



DokumentID 1335231	Version 1.0	Status Godkänt	Reg nr	Sida 1 (39)
Författare Mathias Edelborg, Westinghouse			Datum 2013-08-28	
Kvalitetssäkrad av Marika Andersson (KG)			Kvalitetssäkrad datum 2013-12-11	
Godkänd av Peter Larsson			Godkänd datum 2013-12-11	

## Jämförelse mellan alternativen hel respektive segmenterad reaktortank

## Sammanfattning

I rapporten analyseras de båda alternativen omhändertagande av hel respektive segmenterad reaktortank utgående från aspekterna säkerhet, miljö, teknisk genomförbarhet, kostnad, tidsåtgång samt risker/möjligheter. Det är en jämförande analys där de båda alternativen utvärderas objektivt, utan att någon rekommendation görs för något specifikt alternativ. Utvärderingen omfattar de svenska BWR-tankarna dvs. B1, B2, R1, F1-F3 samt O1-O3. Någon total utvärdering (eller jämförande analys) har inte kunnat göras på grund av stora variationer och luckor i referensinformationen. Kostnader för åtgärder för mottagning av hela reaktortankar i SFR har inte varit tillgängliga för jämförelsen.

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Bakgrund</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Mål</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Förutsättningar</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Metodik</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Teknisk genomförbarhet</b> .....	<b>7</b>
5.1	Flexibilitet och behov av förändringar .....	7
5.1.1	På kärnkraftverken .....	7
5.1.2	Transport .....	8
5.1.3	I SFR .....	9
5.2	Utrymme i SFR.....	10
5.2.1	Hel reaktortank.....	10
5.2.2	Segmenterad reaktortank.....	10
5.3	Möjlighet till dekontaminering och återvinning .....	10
5.4	Jämförelsematrix teknisk genomförbarhet.....	10
<b>6</b>	<b>Tidsåtgång</b> .....	<b>11</b>
6.1	Tidsåtgång för demontering av hel reaktortank.....	11
6.1.1	Tid för utbyggnad av SFR.....	12
6.2	Tidsåtgång för segmentering av reaktortank .....	12
6.3	Jämförelse mellan alternativen Heltank respektive Segmenterad reaktortank .....	13
6.4	Jämförelsematrix tidsåtgång.....	13
<b>7</b>	<b>Kostnader</b> .....	<b>14</b>
7.1	Kostnad för demontering av hel reaktortank (från bef. position till hamn).....	14
7.1.1	Rapport Westinghouse SEW 07-182.....	14
7.1.2	Rapport Scanscot 07202/R-04.....	15
7.1.3	Rapport TLG S33-1567-002 .....	15
7.1.4	Rapport BKAB 2110611/2.0.....	15
7.1.5	Rivningsstudier för O1, O2, O3, F1, F2 samt F3 .....	15
7.2	Kostnad för segmentering av reaktortank.....	15
7.2.1	Rapport Westinghouse SEW 09-228.....	15
7.2.2	Rapport TLG S33-1567-002 .....	16
7.2.3	Rapport BKAB 2110611/2.0.....	16
7.2.4	Rivningsstudier för O1, O2, O3, F1, F2 samt F3 .....	16
7.3	Kostnad för transport från hamn vid kkv ner i SFR för heltanksalternativet.....	16
7.3.1	Rapport Westinghouse SEW 07-182.....	16
7.3.2	SKB.....	16
7.4	Kostnad för transport från hamn vid kkv ner i SFR för segmenterad reaktortank.....	16
7.5	Kostnad för ny tunnel i SFR (och kostnader för ev andra åtgärder i SFR).....	16
7.6	Resultat och diskussion .....	17
7.6.1	Heltank .....	17
7.6.2	Segmentering.....	18
7.6.3	Påverkan på kostnaderna för rivning av kärnkraftverk .....	18
7.6.4	SFR.....	18
<b>8</b>	<b>Säkerhet</b> .....	<b>18</b>
8.1	Strålsäkerhet vid kärnkraftverket.....	18
8.1.1	Hel reaktortank.....	18
8.1.2	Segmenterad reaktortank.....	19
8.2	Strålsäkerhet vid transport.....	20

8.2.1	Hel reaktortank	20
8.2.2	Segmenterad reaktortank	20
8.3	Säkerhet i SFR	21
8.3.1	Hel reaktortank	21
8.3.2	Segmenterad reaktortank	21
8.4	Långsiktig säkerhet	21
8.5	Radiologiska risker/utsläpp	21
8.5.1	Hel reaktortank	21
8.5.2	Segmenterad reaktortank	21
8.6	Arbetsmiljö	21
8.7	Kollektivdos vid hantering	21
8.7.1	Utlyft av hel reaktortank	22
8.7.2	Segmentering av reaktortank	22
8.7.3	Transport från Kärnkraftverk till båt	23
8.7.4	Sjötransport	23
8.7.5	Transport från båt till slutförvar	24
8.7.6	Sammanfattning kollektivdos	24
8.8	Sammanfattande matris säkerhet	24
<b>9</b>	<b>Miljö</b>	<b>25</b>
9.1	Energiförbrukning	26
9.1.1	Heltankslösning	26
9.1.2	Segmenterad reaktortank	26
9.1.3	Jämförelse av energiförbrukningen för Barsebäcks reaktortankar	26
9.2	Antal transporter, transportslag och transportvägar	27
9.2.1	Heltankslösningen	27
9.2.2	Segmenterad tank	28
9.2.3	Jämförelse av transportsträckor och antalet transporter	28
9.3	Avfallsmängder och olika typer av kollin	28
9.3.1	Hel reaktortank	28
9.3.2	Segmentering av reaktortank	28
9.4	Mängd bergmassor från SFR	29
9.5	Sekundärt avfall	29
9.5.1	Hel reaktortank	29
9.5.2	Segmentering av reaktortank	29
9.6	Jämförelsesmatris miljö	30
<b>10</b>	<b>Risker/möjligheter</b>	<b>30</b>
10.1	Rivningsprojekt kärnkraftverken	31
10.2	Transporter	32
<b>11</b>	<b>Resultat</b>	<b>34</b>
<b>12</b>	<b>Slutsats</b>	<b>36</b>
<b>13</b>	<b>Referenser</b>	<b>38</b>

## Bilaga 1. Transportsträckor

## FÖRKORTNINGAR

ATB	Avfallstransportbehållare
B1/B2	Barsebäck 1/2
BKAB	Barsebäck Kraft AB
BRT	Bergssal för reaktortankar (i SFR)
BWR	Boiling Water Reactor
F1/F2/F3	Forsmark 1/2/3
FKA	Forsmarks Kraftgrupp AB
O1/O2/O3	Oskarshamn 1/2/3
OKG	Oskarshamns Kraftgrupp AB
R1	Ringhals 1
RAB	Ringhals AB
Ro-ro	Roll on, roll off. Fartyg som är konstruerade för att lasten lätt ska kunna köras ombord och i land
RTT	Reaktortanktransporttunnel
SKB	Svensk Kärnbränslehantering
SFL	Slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall
SFR	Slutförvaret för kortlivat låg- och medelaktivt avfall
SPMT	Self-Propelled Modular Transporter
TLG	TLG (Thomas La Guardia) Services Inc
WSE	Westinghouse Electric Sweden AB

## 1 Bakgrund

Vid rivning av kärnkraftverk finns det i dagsläget två alternativ för omhändertagande av reaktortankar, som hel eller segmenterad reaktortank. Ett flertal rapporter har skrivits som utvärderat dessa alternativ ur olika aspekter. I föreliggande rapport har det referensmaterial som beskrivs i kapitel Referenser använts som underlag.

## 2 Mål

Denna rapport har som mål att, utgående från referensmaterialet, analysera de båda alternativen omhändertagande av hel respektive segmenterad reaktortank utifrån aspekterna teknisk genomförbarhet, tidsåtgång, kostnad, säkerhet, miljö samt risker/möjligheter. Analysen omfattar hanteringskedjan från demontering vid kärnkraftverket till slutförvaring i SFR. Det är en jämförande analys där de båda alternativen utvärderas objektivt, utan att någon rekommendation görs för något specifikt alternativ. Utvärderingen ska omfatta de svenska BWR-tankarna dvs. B1, B2, R1, F1-F3 samt O1-O3. Rapporten ska kunna användas som underlag för ansökan för SFR:s utbyggnad.

## 3 Förutsättningar

- Segmentering av interndelar ingår ej i analysen.
- Segmenterade reaktortankar förpackas i fyrkokillslådor (i rapporten även kallad fyrkokiller) för slutförvaring i SFR .
- Fyrkokillslådorna förutsätts utgöra ett standardemballage och del av aktuellt transportsystem. Därmed antas bland annat erforderliga säkerhetskrav vara uppfyllda, nödvändiga tillstånd finnas och kostnader vara finansierade av aktuellt transportsystem.
- Ingen mellanlagring sker av hela BWR-tankar innan transport och deponering i SFR.
- I de fall buffertlagring för segmenterade reaktortankar krävs förutsätts att ett sådant lager finns på platsen.
- Layoutmässiga förutsättningar i SFR hämtas från aktuellt projekteringsläge, layout L1.5.
- Reaktortankar ska avisoleras innan vidare hantering.
- Reaktortankarna ska genomgå en dekontaminering innan vidare hantering.
- Referensurvalet är begränsat till de referenser som delgetts projektet av beställaren.

## 4 Metodik

I rapporten utvärderas alternativen hel respektive segmenterad reaktortank utgående från fem aspekter: teknisk genomförbarhet, tidsåtgång, kostnad, säkerhet, miljö samt risker/möjligheter. Varje område motsvaras av ett kapitel som avslutas med en matris där skillnaderna mellan alternativen övergripigt åskådliggörs. Ett efterföljande kapitel presenterar skillnaderna från föregående kapitel mellan respektive alternativ. De viktigaste slutsatserna ur varje aspekt sammanställs och presenteras sist i ett slutsatskapitel.

Förutom referenserna i referenslistan, se kapitel 13, har följande underlag använts som arbetsmaterial vid framtagandet av denna rapport.

Tabell 4-1: Underlag

Löpnummer	Underlag
A	Westinghouse, Decommissioning study of Forsmark 1 - 3, rev 0, 2011
B	Westinghouse, Decommissioning study of Oskarshamn 1 - 3, rev 0, 2011
C	Westinghouse, BKAB – Segmentering av interndelar och reaktortank på Barsebäck 1 och 2, Tids- och kostnadsuppskattning, SEW 09-344, rev 0, november 2009

## 5 Teknisk genomförbarhet

Kapitlet utvärderar vilka förändringar som måste ske i reaktorbyggnaden för respektive alternativ på kärnkraftverken, vid transport och slutligen i SFR samt i vilken utsträckning dessa kan anses genomförbara ur teknisk synvinkel.

