krossat berg i närheten av anläggningen uppgå till mindre än 6 Bq/m^3 , vid en luftomsättning per timme i en antagen kontrollvolym av uteluften runt upplaget av krossat berg. Konservativa antaganden, enligt [3], leder till ett maximalt radontillskott till uteluften runt slutförvarsanläggningen på 28 Bq/m^3 . Detta kan jämföras med en normal ursprungshalt av radon i atmosfärsluft på 10 Bq/m^3 [3], och Boverkets gränsvärden för radon i inomhusluft på 200 Bq/m^3 [8]. Gränsvärden för utomhusluft saknas.

3.2 Omgivningspåverkan från vattenburen radioaktivitet

Vatten som släpps ut från anläggningen härrör huvudsakligen från berget. Kapseln med bränsle är inte kontaminerad och påverkar inte vattnet. Spolning utförs vid behov av transportfordon för att damm från transporten ska avlägsnas. Utsläppsvattnet innehåller främst ämnen från berget där även en viss mängd radon ingår plus vissa restprodukter från sprängning. Huvuddelen av radonet försvinner genom avluftning innan vattnet når utsläppsledningen.

3.3 Kontroll av miljöpåverkan från radioaktivitetsutsläpp

I anslutning till att kapseln ska flyttas från kapseltransportbehållaren till deponeringsmaskinens strålskärmsstub görs kontroller att det inte finns någon luftburen radioaktivitet eller radioaktiv kontamination i eller på kapseltransportbehållaren.

Kontrollerna görs med mätsystemen Aktivitetsmätning i vissa rum (system 9-555) och Bärbar aktivitetsmätutrustning (system 9-556).

Följande kontroller med avseende på radioaktivitet görs i omlastningshallen:

- Kapseltransportbehållarens in- och utsida kontrolleras med avseende på radioaktiv kontamination. Detta görs med strykprovstagning.
- Luften i kapseltransportbehållaren kontrolleras antingen genom mätning av luften i transportbehållaren i samband med att den öppnas eller genom mätning av luften i omlastningshallen.

Om kapseltransportbehållaren är kontaminerad på insidan returneras den tillsammans med kapseln till inkapslingsanläggningen. Om kapseltransportbehållaren är kontaminerad på utsidan rapporteras och hanteras detta i särskild ordning.

Hanteringens säkerställer att ingen fri radioaktivitet eller kontamination införs i anläggningen via transportutrustningen och transporten av kapseln. Det föreligger därmed inga förutsättningar för utsläpp av radioaktivitet från slutförvarsanläggningen på grund av hanteringen av kapseln.

Radioaktivitetsinnehållet på det vatten som pumpas ut från berggrum och tunnlar kontrolleras regelbundet dels för att övervaka utsläppet av radon och dels för att säkerställa att de konstruktionsstyrande kraven som gäller för kapseln uppfylls, det vill säga ingen radioaktivitet frigörs från kapseln, se SR-Drift kapitel 3. Detaljerad beskrivning av mätsystemet finns i systembeskrivningen för Provtagning och analys (system 9-336), se SR-Drift kapitel 5.

4 Referenser

Rapporter publicerade av SKB kan hämtas på www.skb.se/Publikationer och opublicerade dokument lämnas ut vid förfrågan till SKB:s mejladress dokument@skb.se

- [1] **SKB 2010.** Säkerhetsredovisning för drift av slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle (SR-drift) – Strålskydd – Dosbudget och ALARA-principen
Framtaget av Scandpower AB, 2006114-R-013, U8, SKBdoc 1091131, version 3.0
- [2] **SKB 2010.** Säkerhetsredovisning för drift av slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle (SR-drift) – Radiologiska principer
Framtaget av Scandpower 2006114-R-012, U6, SKBdoc 1072823, version 3.0
- [3] **SKB 2008.** Beräkning av radonhalter och radonavgång från ett slutförvar för använt kärnbränsle
SKB P-08-18, januari 2008
Svensk Kärnbränslehantering AB
- [4] **Transport av inkapslat bränsle till slutförvaring**
SKBdoc 1171993, version 2.0
Svensk Kärnbränslehantering AB
- [5] **Bergarbete, AFS 2003:2**
Arbetsmiljöverkets författningssamling
- [6] **Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar, AFS 2005:17**
Arbetsmiljöverkets författningssamling
- [7] **SKB 2010.** Säkerhetsredovisning för drift av slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle (SR-drift) – Uppskattning av stråldoser
Framtaget av Scandpower AB, 2006114-R-020, U4, SKBdoc 1179044, version 2.0
- [8] **Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (1993:57) – föreskrifter och allmänna råd**
BFS 2008:6, Boverkets författningssamling



Öppen Rapport

DokumentID 1171993	Version 3.0	Status Godkänt	Reg nr DT 396	Sida 1 (27)
Författare A Ekendahl, P Karnik, A Fritzell, P Dybeck			Datum 2010-07-12	
Granskad av Kerstin Blix (SG) Kerstin Blix (KG)			Granskad datum 2010-09-24 2010-09-24	
Godkänd av Ulrika Broman			Godkänd datum 2010-10-10	

Transport av inkapslat bränsle till slutförvaring i Forsmark

Sammanfattning

I denna rapport beskrivs hur transporter av inkapslat bränsle från inkapslingsanläggningen i Simpevarp till slutförvaret i Forsmark är planerade att genomföras. I rapporten beskrivs förutsättningar och krav för transportererna, transportsystemet och den utrustning som ska användas, samt säkerheten vid transporter.

Kapseltransporterna kommer att implementeras i befintligt transportsystem (transport av använt kärnbränsle till Clab och transport av radioaktivt avfall till SFR), som varit i drift sedan 1980-talet. Kapslarna ska transporteras sjövägen från inkapslingsanläggningen till slutförvaret. Nya transportbehållare för kapslar behöver införskaffas. Licensiering av dessa transportbehållare samt ansökan om att få transportera inkapslat bränsle kommer att hanteras via särskilda ansökningar till SSM i god tid innan första transport.

Revisionsförteckning

Version	Datum	Revideringen omfattar	Utförd av	Granskad	Godkänd
3.0	Enl sidhuvud	Inarbetning av kommentarer från samgranskning		Kerstin Blix	Ulrika Broman
2.0	2010-01-27	Platsspecifik version efter platsval Forsmark.	Ann-Mari Ekendahl	Kerstin Blix	Ulrika Broman
1.0	2008-10-31	Ny utgåva	A Ekendahl, P Karnik, A Fritzell, P Dybeck	Enl gran- och svarsmeddelande 1180702 resp 1181809	Ulrika Broman

Innehåll

1	Inledning	3
1.1	SKB:s utgångspunkter beträffande transporterna	3
1.2	Rapportens struktur	4
2	Förutsättningar och krav	4
2.1	Grundläggande principer	4
2.2	Lagar och föreskrifter	6
2.3	Myndighetstillstånd	7
2.4	Krav på transportbehållare	7
2.5	Krav rörande strålning och strålskydd	9
2.6	Krav på kärnämneskontroll och fysiskt skydd	10
3	Transportsystemet	10
3.1	Transportsystemets uppgifter	10
3.2	Transportprocessen	11
3.3	Transportvägar	14
3.4	Transportplanering	14
3.5	Transportorganisation	15
3.6	Strålskydd under transport	16
3.7	Övervakning och rapportering	16
4	Utrustning i transportsystemet för kapslar	17
4.1	Transportbehållare	17
4.2	Behov av uppställningsplatser	20
4.3	Lastbärare och fordon	21
4.4	Lyft- och hanteringsutrustning	22
4.5	Fartyg	22
4.6	Modernisering och ersättning av utrustning	23
5	Säkerhet vid störningar och missöden	23
5.1	Allmänt	23
5.2	Störningar	24
5.3	Missöden	25

1 Inledning

Rapporten innehåller en beskrivning av transportsystemet för inkapslat använt kärnbränsle. Rapportens mål är att ge den överblick över de planerade transporterna av kapslar som behövs för förståelsen av hela KBS-3-systemet.

Rapporten beskriver SKB:s planer för kapseltransporterna såsom de ser ut idag. Teknikutveckling, nya myndighetsföreskrifter och annan påverkan kan göra att transporterna inte kommer att utföras exakt så som de är beskrivna här, därför ska rapporten inte användas för detaljstudier utan för att ge en helhetsbild av transportverksamheten mellan inkapslingsanläggning och slutförvarsanläggning.

Inkapslingsanläggningen planeras att byggas i Oskarshamn (Simpevarp) i anslutning till Clab (Centralt mellanlager för använt kärnbränsle) och integreras med Clab till en gemensam anläggning.

Vald plats för slutförvarsanläggningen för det inkapslade kärnbränslet är Forsmark, inte långt från befintligt kärnkraftverk och SKB:s slutförvar för kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall (SFR).

Transporter av icke radioaktivt gods under bygg- och driftskede av inkapslingsanläggning och slutförvarsanläggning beskrivs inte i rapporten.

Slutförvarsanläggningen för använt kärnbränsle benämns i denna rapport ”slutförvarsanläggningen”.

1.1 SKB:s utgångspunkter beträffande transporterna

Transportsystemets uppgift är att transportera de färdiga kapslarna från inkapslingsanläggningen till slutförvarsanläggningen för använt kärnbränsle på ett sådant sätt att inga skador uppkommer, vare sig i form av påverkan på omgivning och personal eller i form av försämring av själva kapseln.

Vid transport av radioaktivt gods krävs myndighetstillstånd enligt kärntekniklagen och strålskyddslagen. Tillståndsgivande myndighet när det gäller kärnämne och radioaktivt avfall är Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM).

För att SKB:s transportsystem som helhet ska vara så effektivt som möjligt, och därigenom minimera belastningen på miljö och ekonomi, integreras de nya transporterna av kapslar i det befintliga systemet för transport av radioaktivt avfall och använt bränsle. Genom att samplanera transporter av kapslar med det befintliga systemet kan logistiken optimeras.

Kapseltransportsystemet utgörs av både utrustning, organisation och rutiner, och planeras till stor del utnyttja de beståndsdelar som finns i dagens transportsystem. En närmare beskrivning av transporterna av använt kärnbränsle till Clab och radioaktivt driftavfall till SFR, liksom av de rutiner och regler som tillämpas i dagens system, finns i säkerhetsrapporten för transportsystemet.

1.2 Rapportens struktur

Kapitel 1	<i>Inledning</i> (detta kapitel).
Kapitel 2	<i>Förutsättningar och krav</i> Här redogörs för de krav och principer som ligger till grund för transport- utrustningens utförande och transporternas genomförande.
Kapitel 3	<i>Transportsystemet</i> Detta kapitel redogör för transportsystemets uppgifter och funktion när kapslar transporteras till slutförvarsanläggningen.
Kapitel 4	<i>Utrustning i transportsystemet för kapslar</i> En beskrivning ges av komponenter som ingår i det planerade transportsystemet.
Kapitel 5	<i>Säkerhet vid störningar och missöden</i> I kapitlet beskrivs transportsystemets respons vid onormal påverkan.

2 Förutsättningar och krav

2.1 Grundläggande principer

2.1.1 Säkerhetsprinciper

I enlighet med internationellt accepterade grundläggande säkerhetsmål för kärnteknisk verksamhet ska transportsystemets utformning vara sådant att:

- människor, samhälle och miljö skyddas mot skador genom flerfaldiga barriärer och upprätthållande av ett effektivt djupförsvar mot radiologiska olyckor,
- den joniserande strålningens påverkan på människor och miljö begränsas i hela transportkedjan så långt det är möjligt.

Med hänsyn tagen både till säkerhetskrav och till strävan efter minsta möjliga inverkan på omgivningen, ska transportsystemet utformas med bästa möjliga teknik för att motverka att verksamheten medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön.

Grundprincipen för den radiologiska säkerheten uttrycks i begreppet ”djupförsvar”. Djupförsvaret utgår från principen att om fel skulle inträffa både på teknisk utrustning och i de mänskliga aktiviteterna att konstruera, bygga och driva systemet ska säkerheten ändå vara tillgodosedd. Strävan ska vara att finna robusta lösningar med tydliga marginaler med överskådliga, enkla och förutsägbara lösningar. Systemet ska i sin grundkonstruktion ha flerfaldiga barriärer mot utsläpp av radioaktivt material. Övriga säkerhetsprinciper syftar till att säkerställa djupförsvaret, skydda barriärerna och lindra konsekvenserna av händelser som utmanar barriärerna.

Viktiga generella förutsättningar för att kunna uppnå och vidmakthålla ett effektivt djupförsvar är att en ändamålsenlig organisation och ett effektivt system tillämpas för ledning, styrning och uppföljning av verksamheten. I djupförsvaret tillämpas olika antal och typer av tekniska system, operationella åtgärder och administrativa rutiner för att skydda barriärerna och vidmakthålla deras effektivitet under normala betingelser såväl som vid störningar och missöden. Om en olycka ändå inträffar ska förberedda åtgärder finnas i avsikt att bedöma, begränsa och lindra eventuella konsekvenser.

2.1.2 Barriärer och säkerhetsfunktioner

För att uppnå erforderlig skyddsnivå ska systemet vara utrustat med barriärer vars syfte är att innesluta radioaktiva ämnen. Om en barriär bryts ska nästa barriär ta vid. Barriärerna ska vara passiva och deras integritet kan skyddas av barriärskyddande funktioner, även benämnda grundläggande säkerhetsfunktioner. Barriärerna i transportsystemet utgörs av:

1. Kopparkapseln, som är konstruerad att vara resistent mot yttre påverkan under extremt långa tidsperioder. För att kopparkapseln ska klara stora belastningar har den försetts med en insats av gjutjärn.
2. Kapseltransportbehållare (KTB), som är konstruerad att motstå de påkänningar den kan utsättas för och härvid ha en verifierad hållbarhet och täthet, även mot extrem yttre påverkan.

Kopparkapseln är på utsidan fri från radioaktiva ämnen och skulle därför inte fordra ett ytterligare emballage för att hindra spridning av radioaktivitet. Kapseltransportbehållarens främsta uppgift vid normal drift är att utgöra en strålskärm, medan dess funktion som en robust skyddsbarriär fordras vid missödessituationer.

I kapseln placeras bränsleelementen med dess två ursprungliga aktivitetsbarriärer, bränslekuts och -kapsling. Dessa två aktivitetsbarriärer, tillgodoräknas inte så snart kopparkapseln har förslutits och behandlas därför inte i detta sammanhang.

2.1.3 Övriga villkor och förutsättningar för transportsystemet

En utgångspunkt är att kapseltransportsystemet ska bygga på beprövad teknik och tillvarata erfarenheter från nuvarande verksamhet. Det är därför naturligt att transportsystemet för kapslar har sina utgångspunkter i SKB:s nuvarande transportsystem för använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Infrastruktur, generiska system och grundläggande säkerhetsfilosofi planeras så långt detta är rimligt därför vara detsamma vid transport av kapslar som vid transport av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. SKB är idag certifierat enligt ISO 9001 och 14001. Motsvarande krav ställs på de leverantörer, entreprenörer och anläggningar vilkas personal kontrakteras för delar av det praktiska genomförandet av transportererna.

Transportkapaciteten ska dimensioneras för att minst motsvara den planerade (nominella) deponeringstakten i slutförvarsanläggningen. Kapaciteten ska finnas så länge behov av kapseltransporter finns.

Kapseltransportbehållaren licensieras för att kunna transporteras på allmänna vägar. Vägar och eventuella broar måste således klara ekipagets totalvikt och axeltryck. Några ytterligare krav ställs inte på transportvägarna.

2.2 Lagar och föreskrifter

2.2.1 Lagar och förordningar

Det finns såväl internationella rekommendationer och överenskommelser som nationella lagar och bestämmelser för transport av farligt gods, dit radioaktiva ämnen räknas. Tillämpliga svenska lagar och förordningar när det gäller transporter av radioaktivt gods är idag:

- Lagen (1984:3) om Kärnteknisk Verksamhet
- Kärnteknikförordningen (1984:14)

- Strålskyddslagen (1988:220)
- Strålskyddsförordningen (1988:293)

- Lagen (2006:263) om transport av farligt gods
- Förordningen (2006:311) om transport av farligt gods

- Miljöbalken (1998:808)

2.2.2 IAEA:s Transportbestämmelser

FN:s internationella atomenergiorgan, IAEA, har utfärdat transportrekommendationer "Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material", Safety Requirements No.TS-R-1. Dessa har utvecklats i samråd med och godkänts av medlemsländerna, däribland Sverige. IAEA:s rekommendationer ligger till grund för nationella transportbestämmelser.

Syftet med transportbestämmelserna är att garantera en tillräckligt hög säkerhet mot skadlig påverkan på personer, egendom och miljö förknippad med transport av radioaktivt material, och de tillämpas på alla led såsom lastning, transport, lossning och tillfällig uppställning.

Huvudpunkterna vid transport av radioaktivt material enligt IAEA:s transportrekommendationer är följande:

- Minimikrav på transportbehållartyp beroende på godsets fysikaliska form, kemiska sammansättning samt aktivitetsinnehåll.
- Regler beträffande högsta tillåtna strålningsnivåer utanpå behållare och fordon.
- Märkning och klassificering avseende strålningsnivå.
- Regler för hantering, stuvning och samlastning med annat gods.
- Strålskyddsprogram ska finnas.
- Checklistor för åtgärder i händelse av olycka ska finnas.
- Krav på innehåll i transporthandlingar.

2.2.3 Tillämpliga internationella och svenska föreskrifter

Det finns internationella bestämmelser för transporter av farligt gods till sjöss, till lands, med järnväg och med flyg, samt motsvarande svenska bestämmelser.

För landtransporter gäller föreskrift från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap om transport av farligt gods på väg och i terräng, ADR-S (MSBFS 2009:2). Denna föreskrift är i sin tur baserad på ADR, "Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route", en europeisk överenskommelse om internationell väg- och terrängtransport av farligt gods.

För sjötransporter gäller Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2009:91) om transport till sjöss av förpackat farligt gods och den så kallade IMDG-koden (International Maritime Dangerous Goods Code). IMDG-koden är internationella föreskrifter som reglerar transport av farligt gods till sjöss och ges ut av FN-organet IMO i London.

Vidare är INF-koden, TSFS 2009:49, "Säker fartygstransport av bestrålat kärnbränsle, plutonium och högaktivt radioaktivt avfall i förpackad form" tillämplig på SKB:s fartyg.

2.3 Myndighetstillstånd

Vid transport av radioaktivt gods krävs myndighetstillstånd enligt kärntekniklagen och strålskyddslagen. Tillståndsgivande myndighet när det gäller kärnämne och radioaktivt avfall är Strålsäkerhetsmyndigheten. Med tillstånden följer villkor för att transporter ska få utföras, exempelvis att föranmälan av transporter ska göras och att det transporterade godsets egenskaper ligger inom uppställda gränsvärden.