### 5.1 Flexibilitet och behov av förändringar

#### 5.1.1 På kärnkraftverken

##### *Hel reaktortank*

Referens ”Barsebäck 1 och 2 Rivning – Demontering av hel reaktortank - Detaljerad studie av tre metoder” [2] visar på tre olika möjligheter för B1/B2 att demontera och transportera hel reaktortank till hamnen vid Barsebäck. Dessa är lyft genom yttertak, uttransport av stående reaktortank och nedsänkning inom reaktorinneslutningen. Förutsättningarna för denna referensrapport är att interndelarna är kvar men det innebär ingen principiell skillnad för tillvägagångssätten utan interndelar.

Alla tre möjligheter bedöms som fullt genomförbara tekniskt och en sammanvägd utvärdering av de 3 alternativen är gjord i referens [2]. Nedsänkning inom reaktorinneslutningen är det som rapporten föreslår som bästa alternativ. Nedsänkningen och uttransport genom väggen kräver att dieselbyggnaderna rivs på utsidan av varje block samt att dieseltankar rivs. Tillfälliga bjälklag och byggnad för skydd av hanteringsbassäng ställs också upp.

Även de två andra metoderna beskrivna i [2] ”Lyft genom tak” och ”Uttransport stående” kräver rivning av utvändiga byggnader i B1/B2 i samma omfattning. ”Stående uttransport” kräver att tak och delar av väggar tillfälligt rivs, medan alternativet ”Lyft genom tak” att taket tillfälligt rivs.

I referens ”Rivningsstudie av demontage, lyft, transport, mellanlagring och slutförvaring av hel reaktortank” [6] beskrivs arbeten med slutförvaring av samtliga svenska reaktorer. B1/B2 används som referens i denna rapport för övriga reaktorer. I rapporten är enbart alternativet ”Lyft genom yttertak” förutsatt. De två andra metoderna för rivning är ej studerade i denna rapport. Lyft av reaktortanken kräver för de flesta reaktorerna i Sverige att någon yttre byggnad rivs för att montera ihop kranen och/eller för att minska utligger för kranen, se [6]. Ingen rivning av byggnader i Forsmark behövs för kranlyft genom tak.

Efter utlyft och före transport till hamn måste ett antal åtgärder vidtas av reaktortanken, till exempel:

- Tätsvetsning av samtliga röranslutningar och genomföringar.
- Sanering av ev. lös kontamination på utsidan av reaktortanken.
- Ev. täckning med presenningar.
- Demontage av reaktortanksisolering [6].
- Montage av strålskärm runt reaktortankens härd [6].
- Slutligen fastsvetsning av reaktortankarna i vaggor, som ligger på transportfordonet, anpassade för respektive tank [6].

Transportvägar till hamn bedöms klara den markbelastning som uppstår för alla BWR-reaktorer. Även storleksmässigt bedöms transportvägarna vara fria, eventuellt är mindre rivningar nödvändiga och flytt av staket. [6]

Oavsett vilket tillvägagångssätt som väljs vid demontage av hel reaktortank, förutses någon form av förändring i byggnadskonstruktionen för samtliga BWR-tankar.

## **Segmenterad reaktortank**

I rapporten ”*BKAB – Segmentering av Interndelar och reaktortank på Barsebäck 1 och 2 Förstudie*” [3] beskrivs metoder och program för segmentering av de radioaktiva delarna av reaktortanken. Metoderna beskrivna är:

- Termiska: Plasmaskärning, Skärbränning och Gnistning
- Mekaniska: Klippning, Bandsågning, Klingsågning
- Icke konventionella: Abrasiv vattenskärning.

Metoderna för segmentering är kända tekniskt och för- samt nackdelar med respektive metod är sammanfattade i [3] och underlag A och B i tabell 4-1.

Utrustningen för segmentering av reaktortank baseras på samma teknik som den utrustning som används för interndelar. I [3] beskrivs hur reaktortanken kan segmenteras fjärrstyrt genom att med skärbrännare kapa tanken uppifrån i ringar, c:a två meter i taget. Ringarna från reaktorn lyfts över till interndelsbassängen. I interndelsbassängen segmenteras reaktoringarna till storlekar anpassade för avfallscontainrar. Beroende på strålningsnivån kan delarna deponeras antingen i fyrkokiller (t.ex reaktortankdelar nära härden) eller i ISO-containrar (reaktortankdelar längre från härden) [3].

För segmentering av reaktortank krävs installation av vattenreningsutrustning och ventilation för att ta hand om biprodukter från plasmaskärningen. Biprodukter är exempelvis gaser samt slaggföroreningar i vattnet. Däremot behövs ingen ombyggnad eller rivning av befintliga byggnader [3]. Det krävs även att de reaktortankar som hänger i bjälklaget stötts då segmenteringen når nivån för stödflänsen.

Segmenteringsförfarandet som beskrivs ovan för reaktortankarna i Barsebäck bedöms vara tillämpligt även för övriga svenska BWR-tankar då det inte förekommer några installationstekniska hinder för utförandet. Undantaget är att de modernare reaktorerna (F1-F3 och O3) hänger i en stödfläns (medan de äldre står på ett stativ) och således måste ett annat stöd hålla upp tanken när flänsen lyfts bort och kapas. Detta stöd kan fästas t.ex. i biologiska skärmen eller på botten av inneslutningen. Utöver detta innebär metodbeskrivningen att inte någon annan anpassning i t.ex. byggnadskonstruktion krävs.

### **5.1.2 Transport**

Transporterna kan beskrivas i tre delmoment:

- Transport från reaktorbyggnad till hamn
- Sjötransport
- Transport från SFR:s hamn till SFR

#### **Transport hel reaktortank**

##### **Transport från reaktorbyggnad till hamn**

Referens [6] pekar på möjligheter att transportera hela reaktortankar på alla kärnkraftverk med sk SPMT-teknik (Self-Propelled Modular Transporter). Detta är känd teknik för att transportera tunga vikter. SPMT utgörs av fordonsmoduler, där varje modul är ett självständigt transportfordon som kan kopplas samman med andra moduler till att bilda större enheter. Varje modul består av en plan yta för påläggning av last och är försedd med kraftiga hjul. Fordonen kan höja och sänka sin last 0,35 m.

SPMT-kombinationerna för transporterna anpassas för respektive reaktortank med hänsyn till längd vikt och tillåten markbelastning. Tankarna körs hela vägen med fordonet från reaktorbyggnaden till kärnkraftverkets hamn.

För transport gällande Forsmarks reaktortankar sker denna från respektive block till SFR helt och hållet med SPMT-fordon.



## **Sjötransport**

I SKB:s befintliga transportsystem för radioaktivt material används fartyget Sigyn. Sigyn kommer under 2013 att ersättas av ett nytt fartyg, Sigrid. Hel reaktortank inte kan transporteras med Sigyn eller Sigrid. Begränsningen för att ta emot reaktortankarna är framför allt lasthöjden. Lägsta höjden som Sigrids lastrum uppvisar är 7 m.

Det är ur transportteknisk synpunkt fullt möjligt att använda sig av fartyg som t.ex. Ro-ro fartyg eller pråm vid transport av B1/B2:s reaktortankar.

I [6] transporteras hel reaktortank till respektive kärnkraftverks hamn, där ombordkörning av fordon med reaktortank sker på en transportpråm. På pråmen grenslar fordonet ett utlagt betongfundament så att reaktortankens upplagsbalkar hamnar ovanför fundamentet. Vid nedsänkning av fordonet tas reaktortankens vikt upp av fundamentet. Tanken förankras sedan på lämpligt sätt i pråmen. Fordonet blir kvar ombord och används vid avlastning. Sjötransporten sker sedan till SFR:s hamn. Det antas inte finnas behov av åtgärder i hamnen för att pråmar med hela reaktortankar ska kunna komma in då reaktortankarna har kommit in denna väg då de installerades i Forsmark. Detta förfarande är giltigt för alla reaktortankarna med undantag av Forsmarks reaktortankar som transporteras direkt till SFR.

Transportsträckor för varje reaktor finns angivna i bilaga 1.

### **SFR:s hamn till slutförvar**

Den hela reaktortanken körs av pråmen vidare till ett hamnplan med samma SPMT-fordon som användes vid pålastningen och som fortfarande står under tanken på pråmen.

SPMT-fordonet som följer med pråmen och används till avlastning är anpassat efter tillåten markbelastning på kärnkraftverket. För att transportera ner reaktortanken till slutförvar måste fordonet vara anpassat även till lutning (motorstyrka) och max tillåten svängradie. Om inte pråmfordonet har tillåten svängradie/motorstyrka måste omlastning ske till sådant SPMT-fordon som gör manövrer lättare i transportgångarna. Hur omlastning kan ske beskrivs under avsnittet ”Transport från reaktorbyggnad till hamn”.

### **Transport segmenterad reaktortank**

Segmentering av reaktortank kräver inga nya former av transportbehållare utan standardbehållare används, såsom fyrkokillslådor, vilka förutsätts ingå i SKB:s aktuella transportsystem.

### **Transport från reaktorbyggnad till hamn**

Transport av emballage förutses ske inom ramen för aktuellt transportsystem.

## **Sjötransport**

För sjötransport förutsätts användning av Sigyn (eller ersättaren Sigrid).

### **SFR hamn till slutförvar**

Transport av emballage förutses ske inom ramen för aktuellt transportsystem.

### **5.1.3 I SFR**

För att slutlagra hela reaktortankar i SFR planeras en bergssal att byggas i samband med utbyggnaden. Om i stället reaktortankarna segmeneteras för att förpackas i fyrkokillslådor (i denna rapport antas att segmenterade reaktortankar placeras i fyrkokillslådor och kringgjuts innan transport och deponering) medför detta att man antingen behöver bygga en ytterligare bergssal för medelaktivt avfall när man bygger ut SFR eller att de tilltänkta bergssalarna kan expanderas.

## 5.2 Utrymme i SFR

### 5.2.1 Hel reaktortank

#### ***Ny tunnel för transport ner till slutförvarsnivå***

Fyra alternativ för transport av hela BWR-tankar ned till SFR har utvärderats av SKB. Efter utvärdering kvarstår ett alternativ som innefattar tillbyggnad av en ny tunnel. Den nya drifttunneln ner till slutförvar bör utformas så att profilen på tunneln anpassas till de största reaktorerna från F3/O3 lastat på ett SPMT-fordon. Tvärsnittsarean på tunneln blir då cirka 9×9 meter [6]. Den nya tunneln måste byggas med lutning och svängradie anpassat till dessa transportfordon.

Volymen bergmassor som måste tas ut p.g.a. tunnelutbyggnaden från påslaget sektion 0 ner till sektion 975 m uppgår till 100 000 m<sup>3</sup> teoretisk fast volym. Vid deponering på bergupplag räknas den fasta volymen om till lösa bergmassor med faktorn 1,5. Detta ger en total volym på ca 150 000 m<sup>3</sup> lös volym.