De tillstånd som behövs för att transportera kärnämne eller kärnavfall är av två huvudtyper:

- Tillstånd för att med det aktuella transportsystemet utföra transporter av kärnämne/kärnavfall.
- Godkännande av att ett visst slags gods får transporteras, till exempel transportbehållare för viss avfallstyp.

När kapseltransporter tillkommer, söker SKB tillstånd för att utöka befintligt transportsystem med hantering av ytterligare en slags transportbehållare: kapseltransportbehållaren.

2.4 Krav på transportbehållare

2.4.1 Förutsättningar för transportbehållaren

Använt kärnbränsle, även inkapslat sådant, ska, på grund av innehållet av radioaktiva ämnen, transporteras i så kallade typ B-behållare enligt IAEA:s transportrekommendationer.

Transportsystemet för inkapslat använt kärnbränsle hanterar enbart ett kollislag, kopparkapslar vilka sinsemellan är identiskt lika vad gäller yttermått och utformning. Kapseltransportbehållarna konstrueras med följande förutsättningar:

- Behållarna ska dimensioneras så att alla kopparkapslar med godkänt innehåll kan transporteras med innehållande av transportbestämmelsernas krav. Bland annat innebär detta att behållaren ska kunna hanteras under transporten utan ytterligare strålskärning.

- Behållaren ska vara utformad så att den inte orsakar skador på kapseln som kan äventyra den långsiktiga säkerheten i slutförvarsanläggningen.
- Behållaren ska konstrueras och tillverkas i enlighet med kraven för typ B-behållare enligt IAEA:s transportrekommendationer.
- Behållaren ska ha förmåga att leda ut den avgivna resteffekten så att varken kapseln eller behållarens yta blir för varm. Vid dimensioneringen av transportbehållaren ska ett krav vara att ytan på kopparkapseln inte får bli varmare än 100 grader (jämviktstemperatur efter lång tid). Ingen aktiv kylning i anläggningarna ska erfordras.
- Resteffekten hos bränsleelementen ska uppgå till högst 1700 W per kapsel.

Godset är rent, det vill säga kapselns yta är fri från radioaktiv kontaminering. Detta är en skillnad mot bränsletransportbehållare med använt bränsle där behållarens insida kan bli kontaminerad. Kapseln har också ett betydligt lägre sammanlagt aktivitetsinnehåll än det använda kärnbränslet i en bränsletransportbehållare.

2.4.2 Konstruktionskrav för kapseltransportbehållare enligt IAEA

Behållarens förmåga att motstå påfrestningar på grund av allvarliga olyckor utan att förlora täthet eller strålskärmning verifieras genom beräkningar eller tester som utförs på en prototypbehållare. Följande tester/beräkningar ingår enligt IAEA:s krav för alla typ B-behållare:

- Beräkning/falltest, där prototypbehållaren tappas från en höjd av nio meter mot ett plant, stunt underlag.
- Beräkning/falltest från en meters höjd mot ett standardiserat spetsigt föremål. Båda falltesterna ska göras med den mest ogynnsamma orienteringen av prototypbehållaren.
- Beräkning/värmeprov, 30 minuters exponering i 800 °C värme, simulerande en häftig brand.
- Beräkning/vattentest för att konstatera att behållaren tål yttre övertryck, motsvarande nedsänkning under 200 meter vatten under minst åtta timmar.

Vissa av belastningarna enligt ovan ska klaras även om de inträffar i följd.

Kraven ovan representerar inte något "värsta tänkbara fall" utan har utformats på ett sådant sätt att alla påkänningar som en transportbehållare kan tänkas utsättas för ska ge mindre konsekvenser för behållaren än licensieringstesterna. Detta gäller oavsett miljö och omständigheter under transporten. En transportbehållare som licensieras enligt dessa krav kan alltså användas med samtliga transportslag för land- och sjötransport utan att man behöver befara att en olycka ska leda till några radiologiska konsekvenser.

Åtskilliga praktiska prov och försök, utöver dem som är direkt förknippade med licensiering, har utförts i världen under årens lopp, för att illustrera den motståndskraft som olika typ B-behållare uppvisar under extrema omständigheter.

2.4.3 Säkerhetsredovisning, licensiering och tillverkning av KTB

Målet för licensieringsprocessen av transportbehållaren är att garantera allmänhetens skydd, det vill säga försäkra sig om att verksamheten inte medför några risker för radioaktiva utsläpp.

För att KTB ska kunna licensieras behövs en säkerhetsrapport för behållaren som bland annat beskriver:

- mekanisk konstruktion och hållfasthetsberäkningar
- resultat av tester och beräkningar för olycksscenarier
- strålskärmsberäkningar
- kriticitetssäkerhet
- ritningar
- hantering och underhåll

De mekaniska kraven på behållare, lock och stötdämpare definieras till största delen från de tester som typ B-behållare genomgår för att garantera täthet även i en olyckssituation. Vissa tester kan genomföras med en prototypbehållare, medan vissa egenskaper verifieras genom beräkningar. Allt detta genomförs av behållarkonstruktören och ingår i kraven för licensiering.

Kontrollprogram finns för design och tillverkning av transportbehållare, och de innebär i korthet följande: Tillverkningen sker i enlighet med en av myndigheten godkänd kontrollplan, och följs upp av ett oberoende kontrollorgan. Det oberoende kontrollorganet intygar att tillverkningen skett enligt specifikationen.

2.5 Krav rörande strålning och strålskydd

Kapseltransportbehållaren dimensioneras så att transportbestämmelsernas dosratsgränser kommer att uppfyllas.

Följande begränsningar gäller under transport:

- På transportbehållarens yta dosrat < 2 mSv/timme
- På två meters avstånd dosrat < 0,1 mSv/timme (vid
"exclusive use")

För behållare av stora dimensioner, dit KTB räknas, blir två meters-dosraten gränssättande.

Gränserna för kontaminering är låga, då de är satta för att föremål skall kunna hanteras utan några skyddsåtgärder (Gränser för friklassat material):

- Alfastrålande nuklider aktivitet < 4 kBq/m²
- Beta- och gammastrålande nuklider aktivitet < 40 kBq/m²

Dessa gränsvärden följer av IAEA:s transportbestämmelser och ingår i de tillämpningsbestämmelser som gäller vid transport på väg och till sjöss.

Vid all hantering tillämpas ALARA-principen, (As low as reasonably achievable) det vill säga att doser till personalen ska hållas så låga som rimligt kan åstadkommas med hänsyn till det arbete som ska utföras. Arbetet med transport av kapseltransportbehållare är sådant att det är mycket osannolikt att persondoserna kommer i närheten av dem som tillämpas för att det ska definieras som radiologiskt arbete.

2.6 Krav på kärnämneskontroll och fysiskt skydd

Krav på kärnämneskontroll ställs på Sverige av IAEA och EU-kommissionens direktorat för energi. Det innebär att en detaljerad bokföring ska göras av allt klyvbart material, även använt kärnbränsle som inkapslats i kopparkapslar. Efter inkapsling utgör kapseln en minsta bokföringsenhet. Bokföringen av dess innehåll bygger på de datoriserade register över allt svenskt kärnbränsle som finns i Clab.

Föranmälan för transport av kapslar till slutförvarsanläggningen ska redovisas till SSM och EU-kommissionen i god tid före transport. Alla administrativa åtgärder som behövs för kärnämneskontrollen sker före respektive efter transporten mellan inkapslingsanläggning och slutförvarsanläggning. Strålskyddsmyndighetens föreskrifter om kontroll av kärnämne finns i SSMFS 2008:3.

Krav på fysiskt skydd föreligger vid transporter av kärnämne. Det fysiska skyddet i transport-systemet ska i första hand utformas för att förhindra stöld och bortförande av kärnämnen och avsiktlig åverkan på systemets komponenter. Huvudsyftet är att hindra aktiviteter som kan leda till spridning av radionuklider.

3 Transportsystemet

3.1 Transportsystemets uppgifter

Transportsystemets uppgift är att transportera kapslar innehållande använt kärnbränsle från inkapslingsanläggningen till slutförvarsanläggningen.

Inkapslingsanläggningen är dimensionerad för att kunna producera en kapsel per dag eller fem per vecka och slutförvarsanläggningen, där kapslarna deponeras, ska ha motsvarande kapacitet. Transportsystemet ska kunna transportera kapslarna mellan anläggningarna med en sådan frekvens att den planerade deponeringstakten kan upprätthållas. Detta gäller oavsett det faktum att genomsnittligt årligt antal kapslar kommer att bli lägre än de 200 per år som är nominell årskapacitet för respektive anläggning.

3.2 Transport

Transporten definieras pågå från den tidpunkt när en kapsel, i en kapseltransportbehållare, lämnar inkapslingsanläggningens terminalbyggnad (eller uttransportsluss) efter avsändningskontroll, till dess den har mottagits vid terminalbyggnaden vid slutförvarsanläggningen och mottagningskontroll av behållare och transportdokument gjorts. En motsvarande transport sker i omvänd riktning med den tomma transportbehållaren. För att transportera kapslarna behövs ett antal kapseltransportbehållare som vardera rymmer en kapsel. Dessa beskrivs i avsnitt 4.1.

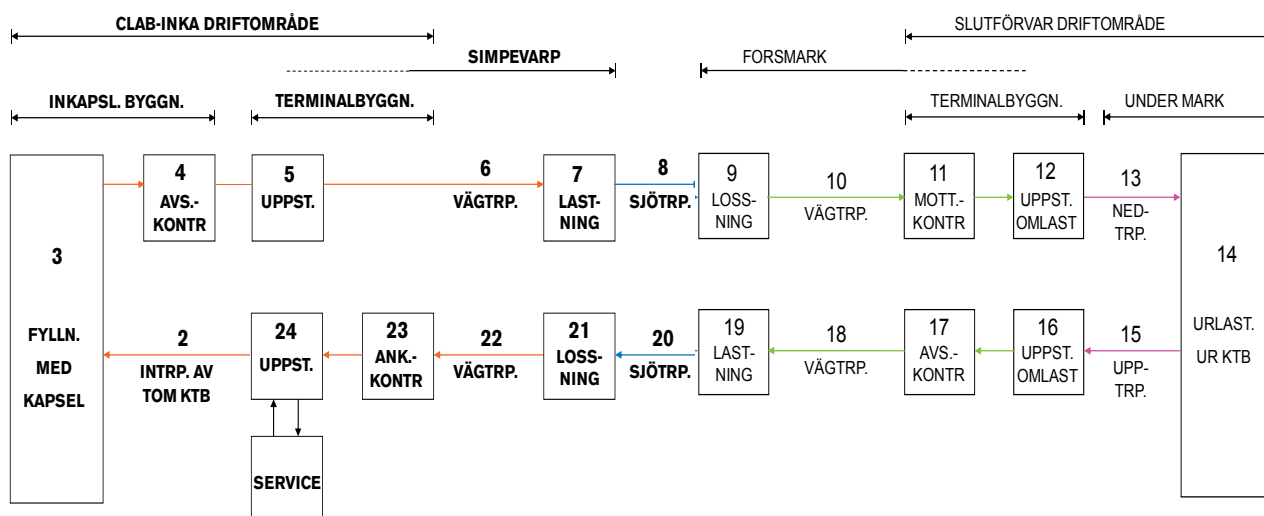
Följande avsnitt beskriver de ingående arbetsmomenten under transport av en KTB, vilken även illustreras i figur 3-1. För att underlätta förståelsen av hela transportsystemet beskrivs i detta kapitel kortfattat även de arbetsmoment som föregår, respektive följer efter transportsekvensen.

3.2.1 Färdigställande av behållare vid inkapslingsanläggningen

Innan transporten startar sker följande hantering:

Den tomma KTB inspekteras med avseende på renhet och skador på in- och utsida. En kapselhanteringsmaskin placerar en färdigställd och kontrollerad kapsel i KTB och de bägge locken läggs på och fixeras. KTB förankras på en lastbärare (se beskrivning i avsnitt 4.3) och stötdämpare monteras på behållaren.

Innan behållaren lämnar inkapslingsanläggningen genomgår den en avsändningskontroll, den förses med korrekt skyltning och transportdokument fylls i. I avsändningskontrollen ingår kontroll av strålningsnivåer och administrativa kontroller av vidtagna åtgärder, rapportering etc. Se vidare avsnitt 3.5.



Figur 3-1. Beskrivning av olika moment under transport av inkapslat bränsle. **Figuren inkluderar även transporten av tomma KTB.** Förberedelser sker i steg 1, ej medtaget i figuren. Steg 2 till och med 23 täcker de moment som innebär hantering av transportbehållaren. (Steg 24 representerar väntetid inför nästa transport)

Från inkapslingsanläggningen hämtas KTB med samma typ av terminalfordon som sköter vägtransport av transportbehållare innehållande använt kärnbränsle och avfall. En kortfattad beskrivning av dessa återfinns i avsnitt 4.3.

Om något tekniskt eller administrativt problem skulle uppstå, som leder till att transporten måste ställas in eller avbrytas, kan en kapsel bli stående eller liggande i sin behållare på någon av anläggningarna under en längre tid än avsett. Kapseln tar inte någon skada av detta.

3.2.2 Transport till slutförvaringsanläggningen i Forsmark

Det kommer att behövas transporter mellan inkapslingsanläggningen i Simpevarp och slutförvaringsanläggningen i Forsmark. De förväntas ske till sjöss på samma sätt som avfall och använt bränsle transporteras mellan de två platserna idag; med ett fartyg som är specialbyggt för transport av radioaktivt avfall och använt kärnbränsle, se avsnitt 4.5. Planering av transporterna beskrivs i avsnitt 3.4.

Vägtransport av fyllda kapslar från inkapslingsanläggningen till hamnen sker när fartyget finns på plats i Simpevarps hamn, och ska följa den tidsplan som anges i transportmeddelandet. Vägtransporten utförs av ett terminalfordon.

I Simpevarps hamn lastas KTB på fartyget och transporteras till Forsmarks hamn, belägen vid SFR. Lossning av fyllda KTB från fartyget sker i en följd, med möjlighet till temporär uppställning av behållarna i hamnområdet medan detta arbete pågår.

Efter lossning i hamnen lastas andra KTB som tidigare tömts, och transporteras tillbaka till Simpevarp med fartyget för att fyllas på nytt med kapslar i inkapslingsanläggningen.

All lossning och lastning från fartyget sker med terminalfordon via en lastramp. Även vägtransporterna från hamnen i Forsmark till slutförvarsanläggningens terminalbyggnad utförs av terminalfordon enligt den uppgjorda tidsplanen i transportmeddelandet. Då terminalfordonen är långsamtgående kommer det att ta flera timmar att förflytta en hel fartygslast.

Om till exempel en sjötransport av kapslar (med sammanhängande återtransport av tomma KTB) sker var 14:e dag, innebär det att hela transporten för en viss KTB tar fyra veckor. Omkring två dygn av denna tid befinner sig behållaren under transport, den mesta tiden således i väntan på antingen fyllning eller tömning. Under tiden kan fartyget utföra andra transporter, såsom transport av använt kärnbränsle från kärnkraftverk till Clab och avfall till SFR.

3.2.3 Hantering vid slutförvarsanläggningen

I terminalbyggnaden vid slutförvarsanläggningen ställs de anlända transportbehållarna upp, och behållarna och deras dokumentation kontrolleras. Därmed är den externa transporten avslutad.

Behållarna väntar liggande på sina lastbärare tills de en i taget hämtas för nedtransport till förvaringsnivå och tömning. Ett fordon avsett för rampransport utför nedtransporten till förvaringsnivå.

I omlastningshallen på förvaringsnivå lossas KTB från lastbäraren och stötdämparna demonteras. Den reses med hjälp av en travers och placeras i omlastningscellen varefter locken lossas. Därefter överförs kapseln till en deponeringsmaskin med hjälp av deponeringsmaskinens spel. När behållaren är tömd monteras locken och stötdämparna, och behållaren placeras på sin lastbärare och förankras. Vid kontinuerlig drift förväntas upptransporten (i rampen) av den tomma behållaren ske i anslutning till nertransporten av nästa fyllda behållare. Den tomma KTB transporteras tillbaka till terminalbyggnaden i väntan på återtransport till inkapslingsanläggningen.

3.2.4 Möjlighet att returnera kapslar

I inkapslingsanläggningen ska man kunna ta in en returnerad kapsel för kontroll och åtgärd, oavsett orsak till returen. En defekt kapsel kan om det blir nödvändigt kasseras, varvid bränsleelementen flyttas över till en ny kapsel. Några tänkbara orsaker till retur av kapsel kan vara följande:

- Under transporten har något inträffat med transportbehållaren så att man inte med säkerhet kan säga att innehållet är opåverkat.
- Vid kontroll av mottagen kapsel upptäcks något som gör att kapseln underkänns för deponering. I detta fall placeras kapseln åter i en transportbehållare som returneras till inkapslingsanläggningen.
- En händelse i slutförvarsanläggningen kan leda till att kapseln måste placeras i KTB och returneras till inkapslingsanläggningen.

Fall som kräver retur av kapsel förväntas vara mycket sällsynta. I alla normala fall består en returtransport av de tömda kapseltransportbehållarna.

3.3 Transportvägar

3.3.1 Sjötransport

Sträckan mellan Simpevarps hamn och Forsmarks hamn är 250 distansminuter lång och tar för SKB:s fartyg M/S Sigyn cirka 20 timmar. Samma rutt som idag används för transport av använt bränsle och avfall förväntas även användas vid transport av kapslar.

3.3.2 Vägtransport

Avståndet från inkapslingsanläggningen till hamnen i Simpevarp är cirka 2 km. Vägen används idag för transporter av behållare med använt bränsle (till Clab) och avfall (till SFR) och övrigt gods som hanteras i Simpevarps hamn för fartygets eller kraftverkets behov.

I Forsmark ska kapseltransportbehållarna transporteras från hamnen, som ligger i anslutning till SFR-anläggningens terminalbyggnad till terminalbyggnaden inom slutförvaringsanläggningens inhägnade inre driftområde, en sträcka på cirka två kilometer. Den största delen av vägsträckan finns idag och resterade väg nyanläggs i samband med anläggningsarbetena på driftområdet.

3.4 Transportplanering

Produktion av fyllda kapslar i inkapslingsanläggningen och deponering av kapslar i slutförvaringsanläggningen planeras ske i samma takt, vilken ska vara tillräcklig för att uppnå den nominella deponeringstakten av en kapsel per arbetsdag.

Planering av kapseltransporterna görs med hänsyn till att den planerade deponeringstakten ska kunna upprätthållas. SKB har undersökt möjligheterna att kombinera kapseltransporter med transport av använt bränsle till Clab och avfall till SFR. Under förutsättning att utrustningen i systemet är tillräcklig (se kapitel 4), att tillräckliga tids- och personalresurser är tillgängliga och att verksamheterna samplaneras finns inga hinder för detta. Planeringen av kapseltransportbehållarnas förflyttningar ska också koordineras med övrig trafik till, från och inom inkapslings- och slutförvaringsanläggningen.