#### ***Slutförvaringsvolym***

Slutförvaringsvolym (netto) för tankarna framgår av underlag A och B i tabell 4-1.

Slutförvaringsvolymen för reaktortankarna på Forsmark och Oskarshamn är mellan 645 – 1 190 m<sup>3</sup> per reaktortank. Ett utrymme på ca 6 200 m<sup>3</sup> krävs således för dessa tankar. Till detta tillkommer övriga BWR-tankar: B1, B2 samt R1. B1 och B2 kan dimensionsmässigt jämföras med O2 vilket ger en volym på 790 m<sup>3</sup> per reaktortank. Dimensionerna på R1:s reaktortank ger ett volymsbehov på 850 m<sup>3</sup> [15]. Detta ger en total slutförvaringsvolym på ca 8 600 m<sup>3</sup> i SFR för de svenska BWR-tankarna.

### 5.2.2 Segmenterad reaktortank

#### ***Slutförvaringsvolym***

Den slutförvaringsvolym (netto) som förutses för fyrkokillerna från Forsmark och Oskarshamn upptar volymer från 401 - 740 m<sup>3</sup> per reaktortank underlag A och B i tabell 4-1. Totalt rör det sig om en volym på ca 3 800 m<sup>3</sup>. För R1 upptar fyrkokillerna 615 m<sup>3</sup>. För B1 och B2 antas O2:s volym på 540 m<sup>3</sup> per reaktortank. Detta ger en total slutförvaringsvolym för samtliga fyrkokiller på ca 5 500 m<sup>3</sup> i SFR. Till ovan angivna volymer tillkommer ytterligare behov av slutförvarsutrymme på grund av tillkommande sekundäravfall så som sågklingor, jonbyttarmassa från rening samt filter.

## 5.3 Möjlighet till dekontaminering och återvinning

Området kring härden i reaktortanken uppvisar inducerad aktivitet och är därmed inte lämplig att dekontamineras då inducerad aktivitet inte påverkas av en systemdekontaminering. Detta skulle annars kunna vara relevant ur ALARA-synpunkt.

Ingen av referenserna har räknat med att kunna återvinna delar av reaktortanken efter segmentering, även om detta skulle kunna vara möjligt. Däremot kan vid segmentering en uppdelning ske i högre eller lägre strålningsnivåer för de olika delarna som därmed kan hanteras som låg- eller medelaktivt avfall i SFR.

## 5.4 Jämförelsematrix teknisk genomförbarhet

Bägge alternativen är tekniskt möjliga att genomföra med den teknik som är känd idag. För heltanksalternativet krävs dock mer förändringar, t.ex. behövs ingrepp på byggnader och även transporter tillkommer till SKB:s transportsystem jämfört med segmenteringsalternativet. Tabell 5-1 visar en jämförelsematrix för den tekniska genomförbarheten.

Tabell 5-1: Jämförelsematrix teknisk genomförbarhet

	Heltank	Segmenterad reaktortank
Förändringar på kärnkraftverken	- Rivningsarbeten på byggnader för tillträde med kranar, resmaster eller genom att använda reaktorhalls-traversen för att sänka reaktortanken. - Tillfälliga öppningar i byggnad.	- Installation av reningsutrustningar för vatten och luft vid skärbeten. - Stöttning av reaktortankar som hänger i bjälklaget. - Hanteringsutrustning för fyrkokiller i reaktorhallen
Förändringar vid transporter	- Landtransport kräver specialfordon men välkänd teknik. - Sjöfrakt med pråm eller Ro-ro-fartyg.	- SKBs transportsystem till land och sjöss används.
Förändringar i SFR	- Ny transporttunnel byggs (RTT), 100 000 m <sup>3</sup> .	- Transporter sker i befintliga tunnlar
Behov av utrymme för slutlagring i SFR	- En slutförvaringsvolym (netto) i SFR på ca 8 600 m <sup>3</sup> krävs för BWR-tankarna.	- En slutförvaringsvolym (netto) i SFR på ca 5 500 m <sup>3</sup> krävs för fyrkokillslådorna.
Möjlighet till dekontaminering / återvinning	- Ej tillämpligt	- Ej tillämpligt. Dock uppdelning i låg-/medelaktivt avfall

## 6 Tidsåtgång

I tidsåtgången för hanteringskedjan är arbetet på site med demontering alternativt segmentering av reaktortanken det mest tidskrävande momentet. Totaltiden på site för demontering/segmentering beräknas i referensmaterialet till omkring tjugo till femtio veckor. Tiden för utlyft av reaktortanken från reaktorhall till transportfordon beräknas till cirka en vecka [6]. Demontering av stora komponenter har även i [9] och underlag A och B i tabell 4-1 identifierats som det tidskritiska momentet i rivningsprojekt av denna typ. I kapitlet beaktas tidsåtgång vid nedsänkning av reaktortanken samt för lyft genom yttertak.

Tid för projektplanering, resor och myndigheters handläggningstid har inte tagits med i beräkningen.

För segmentering av tank och interndelar förutsätts i [3] och underlag C i tabell 4-1 att berörd personal jobbar 3-skift alla dagar i veckan, medan i underlag A och B i tabell 4-1 har 2-skift och femdagarsvecka förutsatts. Allt arbete har i denna rapport räknats om till 2-skift, fem dagar i veckan för att kunna vara jämförbart. Dock anges det ej i [6] vilken typ av arbetstid som legat till grund för beräkningen. Alla tidsuppskattningar har gjorts i kalendertid.

### 6.1 Tidsåtgång för demontering av hel reaktortank

#### Nedsänkning av reaktortank

I [2] rekommenderas att uttransport av reaktortanken (med interndelar kvar i tanken) ska ske via nedsänkning till markplan och sedan genom en riven vägg i reaktorbyggnaden. Tiden för uttransport beräknas till 24 veckor. I tiden innefattas bland annat ingrepp i byggnadskonstruktionen före och efter

nedsänkning, montering av lyftutrustning (reaktortanken lyfts först innan nedsänkning sker), frigöring av reaktortank, lyft/förankring av tank, montering av lanseringsutrustning, sänkning, vändning och lansering, demontering av lyftutrustning och transport till hamn. Rapporten utgår från B1 och B2.

#### *Utlyft av reaktortank*

För lyft av hel reaktortank uppskattas själva arbetet på site i [6] till ca 20 veckor. I dessa veckor ingår demontageförberedelser i form av följande huvudaktiviteter: systemrivning utanför reaktortank, hantering av tankisolering samt mark- och förstärkningsåtgärder. Även arbete med etablering av kran ingår samt frigöring av reaktortank, förberedelser för tanklyft samt lyft av själva reaktortanken. Tiden baseras på F1:s reaktortank med interna pumpar men har utökats utgående från en reaktortank med externa pumpar. Hantering av interndelar ingår inte i angiven tid.

I [2] anges sammanlagd tid för att lyfta ut en reaktortank med lyftkran till 15 veckor. Precis som för nedsänkingskonceptet avser tiden demontering av tank från befintlig position i reaktorinneslutningen till anläggningens hamn. Även här utgår angiven tid för B1 och B2, och interndelar förutsätts vara kvar i tanken.

I [7] anges att demontering av en hel reaktortank med segmentering av interndelar uppgår till ca 1,5 år.

Studierna i underlag A och B i tabell 4-1 har alla utförts på liknande sätt och resultatet för tidsuppskattningarna varierar mellan de olika blocken. Tiderna avser F1-F3 samt O1-O3 och sträcker sig från 28 – 50 veckor per reaktortank, se tabell 6-1. I tiderna ingår byggnads – och markförberedelser, förberedelser inför utlyft av reaktortank som t.ex. avisolering av tank, samt utlyft och efterföljande städning.

Tiderna skiljer sig åt mellan de olika referensrapporterna, vilket troligtvis beror på de olika underlag som studierna utgått från. I [6] baseras angiven tid för utlyft på en äldre studie som utgår från F1. I [2] har utgått från underleverantörers offerter och i underlag A och B i tabell 4-1 utgås från en amerikansk studie vars data enbart ändrats gällande reaktortankstorlek och -vikt.

### **6.1.1 Tid för utbyggnad av SFR**

De hela reaktortankarna är tänkta att deponeras i en dedikerad del av SFR kallad BRT (bergssal för reaktortankar). En ny transporttunnel måste även byggas till BRT för att kunna få ner de hela reaktortankarna. Tiden för att bygga BRT och transporttunneln är svåruppskattad eftersom bergarbetena utförs på flera fronter samtidigt. Istället får man utgå ifrån den totala arbetstiden för bergarbetena. Bergarbetena bedöms baserat på referensutformning L1.5 ta ca 34 månader totalt.

En bedömning har gjorts att om en BLA bergsal tas bort så sparas ca 3 månader totalt. Baserat på detta görs bedömningen att om BRT tas bort så är tidsbesparingen i samma storleksordning.

När det gäller RTT (reaktortankstransporttunneln) från påslaget sektion 0 ner till sektion 975 m så ligger de arbetena inte på kritisk linje i tidplanen. Tidsmässigt görs tunneln i princip parallellt med övriga aktiviteter. Här görs därför bedömningen att ingen tidsvinst erhålls om RTT 0 till 975 m utgår.

Att bygga en bergsal för hela reaktortankar eller en ny bergsal för medelaktivt avfall för de segmenterade reaktortanksdelarna beräknas uppskattningsvis ta lika lång tid att bygga.

## **6.2 Tidsåtgång för segmentering av reaktortank**

I [3] anges total tid för seriell segmentering inklusive interndelar av B1 och B2 till ca 2,5 år. I underlag C i tabell 4-1 presenteras segmenteringstiden från [3] mer detaljerat med avseende på vilka arbetsmoment som ingår vid segmentering samt de tider som respektive moment tar. I underlag C i tabell 4-1 framgår att segmentering av reaktortanken för B1 och B2 tar ca 39 veckor per reaktortank. Segmentering sker med både mekanisk och termisk kapning, och avser moment som har att göra med t.ex. montage, konstruktion, service och underhåll, strålskydd och sanering.

Övriga rapporter i referensunderlaget som anger tider för segmentering är [1] samt [7]. Dessa rapporter har [3] och underlag C i tabell 4-1 som underlag, och följaktligen framgår där att seriell segmenteringstid inklusive interndelar för B1 och B2 är 2,5 år.

Studierna i underlag A och B i tabell 4-1 har alla utförts på liknande sätt och har små variationer i tidsuppskattningar för olika block. Tiderna för segmentering av reaktortank avser F1-F3 samt O1-O3 och sträcker sig från 43 – 50 veckor per reaktortank, se tabell 6-1. I tiderna ingår själva segmenteringsutförandet samt uppstädning som t.ex. avlägsning av utrustning.

Tidsuppskattningen för segmentering av reaktortankar skiljer sig något åt och antas främst bero på att 3-skift sju dagar i veckan sker för den tid som anges i [3], underlag C i tabell 4-1, jämfört med 2-skift 5 dagar i veckan som anges i underlag A och B i tabell 4-1. I tabell 6-1 har kalendertiden för 3-skift räknats om till 2-skift för att kunna vara jämförbart.

### **6.3 Jämförelse mellan alternativen Heltank respektive Segmenterad reaktortank**

En studie [7] av omhändertagande för Barsebäcks reaktortankar uppskattar att hela rivningsprojektets längd kan minskas med ca 1 år per reaktor vid val av heltanksalternativet. Detta oberoende om demontage sker via nedsänkning eller lyftkran. Tidsvinsten kommer av att beroenden mot övriga rivningsaktiviteter minskas. I rapporten bedöms t.ex. att snabbare tillgång kan fås till traverser och lyftdon i reaktorbyggnaden vid heltanksdemontage jämfört med segmentering, eftersom demontaget beräknas ta kortare tid att utföra än själva segmenteringen. Snabbare tillgång till nämnd utrustning innebär att systemrivningen då kan påbörjas tidigare, vilket bedöms korta ner rivningstidplanen. Ytterligare exempel på minskat beroende anges i [7].

I underlag A och B i tabell 4-1 anges att tidvinster för rivningsprojekten görs vid heltanksdemontage på F1-F3 och O1-O3, på mellan 3 till 6 kalendermånader, se tabell 6-1. Tidsvinsterna som görs beror främst på att heltanksdemontage tar kortare tid än segmentering av reaktortank, och därmed kan efterföljande aktiviteter påbörjas och/eller slutföras tidigare jämfört med segmenteringsalternativet. Sådana aktiviteter rör t.ex. avfallshantering och slutförvaring samt rivning av bland annat reaktorinneslutningen, reaktor- samt turbinbyggnaden. Tidsvinster sker även för några av reaktortankarna genom att till exempel byggnadsrivning och markförberedelser kan påbörjas samtidigt som segmentering av interndelar utförs.

För heltanksalternativet och utbyggnaden av BRT och RTT görs bedömningen att tidsåtgången blir 3 månader extra p.g.a. dessa arbeten i SFR.

### **6.4 Jämförelsematris tidsåtgång**

Nedan redovisas referensmaterialets uppskattning av tidsåtgången för demontage av heltank samt segmentering av reaktortank.

Vid jämförelse av tiderna mellan demontering av heltank och segmentering av reaktortank, är flertalet angivna tider för heltanksalternativet kortare än de tider som anges för segmentering, se tabell 6-1. I vissa fall pågår dock demontaget under en längre tid än segmenteringen av reaktortank (O1 och O2), men heltanksalternativet ger dock även i dessa fall en tidsvinst på rivningsprojektet. Det beror på att heltankslyftet påbörjas under segmentering av interndelar, och på så sätt fås en tidsvinst. Att heltankslyftet tar mindre tid i förhållande till segmenteringsalternativet leder bland annat till att efterföljande aktiviteter kan påbörjas tidigare med förkortning av den totala rivningstidplanen som följd.

Tabell 6-1: Tidsåtgång vid demontage av heltank samt segmenterad reaktortank

Tidsåtgång för demontage av hel reaktortank (veckor)	B1	B2	F1	F2	F3	R1	O1	O2	O3
Nedsänkning inkl. interndelar kvar i tank [2]	24	24	-	-	-	-	-	-	-
Utlyft inkl. interndelar kvar i tank [2]	15	15	-	-	-	-	-	-	-
Utlyft (exkl. interndelar) [6]	20								
Utlyft (exkl. interndelar), underlag A och B i tabell 4-1	-	-	31	28	28	-	50	48	28
<b>Tidsåtgång för segmentering av reaktortank (veckor)</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>R1</b>	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>
Enligt [3] och underlag C i tabell 4-1, båda underlagen exkl. interndelar	45*	45*	-	-	-	-	-	-	-
Underlag A och B i tabell 4-1 (exkl. interndelar)	-	-	50	50	50	-	43	45	50
<b>Tidsvinst vid heltanksdemontage</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>R1</b>	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>
[7]	1 år		-	-	-	-	-	-	-
Underlag A och B i tabell 4-1	-	-	< 5 mån	< 5 mån	< 5 mån	-	Ca 3 mån	< 5 mån	> 6 mån

\* Omräknat från 3-skift sju dagar i veckan till 2-skift fem dagar i veckan.

Utöver detta bör beaktas att tiden för byggnation av BRT i SFR beräknas till ca 3 månader utöver de andra bergsarbetena som fortskrider parallellt. Ingen tidsvinst görs om RTT inte byggs.

## 7 Kostnader

### 7.1 Kostnad för demontering av hel reaktortank (från bef. position till hamn)

Rubrikstrukturen under detta kapitel är indelat efter de referensrapporter som använts för att tydliggöra vilka kostnader som kommer från vilka referenser samt vilka antaganden och förutsättningar som använts för respektive kostnad.

Alla prisnivåer har räknats om till 2009 års prisnivå för att kostnaderna ska vara jämförbara.

#### 7.1.1 Rapport Westinghouse SEW 07-182

Kostnadsberäkningen i rapporten [6] baseras på TLG studie "One-piece reactor vessel removal – w/Internals Removed" (Project 1538) och [10]. För att beräkna kostnaderna för samtliga verk har i [6] en skalningsfaktor baserad på reaktortankarna vikt använts. Kostnaderna för B1 och B2 är 93 MSEK exklusive demontering av tankisolering samt anläggningens kostnad m.a.p. strålskydd, övervakning, drift, underhåll, projektledning m.m. (2007 års prisnivå). I 2009 års prisnivå motsvarar detta 96 MSEK. Detta är exklusive en contingency på 35 % per block. Övriga blocks kostnader presenteras i Tabell 7-1. Det förutsätts att interndelarna är segmenterade och omhändertagna.

Det råder osäkerhet kring hur väl skalningsfaktorn stämmer med genomförda projekt. Den stora viktskillnaden mellan de olika blocken ger därför stora kostnadsskillnader.

### **7.1.2 Rapport Scanscot 07202/R-04**

Kostnadsberäkningen för en uttransport av hel reaktortank enligt alternativ nr 3 [2] är baserad på olika tilltänkta underleverantörers offerter. Den totala kostnaden för både B1 och B2 tillsammans beräknas bli 105 MSEK (2008 års prisnivå). I 2009 års prisnivå motsvarar detta 107 MSEK. Kostnader för kapning av anslutande rör, demontering av reaktortanken isolering, lossgörning av tank från upplag samt försegling och radiologisk undersökning ingår ej. Det förutsätts att interndelarna är segmenterade och omhändertagna. Kostnadsuppskattningen är exklusive strålskydd, övervakning, drift, underhåll, projektledning, osäkerhet.

Då underleverantörernas offerter inte är officiella så försvårar det granskningen av de ingående kostnaderna.

### **7.1.3 Rapport TLG S33-1567-002**

Denna rapport [10] är en fullständig rivningsstudie för Barsebäck utförd av TLG. I studien finns flertal olika alternativ för hantering av både reaktortank och interndelar. Kostnadsberäkningen i [10] är baserad på data från utlyft av reaktortanken i Trojan. Beräkningsresultatet för enbart själva demontage av RT är 103,7 MSEK (2005 års prisnivå) exklusive contingencies. Detta motsvarar 111,3 MSEK i 2009 års prisnivå. Det förutsätts att interndelarna är segmenterade och omhändertagna.

Genom att jämföra den totala kostnaden för rivningsprojektet för de två olika alternativen (Heltank respektive Segmentering) blir skillnaden enligt referens [10] 76,9 MSEK (82,6 MSEK i 2009 års prisnivå) i Segmenteringsalternativets favör, se Appendix F-1 och Appendix H i [10]. Under noteringarna för Appendix H så framgår det dock att Heltanksalternativet borde vara billigare tack vare kortare tidplan och mindre antal avfallsbehållare.

### **7.1.4 Rapport BKAB 2110611/2.0**

Denna rapport [7] är en sammanfattning på flertal olika förstudier för hantering av reaktortank och interndelar. Enligt rapporten kostar utlyft av hela reaktortankar (både B1 och B2) samt segmentering av interndelar 350 MSEK. I rapporten beskrivs det att tidplanen kortas med ett halvår tack vare ett snabbare demontage men därtill kommer ytterligare en tidplansförkortning med ett halvår. Om tidplanen förkortas med ett år innebär det att projektkostnad minskar med 150 MSEK per reaktor [7]. Då denna referens är utgiven 2010 så justeras inte prisnivån.

Rapporten beskriver att i TLG rapport [10] är contingency för heltanksalternativet 35 %.

### **7.1.5 Rivningsstudier för O1, O2, O3, F1, F2 samt F3**

Dessa rapporter är preliminära rivningsstudier för respektive block (O1-O3 samt F1-F3), arbetsmaterial enligt underlag A och B i tabell 4-1. Kostnadsberäkningen för heltanksalternativet är baserad på [6] och beräknas vara mellan 70 och 132 MSEK för de olika blocken (2009 års prisnivå) exklusive contingencies. I rapporten redovisas även kostnadspåverkan tack vare kortare tidplan och färre antal avfallsbehållare. Kostnadspåverkan beräknas vara mellan 33 och 66 MSEK för de olika blocken (2009 års prisnivå). Till detta ska en contingency på 35 % adderas. Det förutsätts att interndelarna är segmenterade och omhändertagna. Blockens olika kostnader presenteras i Tabell 7-1.

Ingen hänsyn är tagen till andra eventuella rivningsprojekt på respektive site vilket skulle kunna påverka tidplanen för genomförandet av rivningsarbetet.

## **7.2 Kostnad för segmentering av reaktortank**

### **7.2.1 Rapport Westinghouse SEW 09-228**

Rapporten [3] är framtagen för Barsebäck Kraft AB för att redogöra för kostnader vid segmentering av både reaktortank och interndelar. I rapporten är ett för B1 och B2 kapprogram samt projektgenomförande framtaget som kostnadsberäkningen baseras på. Underlaget för kostnadsberäkningarna är baserat på information och data från aktuella segmenteringsprojekt i Sverige, Spanien och Frankrike. Kostnaden för segmentering av en reaktortank beräknas vara 102

MSEK exklusive contingencies (2009 års prisnivå). I kostnaden ingår strålskydd och sanering. Det förutsätts att interndelarna är segmenterade och omhändertagna. Samordningseffekter mellan B1 och B2 är belysta och påverkar tidplan och budget. Kostnader för fyrkokillslådor ingår i dessa siffror.