När kapslar ska börja transporteras, förväntas rutinmässiga transporter till Clab och SFR fortfarande pågå. De tillkommande kapseltransporterna innebär att ytterligare en slags behållare ska hanteras i systemet. Den nya typen av behållare ska hanteras och administreras på samma sätt som de tidigare. Kapseltransporterna kommer att integreras i transportverksamhetens tidsplanering och rutinerna runt transporterarna kommer att likna dem som används idag.

För en effektiv lastning och lossning av KTB kan flera terminalfordon arbeta parallellt. Om inte hela lastrummets kapacitet utnyttjas för KTB, kan transportbehållare med använt bränsle eller avfall transporteras i samma last. Dagens fartyg har en lastkapacitet på tio transportbehållare.

3.4.1 Isförhållanden som kan påverka sjötransporten

Olika praktiska hänsyn påverkar i praktiken transportplaneringen. En sådan är variationen i isförhållanden. Transportplaneringen kan göras med hänsyn till att Forsmark inte ska behöva besökas under vintermånader, alternativt anpassas på lämpligt sätt.

Isförhållandena utanför Simpevarp är i allmänhet gynnsamma. Det öppna havet utanför kustbandet är inte istäckt under normala vintrar. Befintligt fartyg kan själv bryta is av cirka 0,3 meters tjocklek.

För planeringen förutsätts tills vidare att inkapslingsanläggningen arbetar under 40 av årets veckor, men det är inte uttalat om planerade driftavbrott ska göras vintertid eller sommartid. Som framgår kommer det att finnas möjligheter att anpassa detta efter verkliga förhållanden

3.5 Transportorganisation

3.5.1 Transportorganisationens uppgifter

Transporterna administreras av en fast transportorganisation. I transportorganisationens arbete ingår bland annat att ansvara för:

- utveckling, planerat återkommande underhåll och förnyelse av systemets komponenter
- förnyelse av transportbehållarlicenser och tillstånd
- planering av genomförande av transporter i samråd med berörda enheter, redovisning till myndigheter
- uppföljning av bestämmelser och tillståndsvillkor
- upprätthållande av fysiskt skydd
- upprättande av avtal med eventuella entreprenörer
- tecknande av försäkringar gällande transporterna

Det innebär bland annat att utarbeta regler, rutiner och tidsplanering, att planera fartygets rörelser, att utfärda transportmeddelanden samt att initiera och medverka i utbildning av personal.

Vid transport från inkapslingsanläggningen svarar dess organisationsenhet för att behållarna är i fullgott skick, för att behållarna har genomgått godkänd avsändningskontroll, och för att korrekt transportdokumentation finns.

Transporten från inkapslingsanläggningen till slutförvarsanläggningen ombesörjs antingen i egen organisation eller genom kontrakterade entreprenörer. Ansvar och befogenheter regleras genom avtal och överenskommelser. Överlämningen mellan enheter i organisationen sker när behållarna har lastats eller lossats, i och med att transportdokumenten överlämnas.

3.5.2 Administrativa rutiner

De rutiner som utvecklats för transporter till Clab och till SFR är grundade på de lagar och förordningar som gäller för verksamheten. Rutinerna har nu använts under några årtionden. I stort har de varit ändamålsenliga varför endast mindre justeringar har krävts. Samma eller jämförbara principer kommer också att tillämpas vid de framtida transporterna av kapslar. Rutinerna gäller bland annat för förhandsbesked om transporter, ett transportmeddelande, som bland annat innehåller uppgifter om omfattning och tidsplan, och som delges alla berörda i god tid före transporten. I SKB:s transporthandböcker för bränsle respektive avfall finns dagens transportrutiner beskrivna.

3.5.3 Transportdokumentation

Transportdokumentet, som följer med behållaren till slutförvarsanläggningen har följande ändamål:

- Precisera den radioaktiva lasten i enlighet med gällande transportbestämmelser.
- Överföra information mellan avsändare, transportör och mottagare.

Varje transport och varje kapseltransportbehållare har sitt eget transportdokument. Den som ansvarar för behållaren under respektive transportmoment har även ansvar för att transportdokumentet fylls i korrekt. De dokument som tillämpas idag för transporter till Clab finns i SKB:s transporthandböcker för avfalls- och bränsletransporter.

3.6 Strålskydd under transport

Det finns inga skillnader i strålskyddskrav (se 2.5) eller praktiska förutsättningar mellan transporter av använt kärnbränsle till Clab och av inkapslat använt kärnbränsle till slutförvarsanläggningen.

3.6.1 Vägtransport

Kapseltransportbehållare transporteras en och en med terminalfordon. Några mätbara dostillskott har inte uppmätts vid fordonskörning med dagens transportbehållare med använt kärnbränsle.

Med de kriterier som gäller enligt transportbestämmelserna, behövs inga speciella strålskyddsåtgärder för medverkande personal.

3.6.2 Sjötransport

Idag sker sjötransporter av använt kärnbränsle med SKB:s fartyg M/S Sigyn, som är byggt för transport av radioaktivt gods. Fartygets lastrum omges av strålskärmar. Strålningsnivåerna utanför lastrummet övervakas med fasta dosimetrar. När transporter av kapslar kommer igång, kommer fartyget enligt SKB:s planer att vara ersatt med ett liknande fartyg, också speciellt utformat för transport av radioaktiv last.

Arbetet ombord är sådant att det är mycket osannolikt att den årliga stråldosen till någon besättningsmedlem överstiger gränsen fem mSv. Det innebär att det inte krävs några speciella begränsningar för arbetstid i lastrum etc. Utvärderingen av personalens dosimetrar har (under 25 år) aldrig visat några registrerbara doser. Regler och rutiner för strålskyddsarbetet finns samlade i en instruktion, Strålskyddsprogram för M/S Sigyn.

3.7 Övervakning och rapportering

3.7.1 Fysiskt skydd

Det fysiska skyddet är till för att förebygga incidenter, fysiskt motverka stöld och bortförande av transportbehållare, förhindra avsiktlig överkan på transportbehållare samt garantera att eventuella försök till angrepp omedelbart upptäcks. Det består av både fysiska och organisatoriska åtgärder. Den exakta utformningen av det fysiska skyddet redovisas till ansvarig myndighet (SSM) för godkännande, och kommer då som nu att vara sekretessbelagd. Ett gemensamt system för fysiskt skydd kommer att tillämpas för alla transporter. Bevakning, beredskapsorganisation och system för fysiskt skydd utformas så att de uppfyller gällande föreskrifter från svenska myndigheter samt SKB:s och dess entreprenörers behov av information, kommunikation och personsäkerhet.

Det använda kärnbränslet inuti kapseln är hela tiden svåråtkomligt, eftersom kapseln är tätsvetsad. Att skära upp en kapsel förutsätter särskild utrustning under strålskyddade förhållanden. Under transporten är transportbehållarens lock tillslutna på ett sådant sätt att det behövs specialutrustning för att lossa dem.

3.7.2 Beredskapsorganisation

Det finns en beredskapsorganisation inom SKB, som i händelse av kris eller larm kan fatta de tidiga besluten i ett första skede. Dess uppgift är inte primärt att bevaka transporterna, det sköts av lokal organisation, utan att vara tillgänglig för faktainformation till medarbetare, räddningstjänst, företag och allmänhet om något oförutsett inträffar. Härvid skiljer sig inte transportverksamheten från verksamheten vid SKB:s anläggningar.

3.7.3 Kärnämneskontroll

Kärnämneskontrollen syftar ytterst till att försöka att avleda klyvbart material med syfte att tillverka kärnvapen ska upptäckas. Se även avsnitt 2.6.

Varje ändring av inventariet av kärnämne i någon anläggning redovisas till nationella och internationella myndigheter med ansvar för kärnämneskontroll, idag SSM respektive EU-kommissionen. Därifrån redovisas vidare till IAEA. Exempelvis redovisas, vid transport av använt kärnbränsle från något av kärnkraftverken till Clab, en inventarieminskning vid kraftverket, och, efter genomförd transport och mottagning, en motsvarande inventarieökning i Clab. När det gäller inkapslat använt kärnbränsle som ska transporteras till slutförvar, förutsätts tills vidare här att samma krav på kärnämnesredovisning gäller.

Inkapslingsanläggningen har ansvar för att kapseln godkänns för uttransport. Det innefattar bland annat administrering av data om kapseln inklusive bokföring för kärnämneskontroll.

Varje kapsel har en unik identitetsmärkning, som kan kontrolleras vid slutförvarsanläggningen, i samband med att kapseln tas ut ur transportbehållaren för att deponeras. Den dokumentation av kapselinnehållet som krävs kommer att tas fram och skickas från inkapslingsanläggningen till mottagaren, det vill säga slutförvarsanläggningen, och till SSM och EU-kommissionen.

4 Utrustning i transportsystemet för kapslar

4.1 Transportbehållare

4.1.1 Allmänt

Kapseltransportbehållarens huvuduppgifter under transporten mellan anläggningarna är att skydda den inneslutna kapseln samt att utgöra strålskärm. Det använda kärnbränslet inuti kapseln avger alfa-, beta-, gamma- och neutronstrålning. Kapseln strålskärmar alfa- och betastrålningen fullständigt, medan gamma- och neutronstrålningen är hög även utanför kapseln. Därför ska gamma- och neutronstrålningen skärmas så väl, att behållaren kan hanteras utan ytterligare skyddsåtgärder. Det medför en betydande vikt hos behållaren.

Kapseltransportbehållaren skyddar personal och omgivning från skadlig påverkan både under normal drift och i händelse av olyckor. Den har också förmåga att avleda den värme som bränslet i kapseln utvecklar, så att varken kapseln eller behållarytan blir för varm, dvs 100 grader på kapseln.