### **7.2.2 Rapport TLG S33-1567-002**

Denna rapport [10] är en fullständig rivningsstudie för Barsebäck utförd av TLG. I studien finns flertal olika alternativ för hantering av både reaktortank och interndelar. Kostnaden för segmentering beräknas vara 52 MSEK (56 MSEK 2009) per reaktortank samt 29 MSEK (31 MSEK 2009) i contingency. Kostnaden inkluderar även hantering av reaktortanksisoleringen. Det förutsätts att interndelarna är segmenterade och omhändertagna.

### **7.2.3 Rapport BKAB 2110611/2.0**

Denna rapport är en sammanfattning på flertal olika förstudier för hantering av reaktortank och interndelar. Enligt rapporten kostar segmentering av både B1 och B2 reaktortankar samt interndelar 400 MSEK vilket stämmer överens med resultatet som presenteras i [3]. Rapporten beskriver att i TLG-rapport [10] är contingency för segmenteringsalternativet 59 %.

### **7.2.4 Rivningsstudier för O1, O2, O3, F1, F2 samt F3**

Dessa rapporter är preliminära rivningsstudier för respektive block (O1-O3 samt F1-F3), arbetsmaterial enligt underlag A och B i tabell 4-1. Kostnaden för segmentering av en reaktortank beräknas vara mellan 77 och 91 MSEK exklusive contingencies (2009 års prisnivå). Contingency är satt till 19 %. I kostnaden ingår avfallsbehållare, strålskydd och sanering samt demontage av tankisolering. Det förutsätts att interndelarna är segmenterade och omhändertagna. Kostnader för fyrkokillslådor ingår i dessa siffror. Blockens olika kostnader presenteras i Tabell 7-1.

Ingen hänsyn är tagen till andra eventuella rivningsprojekt på OKG vilket skulle kunna påverka tidplanen för genomförandet av rivningsarbetet.

## **7.3 Kostnad för transport från hamn vid kvv ner i SFR för heltanksalternativet**

### **7.3.1 Rapport Westinghouse SEW 07-182**

Enligt [6] transporteras Forsmark, Ringhals och Oskarshamns reaktortankar på pråm från respektive kraftverk till hamnen vid SFR. Kostnaderna motsvarar transport från respektive hamn till SFR via mellanlager vid Forsmark (det är dock inte längre aktuellt med ett mellanlager). Reaktortankarna transporteras med marktransport från blocken till SFR. Kostnaderna inklusive osäkerhet för respektive block redovisas i Tabell 7-1.

### **7.3.2 SKB**

Transport från Barsebäck till SFR kostar för båda reaktortankarna tillsammans 10,2 MSEK.

## **7.4 Kostnad för transport från hamn vid kvv ner i SFR för segmenterad reaktortank**

För Segmenteringsalternativet är det tänkt att använda Sigrid för transport av avfallsbehållare från respektive kärnkraftverk (exkl. Forsmark) till SFR. Transportkostnaden baserad på energiåtgången i [8] blir motsvarande 3 MSEK för samtliga BWR reaktorer.

## **7.5 Kostnad för ny tunnel i SFR (och kostnader för ev andra åtgärder i SFR)**

För att kunna transportera ner hela reaktortankar till SFR behövs en ny tunnel anläggas. Kostnader för ny tunnel beräknas till 157 MSEK.



För slutförvaring av samtliga BWR-reaktorer behövs 8 600 m<sup>3</sup>. Lagringsbehovet för segmenterade reaktortankar placerade i avfallsbehållare är ca 5 500 m<sup>3</sup> enligt kapitel 5. Kostnader för slutfövarsutrymme, barriärer samt förslutning bedöms enligt SKB vara lika för de olika alternativen.

## 7.6 Resultat och diskussion

I Tabell 7-1 presenteras de olika kostnaderna från aktuella referenser. Då underlagen visar på att några generiska tillämpningar inte är lämpliga redovisas enbart de kostnader som återfinns i referensrapporterna. I det referensunderlaget som finns att tillgå i detta projekt beskriver merparten kostnader för Barsebäck samt att referensernas resultat skiljer sig från varandra vilket gör att någon generell tillämpning ej är lämplig. De resultat som finns framme för de andra blocken är baserade på gemensam metodik vilket bör beaktas vid jämförelse mellan de olika resultaten.

Trots att det ur referensmaterialet är svårt att få fram en heltäckande kostnadsbild för de båda alternativen så framgår det dock att den totala kostnaden för heltanksalternativet, exklusive hantering av interndelar, är något lägre än segmenteringsalternativet. Då ingår dock ej slutfövarskostnaden i kostnadsbild. Notera att i Tabell 7-1 så inkluderas även kostnaden för segmentering av interndelar enligt [7].

Nedan följer även en diskussion och utvärdering av resultatet från de olika studierna inom de respektive område. Då de två huvudalternativen har en påverkan på projektgenomförande har en särskild rubrik för det skapats.

Den totala kostnaden för samtliga BWR för Heltanksalternativet ligger inom intervallet 650-1 230 MSEK enligt Tabell 7-1. För Segmenteringsalternativet ligger motsvarande kostnad mellan 800-830 MSEK enligt Tabell 7-1. Till dessa siffror ska en contingency mellan 19 och 35 % adderas. Dessa siffror beaktar dock inte påverkan på slutfövarskostnaden.

Tabell 7-1: Sammanställning av kostnader i MSEK exklusive contingencies (2009 års prisnivå)

Kostnad för demontering av hel reaktortank	Gemensam	B1	B2	F1	F2	F3	R1	O1	O2	O3
<i>Enligt Westinghouse SEW 07-182</i>		96	96	135	135	135	96	80	99	135
<i>Enligt Scanscot 07202/R-04</i>		56	56							
<i>Enligt TLG S33-1567-002</i>		111	111							
<i>Enligt BKAB 2110611/2.0</i>		25	25							
<i>Rivningsstudier O1-O3 och F1-F3</i>				75	71	84		39	37	67
<b>Kostnad för transport av hel reaktortank</b>	<b>Gemensam</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>R1</b>	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>
<i>Enligt Westinghouse SEW 07-182</i>		5	5	3	3	3	5	4	4	4
<i>Enligt SKB</i>		5	5							
<b>Kostnad för ny tunnel i SFR för hel reaktortank</b>	<b>Gemensam</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>R1</b>	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>
<i>Enligt SKB</i>	157									
<i>Enligt Westinghouse SEW 07-182</i>	29									
<b>Kostnad för segmentering av reaktortank</b>	<b>Gemensam</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>R1</b>	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>
<i>Enligt Westinghouse SEW 09-288</i>		102	102							
<i>Enligt TLG S33-1567-002</i>		87	87							
<i>Enligt BKAB 2110611/2.0 (inkl kostnad för interndelskapning)</i>		200	200							
<i>Rivningsstudier O1-O3 och F1-F3</i>				89	89	91		77	81	112

### 7.6.1 Heltank

De olika underlagsrapporterna för Heltanksalternativet visar att de redovisade kostnader skiljer sig åt. För alternativet Heltank finns det två källor för information och skillnaden mellan de olika studierna är stor, 56 MSEK [2] och 135 MSEK [6].

Den ena informationen kommer från Scanscots rapport [2] som baseras på offerter från underleverantörer. Underlag från underleverantörer är dock ej tillgängligt vilket innebär att det svårt att se vilka kostnader som ingår och inte.

Den andra är TLG:s studie av den genomförda rivningen av Trojan men dessa data är inte anpassade för "svenska förhållanden" utan enbart anpassad utifrån reaktorns storlek och vikt. Informationen har återanvänts både i [6], [10] och i underlag A och B i tabell 4-1.

### 7.6.2 Segmentering

För segmenteringsalternativet varierar kostnaderna mellan 77 MSEK (O1 i underlag B, tabell 4-1) och 112 MSEK (O3 i underlag B, tabell 4-1) mellan de olika referensrapporterna. Kostnaden i [7] på 200 MSEK är ej jämförbar då den innehåller segmenteringskostnaden för interndelar.

Resultatet från Barsebäcksstudien som TLG har genomfört [10] är baserad på information från genomförda rivningsprojekt i USA.

Rapporterna [3] samt i underlag A och B i tabell 4-1 är baserade på individuella kapprogram inklusive genomförande av hela segmenteringsprojekt samt erfarenhet från genomförda segmenteringsprojekt i Norden. Tiden och kostnaden för de olika kapprogrammen är baserade på reaktortankarnas diameter och längd samt tilltänkt kaputrustnings kapacitet.

### 7.6.3 Påverkan på kostnaderna för rivning av kärnkraftverk

I några av rapporterna, [7], [10] samt i underlag A och B i tabell 4-1 beskrivs kostnadsförändringen pga. olika tidplaner för de två olika alternativen. I [7] beräknas det förkortade genomförandet av rivningen ge en kostnadsminskning på 150 MSEK och för O1 i underlag B, tabell 4-1, en motsvarande kostnadsminskning på 33 MSEK. Enligt [10] skulle Heltanksalternativet innebära en kostnadsfördyring med 76 MSEK vilket dock inte stämmer med texten i rapporten.

En djupare utredning behövs för att bedöma om och hur stor påverkan Heltanksalternativet har på kostnader för t.ex. genomförandet av rivningen, organisationen och avfallshantering.

### 7.6.4 SFR

Kostnad gällande upptagen slutförvaringsvolym i SFR ingår ej för något av alternativen men en kostnadsskillnad har enligt SKB bedömts att inte förligga detta. Slutförvaringsvolymbehovet för de 9 st BWR:erna är för Heltanksalternativet 8 600 m<sup>3</sup> jämfört med 5 500 m<sup>3</sup> för Segmenteringsalternativet.

Kostnaderna för SFR är dock inte enbart en fråga om volym utan även om vilka barriärer som krävs i respektive bergssal.

## 8 Säkerhet

I detta kapitel fokuseras på personsäkerhet med avseende på dos till personal. Andra aspekter av en säker arbetsmiljö vid tunga lyft och transporter förutsätts vara uppfyllda. Kapitlet behandlar hanteringskedjan av reaktortankarna från demontering alternativt segmentering till slutförvar i SFR, och redogör för referensmaterialets uppgifter om dos för de olika momenten.

Vidare behandlas strålsäkerheten i kärnkraftverket, vid transport och i SFR, långsiktig säkerhet, radiologiska risker och arbetsmiljö. Begreppet arbetsmiljö påverkas av kollektivdos, men eftersom kollektivdos är en angelägen aspekt så särredovisas den under 8.7.

### 8.1 Strålsäkerhet vid kärnkraftverket

Tre viktiga principer för att minimera stråldos är minskning av tid, ökning av avstånd samt användning av strålskärm vid en radioaktiv källa. I tillämplade strålskyddsåtgärder vid demontage och lyft samt vid transport, mellanlagring och slutförvaring tas dessa principer i beaktande.

#### 8.1.1 Hel reaktortank

Vid demontage och lyft minimeras strålning till personal genom bland annat åtgärder som uppförande av tillfälliga strålskärmväggar, montering av strålskärm runt reaktortankens härdområde,

stutsavtätning, styrning av ventilation, rengöring och dekontaminering av reaktortank samt genom val av arbetsmetod [6].

Övrigt strålskydd anses inte vara nödvändigt under transport eftersom personalen befinner sig på minst 2 m avstånd från reaktortanktransporten större delen av transporttiden med undantag av vissa aktiviteter som kräver kortare avstånd till tanken. För de aktiviteter som sker nära reaktortanken bör arbetet planeras noggrant för att minimera dos till personal.

### 8.1.2 Segmenterad reaktortank

Det finns olika typer av segmenteringsförfarande, samtliga fjärrstyrda. De som tas upp i referensmaterialet är termiska (t.ex. plasmaskärning), mekaniska och icke-konventionella mekaniska metoder. Några för- och nackdelar ur ett säkerhetsperspektiv finns listade i tabell 8-1 [3]. Både termisk och mekanisk kapning diskuteras, men [3] bedömer att metoderna är likvärdiga. Eftersom fyrkokillslådorna och ATB som de segmenterade reaktortanksdelarna ska transporteras i kommer att vara standardförpackningar, förutsätts att verkets standardtransportförfarande gäller.

Tabell 8-1: För- och nackdelar ur ett strålsäkerhetsperspektiv med olika typer av segmenteringstekniker

	Fördelar	Nackdelar
Plasmaskärning	Väldigt snabb Låga reaktionära krafter	Giftiga gaser Vätgasbildning Skräphantering Dålig sikt i vatten Gasflödet för radioaktiva partiklar till vattenytan Fara för elchock Brandfara (i luft)
Skärbränning	Väldigt snabb Låga reaktionära krafter	Rök, ångor Skräphantering Brandrisk
Gnistning (MDM)	Väldigt snabb Låga reaktionära krafter	Giftiga gaser Vätgasbildning Skräphantering Dålig sikt i vatten Gasflödet för radioaktiva partiklar till vattenytan Fara för elchock Brandfara (i luft)
Abrasiv vattenskarvning	Låga reaktionära krafter	Mycket sekundärt avfall Skräphantering Dålig sikt i vatten Mycket höga tryck
Klippning	Inget processavfall Inga siktsvårigheter Ingen spånbildning Snabb skärning	Begränsad tillämpning
Bandsågning	Lite processavfall (bandsågsblad) Inga siktsvårigheter Enkel spånhantering Inga avgaser	Lägre kaphastighet än abrasiv vattenskarvning
Klingsågning	Lite processavfall (klingor) Inga siktsvårigheter Enkel spånhantering Inga avgaser	Lägre kaphastighet än abrasiv vattenskarvning

Olika exempel på kollektivdos (förutsättningar samt beräknade och uppmätta värden) finns listade i avsnitt 8.7.

## 8.2 Strålsäkerhet vid transport

### 8.2.1 Hel reaktortank

Vid transport, mellanlagring och slutförvaring reduceras reaktortankarnas strålning genom att applicera en strålskärm utanpå reaktortankens härdområde. BWR-tankar uppvisar av naturliga skäl högst inducerad aktivitet runt härdområdet. Strålskärmen reducerar den strålning som avges så att IAEA:s transportkrav inte överskrids. Ytkontamination av reaktortankens yttre samt inre delar anses vara ringa i jämförelse med den inducerade aktiviteten och någon extra strålskärning bedöms inte vara nödvändig. Reaktortanken i sig utgör också en effektiv strålskärm för den invändiga kontaminationen.

Vid transport av radioaktiva ämnen utgås från IAEA:s rådande föreskrifter. Enligt 2005 års upplaga gäller allmänt för transport av radioaktiva ämnen att en sådan måste åtföljas av ett strålskydds- samt ett kvalitetssäkringsprogram. Den förstnämnda syftar till att belysa de strålskyddsåtgärder som ska beaktas i samband med transporten. Kvalitetsprogram införs vid t ex konstruktion och tillverkning av bl.a. kollin men också för transportsrutiner, som en åtgärd för att kontrollera att IAEA:s bestämmelser följs i praktiken.

De av IAEA fastställda dosratsvärden är följande [6]:

- maximalt 2 mSv/h i ytdosrat samt
- maximalt 0,1 mSv på ett avstånd på 2 m.

Med de strålskärmar som placeras runt härdområdet hos respektive reaktortank antas att givna dosratsvärden inte överskrids.

Transport av hel reaktortank bör kunna klassificeras som en *Industrial Package Type 2 (IP-2)*. Samma slags klassificering för transport av hel reaktortank har också antagits i [6]. I IP-2 benämningen ingår det bland annat konstruktionskrav på den förpackning som det radioaktiva materialet transporteras i samt krav på olika tester. Kollit/förpackningen vid reaktortanktransport utgörs av reaktortankkärl samt strålskärm.

Om de av IAEA stipulerade bestämmelserna ej kan uppfyllas fullt ut kan transport av radioaktiva ämnen fortfarande ske men måste då hanteras som en *Special arrangement* dvs som en *Transport enligt särskild överenskommelse*, vilket är ett tillstånd som söks hos SSM.

Dimensioner samt vikter hos en hel reaktortank gör det svårt att hitta lämpliga förpackningar för transport. Vid transport av stora och massiva föremål, som t ex en hel ånggenerator, utgör ofta själva föremålet den förpackning som omsluter det kontaminerade eller det radioaktiva materialet. Ringhalsverket transporterade hösten 2007 en ånggenerator till Studsvik under klassificeringen *Industrial Package Type 2*, och sökte *Special arrangement* bl a på grund av att ånggeneratoren i sig inte utgjorde en klassificerad förpackning enligt IAEAs bestämmelser [11] – [14]. Utgående från samma motiv kan reaktortanken med tillhörande strålskärm också gå som en *Special arrangement*. En annan anledning till att Ringhals sökte *Special arrangement* var farhågor om att IAEAs dosratsvärden kunde komma att överskridas vid ånggeneratortransporten, vilket dock inte antas bli fallet vid transport av hel reaktortank på grund av strålskärmen.

### 8.2.2 Segmenterad reaktortank

En segmenterad reaktortank kommer att transporteras i fyrkokillslådor placerade i ATB. Dessa fyrkokillslådor är inte i bruk i dagsläget men kommer enligt [3] att användas för detta ändamål. Eventuellt kan mer lågaktiva delar transporteras i ISO-contrainrar. Transport av fyrkokillslådorna förutses ske inom ramen för aktuellt transportsystem.

## 8.3 Säkerhet i SFR

### 8.3.1 Hel reaktortank

Strålskärning utöver reaktortankens gods och strålskärm runt reaktortankens härdområde bedöms inte vara nödvändig [6].

### 8.3.2 Segmenterad reaktortank

Säkerhetsaspekter kopplade till fyrkokillslådorna som t.ex. strålskärning förutsätts vara uppfylla inom ramen för aktuellt slutförvaringssystem.

## 8.4 Långsiktig säkerhet

Det antas inte föreligga några väsentliga skillnader i SFR:s långsiktiga säkerhet mellan alternativen ”hel reaktortank” respektive ”segmenterad reaktortank”.

## 8.5 Radiologiska risker/utsläpp

### 8.5.1 Hel reaktortank

Ytkontamination av reaktortankens inre och yttre delar beräknas vara ringa enligt [6]. Reaktortanken kan dock målas eller förses med något annat lämpligt ytskikt för att säkerställa att eventuell kontamination inte sprids. I övrigt är reaktortanken obehandlad [5].

Skador till följd av fall från full lyfthöjd vid lyft ut ur reaktorbyggnaden är en identifierad risk som inte utreds i referensmaterialet enligt [5]. Man konstaterar dock att reaktortankens beskaffenhet gör att sannolikheten för spridning av radionuklider vid oförutsedda olyckor, inklusive den osannolika händelsen att reaktortanken går sönder, är försumbar.

Andra typer av skador på reaktortanken på grund av kollisioner med andra fordon, vält kolli och dylikt, anses vara så osannolika att de inte beaktas [5].

### 8.5.2 Segmenterad reaktortank

Både fyrkokillslådor, ATB och ISO-containerar kommer vid tiden för transporten att vara en del av SKB:s transportsystem [3] och antas därför uppfylla kraven på radiologisk säkerhet. En närmare diskussion om detta saknas i referensmaterialet.

## 8.6 Arbetsmiljö

Tre viktiga principer för att minimera stråldos är minskning av tid, ökning av avstånd samt användning av strålskärm vid en radioaktiv källa. I tillämpade strålskyddsåtgärder vid demontage och lyft samt vid transport, mellanlagring och slutförvaring förutsätts att dessa principer tas i beaktande. Arbetsmoment med hög dosrat ska planeras med fokus på att minimera dos till personal. En person med strålskyddsutbildning ska medfölja avfallskollit (reaktortank/segmenterade delar) under transport [6].

I fallet med hel reaktortank är hanteringen inte en del av standardförfarandet vid transport, men kommer att uppfylla IAEAs bestämmelser liksom kärnkraftverkens existerande föreskrifter för en säker arbetsmiljö. I fallet med de segmenterade delarna är själva segmenteringen inte standard, men övriga arbetsmoment kan sägas vara standardiserade på grund av användandet av fyrkokillslådor. Även här kommer rådande föreskrifter gällande arbetsmiljön att gälla.

## 8.7 Kollektivdos vid hantering

Här sammanfattas de doser som referensmaterialet ger för de olika momenten i hanteringskedjan. Hanteringskedjan är uppdelad på följande sätt:

1. Utlyft av hel reaktortank/Segmentering av reaktortank

2. Transport från kärnkraftverk till båt
3. Sjötransport
4. Transport från båt till slutförvar

En närmare beskrivning och diskussion av doserna följer under avsnitt 8.7.1 till 8.7.6.

### 8.7.1 Utlyft av hel reaktortank

I Scanscots studie [2] anges att kollektivdos vid ett alternativt hanteringsförfarande av reaktortanken (nedsänkning genom reaktorbyggnaden) skulle ge en lägre dos än vid lyft genom reaktorbyggnadens tak, men inga siffror eller närmare diskussion om förutsättningar förekommer. Information om dos vid denna typ av hantering saknas även i övrigt referensmaterial. Persondos som redovisas i föreliggande studie beräknas därför på att reaktortanken lyfts upp genom taket.

Den metod som redogörs för i [6] är lyft med kran genom yttertaket. Med denna metod lyfts reaktortanken med en utvändigt placerad lyftkran. Yttertaket demonteras tillfälligt lokalt mitt över reaktorinneslutningen. I [6] beräknas demontage av hel reaktortank för F1 ge en kollektivdos på 3 000 mmanSv. I rapporten framgår dock att utgående från erfarenhetsvärden av dos till personal från genomförda rivningsprojekt anses den uppskattade dosen ligga betydligt lägre.