Kapseltransportbehållaren är anpassad till hantering och lastning av kapseln i inkapslingsanläggningen samt till urlastning till deponeringsmaskinen i slutförvarsanläggningen. Utrustningen ska dessutom samfungera med SKB:s befintliga transportsystem. Kapseltransportbehållaren är designad och konstruerad uteslutande för ändamålet att transportera kapslar.

Enligt transportbestämmelserna ska behållaren på grund av det totala aktivitetsinnehållet vara konstruerad enligt kraven för typ B. Det innebär att utförandet inte kan varieras inom särskilt vida ramar. Kraven på behållaren sammanfattas i avsnitt 2.4.

De första behållarna kommer att användas i samband med driftsättning och provdrift av inkapslingsanläggningen och slutförvarsanläggningen, de resterande behållarna levereras successivt under de första åren.

4.1.2 Konstruktion och utförande

SKB genomförde under 2004–2005 förstudier beträffande utformning av kapseltransportbehållare hos två internationellt etablerade behållarkonstruktörer. Utförandet av de två olika föreslagna kapseltransportbehållarna är snarlika, även om materialval och konstruktionsdetaljer skiljer sig. Båda förstudierna är i flera avseenden konservativa, det vill säga de föreslagna transportbehållarna representerar en ”maximal” behållare vad gäller vikt och dimensioner. Se figur 4-1 för en skiss över en tänkt kapseltransportbehållare.

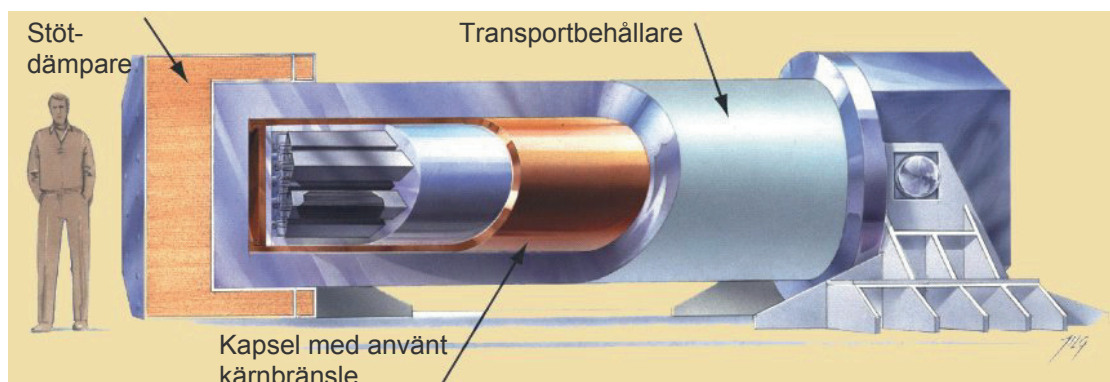
Kapseltransportbehållarna ska så småningom bli föremål för en kommersiell upphandling. Den beskrivning som lämnas här är således oidentifierad och kan gälla för vilket som helst av alternativen. Den detaljerade prövningen av konstruktionen sker i samband med licensieringen. I detta skede förutsätts transportbehållaren utföras enligt följande:

Behållaren består av en smidd tjockväggig mantel i kolstål eller gjutjärn, vars insida är belagd med ett material med låg friktion mot kopparhöljet för att minimera påverkan på kapseln. En botten i samma material som manteln är svetsad till manteln. Behållaren är försedd med två lock; ett inre och ett yttre. Det inre locket utgör efter tillslutning en del av inneslutningen av kapseln. Det yttre locket är främst ett skydd för det inre, och ger lockänden en slät och ren yta. Båda locken är försedda med låsanordning. Det inre locket har gängade hål för applicering av en lyftadapter.

Behållarens täthet garanteras av lockkonstruktionen. Båda locken är försedda med packningar som tätar mot behållaren. Utförandet kan vara olika, men konstruktionen måste uppfylla kraven i en olycksituation som specificeras av transportbestämmelserna.

Stötdämparna, som skruvas till behållarens båda ändar när den är placerad på lastbäraren, består av ett yttre stålskal fyllt med trä. Stötdämparens uppgift är att skydda behållaren mot extrema mekaniska påkänningar, men den ger även ett skydd mot annan påverkan under transport.

Behållarens längd och diameter bestäms av kapselns dimensioner samt av behållarens egen vägg tjocklek. Det innebär en längd på runt 5,5 meter och en diameter på 1,5-2 meter. Med stötdämpare monterade blir längden cirka sju meter, och största diametern runt 2,5 meter. Vägg tjockleken kommer att fastställas under detaljkonstruktionen. De föreslagna transportbehållarna väger 50-55 ton då de är tomma. Med stötdämpare monterade och innehållande en kapsel blir den totala vikten 80-95 ton för behållaren.



Figur 4-1. Schematisk bild över kapseltransportbehållare med kapsel, i genomskärning.

Arbete pågår med inriktningen att optimera KTB så att den väger så lite som möjligt, för att minska ekipagens totalvikt vid nertransport i rampen och vid vägkörning och för att få en enkel, säker och effektiv hantering i såväl inkapslingsanläggningen som slutförvarsanläggningen. Detta ska göras med hänsyn tagen till att alla andra krav och önskemål enligt ovan ska vara tillgodosedda.

4.1.3 Lyftappar

Transportbehållaren har sex lyftappar, fyra i lockänden som används för lyft i anläggningarna och två i bottenänden. Behållaren är avsedd för vertikal fyllning och tömning. Vid transport ligger behållaren horisontellt med fyra av lyftapparna förankrade i lastbärarens upplag.

4.1.4 Strålskärning

Materialet i manteln (kolstål eller gjutjärn) ger en god skärning av gammastrålningen. För kapslar innehållande använt kärnbränsle med hög utbränning behövs det även skärning mot neutronstrålning. Därför förses behållarens mantel med neutronskärmande material. Detta material är polyeten eller liknande material med stor andel väte för inbromsning av neutronerna. Dessutom innehåller strålskärmen bor för neutroninfångning. Det neutronskärmande materialet kan placeras antingen i kanaler i manteln, eller som ett skikt inneslutet i en stålkonstruktion utanpå behållarmanteln. Hur tjockt det strålskärmande skiktet behöver vara, bestäms av det dimensionerande kapselinnehållet. Om det neutronskärmande materialet monteras utanpå behållarmanteln, förses skiktet med genomgående metallplåtar ut till stålkonstruktionen för avledning av resteffekten från bränslet. Metallplattorna är inneslutna i behållarväggen, och behållarens utsida är slät.

Eftersom transportbehållaren dimensioneras för de kapslar som avger starkast strålning, blir strålningen från den genomsnittliga behållaren under transport ännu lägre än de aktuella gränsvärdena.

Inkapslingsanläggningen är utformad på ett sådant sätt att transportbehållaren i normala fall inte kommer att bli kontaminerad vare sig på in- eller utsida under hanteringen i anläggningen. Under inga förhållanden kommer KTB att få vara kontaminerad då den lämnar inkapslingsanläggningen, vilket verifieras vid avsändningskontrollen. Kapseln utgör i sig själv en tät inneslutning av bränsleelementen.

4.1.5 Återkommande underhåll

I jämförelse med dagens transportbehållare kommer kapseltransportbehållarna att vara enklare att underhålla. De utformas med släta ytor som är lätta att hålla rena. KTB kommer inte att komma i kontakt med kontaminerade miljöer.

Regelbunden service och underhåll utförs i en serviceverkstad i inkapslingsanläggningen. Det finns i Clab många års erfarenhet av underhåll av transportbehållare för bränsle. Återkommande underhåll av KTB beräknas utföras efter 15 genomförda transporter (liksom för dagens behållare), och innefatta sådant som kontroll av lyftappar, låsanordningar, lock och locktätningar, inre och yttre ytor, stötdämpare samt lastbärare.

Hur omfattande den rutinmässiga kontroll som sker i samband med varje transport ska vara kommer att detaljeras i ett senare skede.

4.1.6 Antal kapseltransportbehållare

Med det transportsystem och de kapaciteter som beskrivs i kapitel 3 har SKB beräknat ett preliminärt behov av transportbehållare för att genomföra rutinmässiga transporter på ett effektivt sätt.

Behovet av transportbehållare blir beroende på vilken logistik som kommer att väljas, hur personalresurserna fördelas med mera. Nedanstående exempel är därför antaganden byggda på en planering som har förutsättning att uppfylla nominell transportkapacitet.

Om en sjötransport antas ske varannan vecka under aktiva driftperioder, erfordras cirka 22 transportbehållare för att nå tillräcklig (nominell) transportkapacitet. Det innebär att varje behållare används högst cirka tio gånger per år, och det mesta av övrig tid består i väntan på antingen tömning eller fyllning. Till detta kommer för varje KTB ett antal dagar per år för underhåll och serviceåtgärder. Ett tätare transportschema kan sannolikt tillämpas, vilket kräver färre KTB i systemet, eftersom väntetiden i genomsnitt per behållare mellan fyllning och tömning blir kortare. Det ställer dock större krav på transportsystemet.

4.2 Behov av uppställningsplatser

4.2.1 Uppställning och omlastning vid inkapslingsanläggningen

Uppställningsplatser för samtliga behållare som finns i systemet ska finnas i eller i anslutning till inkapslingsanläggningen. Alla behöver inte rymmas i samma byggnad. Den planerade uppställningsytan i inkapslingsanläggningens terminalbyggnad för transportbehållare och kapslar rymmer upp till 15 stycken KTB, fyllda eller tomma. Ventilation för att bortföra värme finns, och utrymmet beläggs med samma tillträdesbegränsningar som uttransporthallen. Därtill kan tomma KTB ställas upp i ett yttre förråd inom området.