I [4] anges den kollektiva dosen för uttransport av reaktortanken vid B2 till 57 mmanSv för förberedelser, utförande av friläggning av reaktortank och support samt avfallshantering. Värdet baseras på en beräkning gällande en reaktortank i Würiggassens kärnkraftverk där hanteringen har stora likheter med den hantering som kommer att bli aktuell för B2. Man kan anta att detta värde grovt sett är giltigt även för de övriga svenska reaktortankarna och att 3 000 mmanSv som anges i [6] är överskattat då detta t.o.m. står i rapporten.

### 8.7.2 Segmentering av reaktortank

Det finns olika typer av segmenteringsförfarande. De som kan urskiljas är termiska t.ex. plasmaskärning, mekaniska och icke-konventionella mekaniska metoder [3].

I [4] framgår att kollektivdos för B2 vid segmentering, där ingen hänsyn tas till segmentering av interndelar, är 132 mmanSv. Värdet kommer från beräkningar gällande en reaktortank i Würiggassens kärnkraftverk. Reaktortanken där uppvisar stora likheter med B2 gällande bland annat likvärdiga källtermer, geometrier och avställningstid från driftstopp. Aktiviteterna som ingår i angiven dos är förberedelser som innefattar installation av lyftutrustning, utförande av friläggning av reaktortank, arbeten vid röranslutningar och borttagning av övrig anslutande utrustning till reaktortank inklusive isolering och betong samt support och avfallshantering som innefattar störst doser bland till exempel dosratsmätningar och dos till egen personal. För B1 bedöms doser vara 50 % lägre än för B2. För övriga svenska BWR blir kollektivdosen förmodligen högre än 132 mmanSv då dessa reaktortankar inte får lika lång avklingningstid som referensobjektet.

Nedan nämns några andra projekt där segmentering ägt rum. Dessa projekt inbegriper segmentering av interndelar. Den kollektiva dosen för segmentering av reaktortanken kan förväntas bli högre och beror på att reaktortanken inte är strålskyddad på samma sätt som interndelarna, som segmenteras helt under vatten.

I [3] redovisas erfarenhetsvärden från segmentering av interndelar. Vid ett projekt segmenterades bland annat härdgaller, moderatortanklock, matarvattenfördelare och ångseparatorstutsar från O2, vilket gav en kollektivdos på 110 mmanSv fördelat på ca 20 personer. Mekanisk segmentering tillämpades.

I Olkiluoto 1 segmenterades en fuktavskiljare [3] med mekaniska metoder, vilket gav upphov till en kollektivdos på 27 mmanSv. Här utfördes en torr packning av fuktavskiljaren.

I Yankee Rowe utfördes segmentering av moderatortanklock, härdgaller, patronuppställningsplatta, härdinstrumentering samt ledrör för flödes- och temperaturmätning med plasmaskärning. I projektet erhöles en kollektivdos på 1 000 mmanSv [3].

### 8.7.3 Transport från Kärnkraftverk till båt

#### **Hel reaktortank**

Reaktortankarnas strålning reduceras genom att en strålskärm placeras utanpå reaktortankarnas härdområde, av sådan tjocklek att IAEAs transportkrav på 2,0 mSv/h för ytdosrat och 0,1 mSv/h på två meters avstånd från objektet inte överskrids [6].

I [6] stipuleras att landtransporter av hela reaktortankar inte kan ske med verkens tillgängliga terminalfordon på grund av vikten, och att transportererna ska ske med SPMT-teknik. Under transporten åtföljs fordon och reaktortank av fyra personer; en operatör med ansvar att styra fordonet samt tre assistenter. Även en transportledare och en strålskyddare bör vara med [6]. Avbytare bör också finnas tillgängliga. Detta gör att total personalstyrka för transporten uppgår till 12 personer. Personalen kommer under största delen av transporten att befinna sig på ett avstånd av minst 2 meter från reaktortanken, strålskydd utöver strålskärm anses därför inte vara nödvändigt enligt [6]. För de aktiviteter som trots allt måste utföras i reaktortankens omedelbara närhet rekommenderas noggrann planering för att minimera dos.

Kollektivdos för transport av hel reaktortank från kärnkraftverk till slutförvar finns beräknad i [6]. Man har utgått från uppmätta doser från en transport av ånggeneratorer från Ringhals till Studsvik, då arbetsmomenten för hantering och transport av ånggenerator och reaktortank är likartade. Under transporten uppmättes en dos på 7 mmanSv, huvuddelen från föreberedelserna.

#### **Segmenterad reaktortank**

I [3] anges att de segmenterade delarna av reaktortanken kommer att packas i fyrkokillslådor (i [3] benämnda stålkokiller), som transporteras i ATB-behållare. Vissa mindre aktiva delar kan komma att packas i ISO-containrar. Max ytdosrat för fyrkokillslådor är 100 mSv/h enligt kraven för slutförvaring i SFR. Verkens standardförfarande för transporter kommer att gälla vid transport av ATB-behållarna. Dosen till personal vid transport av bränsletransportbehållare på M/S Sigyn är försumbar (< 0,1 mSv/mån), därför antas att denna relativt korta transport av ATB-behållare ger en försumbar kollektivdos.

### 8.7.4 Sjötransport

#### **Hel reaktortank**

Reaktortankarna från Barsebäck, Ringhals och Oskarshamn kommer att transporteras till SFR sjövägen. Reaktortankarna får inte plats i M/S Sigyns/Sigrids lastutrymme och dessa kommer därför att transporteras på exempelvis pråmar. I [6] anges att inga lyft kommer att utföras vid lastning av reaktortank på pråm eftersom hela transportfordonet ska köras ombord på pråmen via en ramp. Vid SFR:s hamn kommer hela transportfordonet att köra av pråmen och vidare till SFR. Under sjötransporten kommer transportpersonal och avbytare inte att färdas på pråmen utan separat. [6]. Dosen till personal under själva sjötransporten kan därför antas bli försumbar.

#### **Segmenterad reaktortank**

Fyrkokillslådor som transporteras i ATB-behållare kommer att fraktas i lastrummet på Sigyn eller någon efterföljare till henne. Dosen till personalen på M/S Sigyn vid bränsletransporter har aldrig påvisats vara större än 0,1 mSv per månad, varvid ett antagande att transporter av segmenterade reaktortankar inte heller överstiger detta dosvärde. Dos till personal under själva sjöresan antas därför bli försumbar.

## 8.7.5 Transport från båt till slutförvar

### Hel reaktortank

I [6] ingår ett antagande att reaktortankarna ska föras till ett mellanlager, ett antagande som idag har ändrats. BWR-tankarna kommer istället att föras direkt till SFR. Dosen till personal blir då mindre för dessa eftersom persondos vid ur- och ilastning samt vid tillsyn i mellanlagret försvinner.

Dosen under denna del av transporten antas vara lägre än dosen från kärnkraftverk till hamn (avsnitt 8.7.3) eftersom en del förberedande moment inte utförs under denna fas av transporten [6]. En lägre kollektivdos än 7 mmanSv kan därmed antas.

### Segmenterad reaktortank

Eftersom de segmenterade delarna kommer att transporteras rutinmässigt i ATB-behållare antas att den manuella hanteringen av dessa kan minimeras. Dosen till personal vid transport av bränsletransportbehållare på M/S Sigyn är försumbar ( $< 0,1$  mSv/mån), därför antas att denna relativt korta transport av ATB-behållare ger en försumbar kollektivdos.

## 8.7.6 Sammanfattning kollektivdos

Tabell 8-2 sammanfattar de olika momenten och kollektivdoserna för de två olika reaktortanksalternativen.

Tabell 8-2: Doser för olika moment vid demontage och segmentering av reaktortank [mmanSv]

	Hel reaktortank	Segmenterad reaktortank
Uttransport av reaktortank från reaktorbyggnad	57	132
Transport från kärnkraftverk till hamn	7	0
Sjötransport	0	0
Transport från SFR:s hamn till slutförvar	$< 7$	0
<b>Totalt</b>	<b>71</b>	<b>132</b>

## 8.8 Sammanfattande matris säkerhet

Alternativet att behålla reaktortanken hel ger enligt sammanställt referensmaterial en lägre dos än alternativet att segmentera tanken, se tabell 8-3. För bägge alternativen noteras att kollektivdosen blir liten.

Nedan följer en sammanfattning av de olika säkerhetsaspekterna för de två hanteringsalternativen för reaktortanken.



Tabell 8-3: Sammanfattande matris säkerhet

	Hel reaktortank	Segmenterad reaktortank
Kollektivdos totalt	< 71 mmanSv	132 mmanSv
Utlyft av hel reaktortank	Olika alternativ på förfarande i [2], här har lyft genom tak beaktats enligt [6].	-
Segmentering av reaktortank	-	Olika alternativ på förfarande i [3].
Transport reaktorbyggnad till hamn	Transport sker med SPMT-fordon.	Enligt kärnkraftverkets standardförfarande med fyrkokillslådor transporterade i ATB-behållare på fordon, certifierat enligt ADR.
Sjötransport	Transporteras på pråmar.	Transporteras i lastrum på Sigyn eller liknande båt (Sigrid).
Transport från SFR:s hamn till slutförvar	Transport sker med SPMT-fordon.	Transport sker enligt SFR:s standardförfarande och med SFR:s fordon.
Säkerhet vid kärnkraftverket	Strålskydd monteras på reaktortanken så att IAEAs krav på dosratvärden är uppfyllda.	Fjärrstyrda segmenteringsmetoder används.
Säkerhet vid transport	Ska transporteras enligt IAEAs klassificering <i>Industrial Package Type 2 (IP-2)</i> och <i>Special arrangement</i> .	Standardiserade lådor (fyrkokillslådor) i ATB-behållare används vid transport. Verkens rutiner för transporter följs.
Säkerhet i SFR	Strålskärmen är kvar runt reaktortanken.	Inget särskilt strålskydd nämns utöver det strålskydd som ges av kollit.
Långsiktig säkerhet	Inga väsentliga skillnader mellan alternativen.	
Radiologiska risker/utsläpp	Reaktortanken kan förses med lämpligt ytskikt för att säkerställa att eventuell kontamination inte sprids. Radiologiska risken liten. Kommer att uppfylla IAEA:s bestämmelser.	Standardiserade lådor (fyrkokillslådor) i ATB-behållare används vid transport. Radiologiska risken liten. Kommer att uppfylla IAEA:s bestämmelser.
Arbetsmiljö	Kommer att uppfylla IAEA:s bestämmelser liksom verkens existerande föreskrifter för en säker arbetsmiljö.	Kommer att uppfylla IAEA:s bestämmelser liksom verkens existerande föreskrifter för en säker arbetsmiljö. Standardiserat transportförfarande.