4.2.2 Uppställning och omlastning vid slutförvarsanläggningen

Terminalbyggnaden placeras inom det inhägnade inre driftområdet och ska rymma det antal KTB som samtidigt ska tas omhand, enligt ovan tio stycken. I terminalbyggnaden sker omlastning mellan terminalfordon och rampfordon. Efter tömning förvaras de tomma KTB i terminalbyggnaden i väntan på transport. Jämför med kapitel 3.

I samband med fartygets ankomst och avgång kommer man att behöva temporär uppställning av behållare med lastbärare i hamnområdet vid SFR. Detta sker under bevakning, och behållarna kommer att köras iväg till terminalbyggnaden i det inhägnade inre driftområdet så fort som möjligt.

4.3 Lastbärare och fordon

Lastbärarens uppgift är att vara upplag och stöd för behållaren under uppställning och transport. Lastbäraren hanteras av terminalfordonet, som inte kommer i direkt kontakt med själva behållaren, se figur 4-2.

En konstruktionsförutsättning är att kapseltransportbehållarna ska förses med samma slags lastbärare som används för bränsletransportbehållare och ska kunna hanteras med hjälp av samma fordon. Huruvida samma lastbärare kommer att användas även vid ramptransporten i slutförvarsanläggningen är idag för tidigt att avgöra, men antas tills vidare. Omlastning mellan fordon kommer att ske - efter mottagningskontroll - i terminalbyggnaden vid slutförvarsanläggningen. I inkapslingsanläggningen beräknas samma fordon användas för alla förflyttningar.



Figur 4-2. Terminalfordon med lastbärare och transportbehållare för använt bränsle

Lastbärare kommer att finnas i samma antal som transportbehållare.

Det kommer att finnas flera fordon som kan arbeta samtidigt. Planeringen av vägtransporterna ska göras gemensamt med motsvarande planering för avfalls- och bränsletransporter, eftersom samma fordon används.

De terminalfordon som ingår i dagens transportsystem har en lastkapacitet på 120 ton och klarar således, med marginal, aktuella vikter. (Fyllt transportbehållare med stötdämpare väger 80-95 ton och lastbäraren runt 17 ton.).

4.4 Lyft- och hanteringsutrustning

Lyftutrustningar används vid omlastning av KTB från transportsystemets lastbärare till utrustning i inkapslingsanläggningen respektive slutförvarsanläggningen. Utrustningarna ska vara anpassade på ett sådant sätt att inga särskilda anordningar behövs på transportbehållare eller lastbärare på grund av skillnader mellan de två anläggningarna.

Anläggningarnas lyftutrustningar som ska samfundera med transportsystemet tillhör respektive anläggning.

4.5 Fartyg

SKB's styrelse fattade i mars 2010 ett inriktningsbeslut om att M/S Sigyn ska ersättas med ett nytt fartyg. Det nya fartyget kommer att vara av ungefär samma storlek och konstruktion som befintligt fartyg. Förbättringar som förutses med ett nytt fartyg är förbättrad miljöprestanda, förbättrat fysiskt skydd och förbättrad teknisk redundans. Det framtida fartyget kommer förutom att transportera kapslar även användas för fortsatta bränsle- och avfallstransporter. I fartyget eller i hamnarna förekommer det inte några lyft av kapseltransportbehållare, eftersom lastning och lossning sker med roll on/roll off-metoden.

4.5.1 Dagens fartyg

Nedan beskrivs M/S Sigyn (se figur 4-3), som är konstruerad för att transportera använt kärnbränsle och radioaktivt avfall.

- Lastförmågan är cirka 1 400 ton.
- Fartyget är 90 m långt, 18 m brett och har fyra m djupgående.
- Det är försett med strålskärmar runt lastrummet och har dubbelskrov och dubbel botten.
- Framdrivningsmaskineri, elsystem med mera är dubblerade.
- Fartyget är konstruerat enligt svensk-finsk isklass 1A, och kan själv bryta is av cirka 0,3 m tjocklek.
- Fartyget är byggt för roll on/roll off-hantering via akterramp, alternativt lift on/lift off-hantering med lastning och lossning med kranar via fartygets lastluckor.



Figur 4-3. Fartyget M/S Sigyn.

4.6 Modernisering och ersättning av utrustning

SKB:s transportsystem byggdes upp i början av 1980-talet, och har sedan dess kontinuerligt underhållits och moderniserats.

Under de kommande åren genomförs studier med syfte att fasa ut befintlig utrustning i transportsystemet och ersätta med nya komponenter. Detta gäller fartyg, transportbehållare för bränsle samt terminalfordon. Vad gäller kapacitet och andra egenskaper kan dagens transportsystem tills vidare användas som utgångspunkt vid planeringen av transporter till slutförvarsanläggningen.

5 Säkerhet vid störningar och missöden

5.1 Allmänt

Transportbehållarens uppgift är att under transport:

- utgöra strålskärm för den inneslutna kapseln, såväl i normal drift, som vid olika olycksituationer.
- skydda kapseln från påverkan. Om det föreligger någon misstanke om att kapseltransportbehållaren utsatts för påverkan under transporten som skulle kunna äventyra kapselns egenskaper, på kort eller på lång sikt, så kommer den att returneras till inkapslingsanläggningen för kontroll.

Djupförsvaret tillämpas i flera nivåer. En förenklad indelning brukar beskrivas som förebygga - motverka - lindra. Om en nivå i försvaret fallerar träder nästa nivå in. Nivån ”förebygga” har beskrivits i tidigare avsnitt genom att redovisa dels kraven och dels utförandet av såväl de tekniska systemen som de administrativa rutinerna för transportsystemet. Vid konstruktion av transportsystemet ska hänsyn tas till de driftsituationer som kan uppkomma och de påfrestningar aktivitetsbarriärerna kan komma att utsättas för. I detta avsnitt redovisas hur systemet och främst transportbehållarna uppfyller dessa konstruktionsförutsättningar då de utmanas i olika störnings- och missödessituationer. Detta görs genom att visa att konsekvenserna vid missödessituationer är sådana att de kan accepteras.

Risk definieras som produkten av frekvens och konsekvens. En balanserad riskprofil eftersträvas för systemet. Detta innebär att vid förväntade händelser tillåts mycket begränsade konsekvenser medan man för missöden och osannolika händelser kan tillåta större konsekvenser, om än tolererbara.

Tänkbara händelser indelas i följande tre kategorier:

1. Störningar vilket utgörs av händelser som förväntas kunna inträffa under transportsystemets livslängd. För sådana händelser accepteras inga andra konsekvenser än skador på utrustning.
2. Missöden utgörs av sådana händelser som inte förväntas inträffa, men som pga sannolikheten för att de skall inträffa, inte kan uteslutas och som också redovisas för att demonstrera systemets robusthet. Acceptanskriterierna för dessa händelser innebär att kapseltransportbehållare och kopparkapsel, kan innehålla och innesluta radionukliderna. Konventionella skador på människor och natur kan inte uteslutas, men någon radiologisk påverkan accepteras inte. Degradering av kapselns långtidsegenskaper kan dock inte uteslutas, varför det kan bli aktuellt att returnera kapseln, se avsnitt 3.2.4.
3. Hypotetiska haverier är sådana händelser som inte förväntas kunna inträffa. Händelsegruppen ligger utanför konstruktionsförutsättningarna för transportsystemet och redovisas därför inte i denna rapport.

I detta avsnitt beskrivs inte händelser kopplade till medvetet sabotage eller angrepp. Detta beskrivs i särskild sekretessbelagd dokumentation av fysiskt skydd för transportsystemet.

5.2 Störningar

Identifierade störningar utgör sådana händelser som förväntas kunna inträffa under transportsystemets livslängd. Sådana händelser är av arten:

- komponentfel
- operatörsfel
- bortfall av försörjnings- eller övervakningsfunktioner
- begränsad brand

Att komponent- eller operatörsfel kan inträffa måste inbegripas i systemets robusthet. Sådana fel kan inträffa i ett stort antal variationer och det är inte praktiskt eller överskådligt att redovisa alla tänkbara scenarier. Generellt sett är transport och hanteringssystem av typen fail-safe d v s enstaka komponent- eller operatörsfel leder bara till hanteringsavbrott. Det gäller också vid bortfall av försörjnings- eller övervakningsfunktioner. Det är verifierat i de system och komponenter som ingår i befintligt transportsystem och kommer också att utprovats för de nya gränssnitten.

Endast om flera fel och ogynnsamma förutsättningar samverkar kan en svårare konsekvens inträffa. Sådana händelser faller inom ramen för ”missöden” som redovisas i nästa avsnitt.

Brandbelastningen i transportsystemets komponenter är mycket låg. Att en brand uppstår i elektriska eller mekaniska system nära kapseltransportbehållaren kategoriseras emellertid som en händelse som kan inträffa under transportsystemets livslängd. Behållarna har dock en verifierad täthet genom att uppfylla IAEA:s typ B-behållarkrav som redovisas i kapitel 2.

De angivna belastningsfallen utgör paraplyfall för tänkbara påkänningar i samband med missöden. Redovisningen av störningar är därför schematisk. Att störningsfallen utvecklas till svårare missöden har låg sannolikhet men kan inte uteslutas och måste därför redovisas separat.

5.3 Missöden

Det finns ett spektrum av tänkbara missöden för kapseltransporter, som alla har tillräckligt låg frekvens för att inte förväntas inträffa, men som redovisas för att demonstrera systemets robusthet och som heller inte kan avfärdas för att inte kunna inträffa.

Denna typ av händelser inbegrips därför i systemets konstruktionsförutsättningar. För att ett missöde skall inträffa fordras att en rad händelser eller omständigheter sammanfaller. Sådana händelser och omständigheter kan varieras i ett stort antal sekvenser. Konsekvensbilden av dessa kan sammanfattas i följande konsekvensbilder:

- Onormal mekanisk påverkan av KTB.
- Omfattande brand i anslutning till KTB.

5.3.1 Onormal mekanisk påverkan av kapseltransportbehållarna

Behållaren har en verifierad hållfasthet (i enlighet med IAEA:s krav på typ B-behållare) vid ett fall från nio meters höjd mot ett stumt underlag. Ett sådant fall innebär att kapseln når marken med en hastighet av ca 50 km/h. Att underlaget är stumt, vilket kan motsvaras av ett massivt berg, innebär i praktiken att all energiupptagning vid kollisionen måste tas upp av behållaren självt. I en verklig kollision (eller fallolycka) kommer istället en mycket stor del av energin att absorberas i andra strukturer (fordon, lastbärare, vägmateriel etc.). Det innebär i sin tur att transportbehållarekipaget tål kollisioner i betydligt högre hastigheter, än de 50 km/h för vilken behållarens hållfasthet är verifierad.

Även om transportfordonet framförs med måttliga hastigheter (ca 10 km/h) kan kollisioner under landtransport inte uteslutas. Viktiga parametrar för konsekvensbilden är just hastighet och massa hos fordonen. Svåraste konsekvensen skulle därför kunna vara påkörning av ett höghastighetståg, ett scenario som kan uteslutas p g a att ingen järnväg finns i fordonets färdväg och närmiljö. Rimliga kollisionsscenarioer får istället sökas hos ordinär landsvägstrafik. Förväntade hastigheter för kolliderande fordon kan antas stå i omvänd proportion till fordonets massa, så att de högsta hastigheterna uppnås med relativt lätta fordon (typ sportbilar och motorcyklar). Genom den höga massan hos fylld kapseltransportbehållare (ca 95 ton) och att dess underkant i transportläge, befinner sig ca 1,5 meter över markplanet kommer den största kraftupptagningen att påverka det fordon som kör på transportbehållarekipaget. Inträffar en kollision med ett tyngre fordon, kommer en större energimängd att tas upp av kapseltransportekipaget, i första hand lastbärare och flak. Den del av behållarna som är konstruerade för att uppta krafter i händelse av kollision, fall etc., är de utanpå gavlarna monterade stötdämparna, som kan deformeras utan att själva behållarkroppen tar skada.

Ett värsta kollisionsscenario kan utgöras av en kollision med tankbil som transporterar bensen, eftersom detta leder till såväl mekaniska skador som en efterföljande brand. Såväl själva kollisionen som den påföljande explosion bedöms inte ge större påkänningar än den helt stumma kollisionen i 50 km/h som omtalas ovan. Detta då energin i kollisionen tas upp av andra strukturer och energin vid explosionen avlastas i omgivande luft. Konsekvenserna av en efterföljande brand diskuteras i 5.3.2.

För de krafter som påverkar lasten vid fartygskollisioner, kan konstateras att accelerations- och retardationskrafterna på själva fartyget vid kollisionen vida understiger vad behållarna tål. Inte heller vid direkt kollision mellan rammande fartyg och behållare väntas accelerationskrafterna kunna bli så höga att själva behållarna skadas. Däremot måste man förutsätta att surringar och bakomliggande strukturer kan skadas så att behållaren frigörs från sin position. Vid fritt fall i vatten uppnås så småningom en jämviktshastighet på 12-22 m/sek (olika beroende på orientering), som inte ökar vid vattendjup över ca 100 meter. Denna är av samma storleksordning som vid niometersfallet i luft, där hastigheten uppgår till 13 m/s då behållaren träffar underlaget. För detta fall har behållaren en verifierad hållfasthet. Därför dras slutsatsen att behållaren sannolikt klarar ett fall mot havsbotten utan att förlora sin integritet.

Vattentrycket på de djup som kan komma ifråga är mycket lägre än behållaren är dimensionerad för att motstå. Vattentest för att konstatera att behållaren tål yttre övertryck, motsvarande nedsänkning under minst 200 meter vatten under minst en timme har utförts. Behållare som tillverkats i enlighet med provexemplaren anses därmed uppfylla dessa kriterier. Transportbehållare som idag används för använt bränsle, TN17/2-behållaren, är så kraftig att den tål ett övertryck motsvarande ca 4000 meter vattendjup.

Om fartyget förliser med last, alternativt last faller ur fartyget, kommer behållarna att utsättas för havsvatten tills de bärgas. Behållarens täthet är baserad på den primära inneslutningen, medan yttre delar kan vara mer eller mindre skadade (stötdämpare, lock över genomföringar etc). De korrosionsangrepp som kan förväntas är ringa i förhållande till materialtjocklek och dimensioner. Behållaren skulle kunna ligga åtskilliga år i havet utan att drabbas av besvärande korrosionsangrepp. Även om behållaren skulle penetreras p g a icke förutsedda eller latent fel, skulle kopparkapseln utgöra en minst lika kvalificerad korrosionsbarriär som KTB:n.

5.3.2 Omfattande brand i anslutning till KTB

Vid en brand i behållarens omedelbara närhet kommer behållarens insida att värmas upp mycket långsamt, och inte till temperaturer i närheten av brandtemperaturen p g a behållarens stora massa. Noggranna beräkningar av förloppet vid en brand enligt IAEA:s testspecifikationer (d v s 800 °C under minst 30 minuter) kommer att återfinnas i behållarens säkerhetsredovisning, som tas fram i samband med konstruktion av denna.

Beräkningsresultat för befintliga TN 17/2-behållare (avsedda för transport av använt kärnbränsle) visar att behållarmantelnns inneryta ökar med mindre än 100 °C för detta brandfall. Det tar därför åtskilliga timmar under ett brandförlopp innan behållarens insida når sådana temperaturnivåer att barriären skadas eller genombryts. Denna maxtemperatur uppnås först åtskilliga timmar efter att branden släckts, eftersom temperaturutjämnningen sker långsamt i den stora massan. Godstjockleken i KTB kan dock väntas vara tunnare och får därför en något snabbare uppvärmning, än vad som beskrivs ovan.

Om transportbehållare utsätts för långvarig brand, är det i första hand packningarna mellan mantel och lock som påverkas eller förstörs. För de befintliga bränsletransportbehållarna förstörs packningarna vid en temperatur över ca 260 °C, vilket ger en otät behållare. Genombrott av kapseltransportbehållaren är därför inte särskilt realistiskt och om ett sådant genombrott trots allt skulle ske, finns kopparkapseln som nästa barriär. Även om kopparn har en lägre smälttemperatur och en bättre värmeledningsförmåga än den omgivande stålbehållaren, kommer den p g a den termiska trögheten inte att uppnå tillräckligt höga temperaturer. Att kopparkapseln integritet skulle påverkas av en brand är i princip inte möjligt eftersom detta skulle kräva en brand som varar i dygn och till det finns inte brännbart medium. Efter det att branden släcks ger behållaren mekaniskt skydd och strålskydd nog att möjliggöra återställande arbeten.

Ansökan enligt kärntekniklagen

Toppdokument

Begrepp och definitioner

Bilaga SR

Säkerhetsredovisning för slutförvaring av använt kärnbränsle

Bilaga SR-Drift

Säkerhetsredovisning för drift av slutförvarsanläggningen

Bilaga SR-Site

Redovisning av säkerhet efter förslutning av slutförvaret

Bilaga AV

Preliminär plan för avveckling

Bilaga VP

Verksamhet, organisation, ledning och styrning
Platsundersökningsskedet

Bilaga VU

Verksamhet, ledning och styrning
Uppförande av slutförvarsanläggningen

Bilaga PV

Platsval – lokalisering av slutförvaret för använt kärnbränsle

Bilaga MV

Metodval – utvärdering av strategier och system för att ta hand om använt kärnbränsle

Bilaga MKB

Miljökonsekvensbeskrivning

Bilaga AH

Verksamheten och de allmänna hänsynsreglerna

Kapitel 1

Introduktion

Kapitel 2

Förläggningsplats

Kapitel 3

Krav och konstruktionsförutsättningar

Kapitel 4

Kvalitetssäkring och anläggningens drift

Kapitel 5

Anläggnings- och funktionsbeskrivning

Kapitel 6

Radioaktiva ämnen i anläggningen

Kapitel 7

Strålskydd och strålskärning

Kapitel 8

Säkerhetsanalys

Repository production report

Design premises KBS-3V repository report

Spent fuel report

Canister production report

Buffer production report

Backfill production report

Closure production report

Underground opening construction report

Ramprogram för detaljundersökningar vid uppförande och drift

FEP report

Fuel and canister process report

Buffer, backfill and closure process report

Geosphere process report

Climate and climate related issues

Model summary report

Data report

Handling of future human actions

Radionuclide transport report

Biosphere analysis report

Site description of Forsmark (SDM-Site)

Comparative analysis of safety related site characteristics

Samrådsredogörelse

Metodik för miljökonsekvensbedömning

Vattenverksamhet

Laxemar-Simpevarp

Vattenverksamhet i Forsmark I

Bortledning av grundvatten

Vattenverksamhet i Forsmark II

Verksamheter ovan mark

Avstämning mot miljömål