## 9 Miljö

I kapitlet utvärderas energiförbrukning, antal transporter, transportslag, transportvägar, avfallsmängder och olika typer av kollin samt sekundärt avfall för respektive alternativ.

## 9.1 Energiförbrukning

En analys av energiförbrukningen vid olika moment i hanteringskedjan har utförts för att jämföra alternativen heltank respektive segmenterad reaktortank.

All data om energiförbrukning per km, per fyrkokill, tillverkning av sprängmassa mm. är tagen från [8]. I den referensen har endast en jämförelse för Barsebäck gjorts. Där antas att varje BWR-reaktor bidrar till en niondel av tunnelns energiförbrukning.

### 9.1.1 Heltankslösning

Följande moment ingår i den uträknade energiförbrukningen [8]:

- Transport av lyftkran, sjötransport och landtransport
- Landtransport av hel reaktortank från blocket till verkets hamn och från hamnen vid SFR ned till slutförvaret och upp igen m.h.a. ett SPMT-fordon
- Sjötransport av hel reaktortank från verket till hamnen vid SFR m.h.a. exempelvis pråm
- Ny tunnel i SFR för transport av hela reaktortankar
  - Tillverkning av sprängmedel inkl ammoniumnitrat
  - Bortförsling av bergmassa

### 9.1.2 Segmenterad reaktortank

Följande moment ingår i den uträknade energiförbrukningen [8]:

- Segmentering av reaktortank m.h.a. plasmaskärare
- Tillverkning av fyrkokill
  - Stålfremställning
  - Valsning
  - Svetsning
- Landtransport av fyrkokiller vid verken m.h.a. lastbil och ned i SFR m.h.a. transportfordon
- Sjötransport av fyrkokiller

### 9.1.3 Jämförelse av energiförbrukningen för Barsebäcks reaktortankar

Indata är baserade på rapport [8] om inget annat anges. Studien visar att energiförbrukningen blir 4 gånger högre om reaktortankarna i Barsebäck segmenteras än om de tas hela och 7 gånger högre om alla 9 BWR-reaktortankar i Sverige inkluderas. Detta beror främst på den stora energiåtgången vid tillverkningen av fyrkokillerna. Sjötransport av lyftkranen är det moment i heltankslösningen som står för den största delen av energiförbrukningen.

Tabell 9-1: Jämförelse av energiförbrukning heltank vs segmenterad tank, Barsebäcks båda reaktortankar

Hanteringsmoment	Energiförbrukning segmenterade reaktortank [kWh]	Energiförbrukning heltank [kWh]	Skillnad i energiförbrukning (segm-hel) [kWh]
Landtransport	7 669	13	7 656
Sjötransport	447 420	70 955	376 465
Transport lyftkran	-	240 437	- 240 437
Tunnel	-	184 632	- 184 632
Tillverkning fyrkokill	1 152 967	-	1 152 967
Segmentering (plasmaskärning)	567 000	-	567 000
<b>Totalt [MWh]</b>	<b>2 175</b>	<b>496</b>	<b>1 679</b>

Antaganden och kommentarer:

- Barsebäcks reaktortank väger 540 ton och det krävs 76 fyrkokiller att slutförvara den.
- Förutom energiförbrukningen som åtgår vid hanteringsmomenten, bör noteras att bergmassa hanteras i heltanksalternativet till skillnad från segmenteringen eftersom tunneln vid SFR tillkommer för det förstnämnda alternativet. För båda alternativen gäller dock att bergmassa från slutförvaringsutrymmena i SFR också måste hanteras.

För övriga verk görs följande resonemang gällande energiförbrukning:

- Dimensionerna och vikten på reaktortanken är grunden för hur många fyrkokiller som behövs. Utgående från antal fyrkokiller uppskattas antal transporter och energiförbrukningen vid kokilltillverkning. För vikter gällande reaktortankar och antal fyrkokiller per reaktortank se Tabell 9-3.
- Behandlingen av en reaktortank som är större än Barsebäcks kommer följaktligen att förbruka mer energi vad gäller tillverkning av fyrkokiller (mer material som ska utvinnas och bearbetas) samt transport av dessa eftersom det är fler kokiller som behöver transporteras (fler vändor).
- I heltankslösningen kommer transporten av en större tank också att förbruka mer energi eftersom fordonen använder mer bränsle när lasten är tyngre.
- Sträckorna mellan verken och Forsmark (sjövägen) är 426 km (Oskarshamn) och 1 020 km (Ringhals).

Noterbart är att energiförbrukningen för tillverkning av strålskärmar för heltanksalternativet inte är medräknat.

## 9.2 Antal transporter, transportslag och transportvägar

### 9.2.1 Heltankslösningen

För varje reaktortankstransport till slutförvaret i SFR förutses landtransport vid verket till hemmahamnen, sjötransport till Forsmark och därefter landtransport till SFR. Forsmarks reaktortankar körs endast via landtransport från verket till SFR.

Vid all landtransport transporteras de hela reaktortankarna med SPMT-fordon. Sjötransporten sker exempelvis med pråm och förutses ej ske på SKBs lastfartyg Sigyn eller dennes efterföljare på grund av begränsad lasthöjd.

Den enskilda transportsträckan för respektive reaktortank kan utläsas ur bilaga 1, tabell 1. I samma tabell anges att den totala transportsträckan (land +sjö) blir för samtliga nio BWR-tankar ca 4 000 km.

För denna heltankslösning är det inte medräknat hur pråmen ska åka mellan de olika verken utan endast enkelsträckan mellan respektive verk och Forsmarks hamn har beaktats.

### 9.2.2 Segmenterad tank

Den segmenterade reaktortanken transporteras i ATB-behållare och slutförvaras i fyrkokiller i SFR. Utgående från antalet uppskattade kokiller beräknas antalet transporter och transportsträckor, se tabell 9-2.

Transport från respektive block till kärnkraftverkets hamn sker med en lastbil som tar en kokill per vända. Väl framme vid hamnen i SFR transporteras kokillerna ner i slutförvaret med transportfordonet Skalman (en sträcka på 2 km, fram och tillbaka). Transportfordonet transporterar två fyrkokiller per vända i en transportbehållare, [8].

Lastfartyget Sigyns efterträdare kan ta 30 fyrkokiller per vända. Det begränsande är dock hur många transportbehållare (ATB) som finns tillgängliga vid tidpunkten för rivning.

Observera att Forsmarks reaktortankar inte kräver sjötransport. Totala antalet landtransporter med lastbil blir 488 st; landtransport med transportfordon 244 st och antalet sjötransporter 18 för alla svenska BWR-reaktorer exklusive de i Forsmark, se tabell 9-2.

I bilaga 1, tabell 2 ses de enskilda transportsträckorna för respektive segmenterad reaktortank. Total transportsträcka för alla BWR-tankarna är ca 14 000 km, se bilaga 1, tabell 2.

### 9.2.3 Jämförelse av transportsträckor och antalet transporter

Tabell 9-2: Jämförelse transport heltankar och segmenterade reaktortankar, alla svenska BWR

Transport	Segmenterade tankar (totalt 793 fyrkokiller)		Heltankar	
	Antal enkelturer	Sträcka [km]	Antal enkelturer	Sträcka [km]
Landtransport vid kärnkraftverk till hamn	488	974	6	5,7
Landtransport från Forsmarks hamn till SFR	244	488	6	12
Landtransport från Forsmarks kärnkraftverk till SFR	153	756	3	14,8
Sjötransport	18	11 778	6	3 926
<b>Totalt</b>	<b>903</b>	<b>13 996</b>	<b>21</b>	<b>3 960</b>

## 9.3 Avfallsmängder och olika typer av kollin

### 9.3.1 Hel reaktortank

I fallet med hel reaktortank kommer hela tanken (med strålskärm) att vara ett kolli och klassificeras enligt IAEA:s bestämmelser som redovisas i avsnitt 8.2.1. Den maximala storleken på reaktortankarna som ska transporteras är 21,8 gånger 7,2 meter med en vikt av reaktortank och lock på 775 ton, och en lastvikt på 925 ton [6]. Avfallsformen kommer att ha Kod 510 (Skrot av stål eller ställegeringar, ytkontaminerat och inducerat) [5]. Reaktortanken kommer att transporteras och lagras hel och utgör i sig ett emballage.

### 9.3.2 Segmentering av reaktortank

I tabellen nedan listas sammanlagd vikt på reaktortank [6], samt antal fyrkokillslådor som krävs för slutförvaring enligt ref [3] och underlag A och B i tabell 4-1.

Tabell 9-3: Antal fyrkokillslådor för slutförvaring av segmenterade reaktortankar

	F1, F2	F3, O3	B1, B2, O2	O1	R1	enhet
Totalvikt reaktortank	705	775	540	390	650	ton
Antal fyrkokillslådor för segmenterad reaktortank	99	107	78	58	89	st/block

I detta antagande ingår att samtliga delar av reaktortanken slutförvaras i fyrkokillslådor. Om delar av reaktortanken (tanklock och – botten, översta och nedersta ringen) istället slutförvaras i ISO-containrar, vilka har en betydligt större packbar volym, 19 m<sup>3</sup> [3] kan antalet kollin minska. Minskningen i fallet med B1/B2 blir ca 25-30 %. Om detta förhållande kan anses gälla även för reaktortankar från övriga svenska verk, blir antal kollin efter en reducering på 25 % istället:

Tabell 9-4: Antal kollin om både fyrkokillslådor och ISO-containrar används

	F1, F2	F3, O3	B1, B2, O2	O1	R1	enhet
Totalvikt reaktortank	705	775	540	390	650	ton
Summa fyrkokillslådor för segmenterad reaktortank	53	61	41	31	43	st
Summa ISO-containrar för segmenterad reaktortank	22	25	17	13	18	st

## 9.4 Mängd bergmassor från SFR

Som beskrivs i kap 5.2.1 så måste mer bergmassor tas ut för heltanksalternativet p.g.a. reaktortankstunneln. Volymen uppgår till 100 000 m<sup>3</sup> bergmassor (teoretisk fast volym) för den nya tunnelntunneln. Om man med deponering menar volym på bergupplag räknas den fasta volymen om till lösa bergmassor med faktorn 1,5. Detta skulle i så fall motsvara ca 150 000 m<sup>3</sup> (lös volym).

## 9.5 Sekundärt avfall

Sekundärt avfall definieras som avfall som tillförs vid segmenteringen såsom klingor, sågblad och filter. Spånor och slagg räknas således inte som sekundärt avfall eftersom det inte är tillfört vid arbetet utan kommer från det som segmenteras. Det sekundära avfallet slutförvaras beroende på hur aktivt det är, och kostnaden för detta hamnar tillsammans med kostnaden för slutförvaring av det primära avfallet.

### 9.5.1 Hel reaktortank

I referenslitteraturen har inga uppgifter om sekundärt avfall i samband med hantering av hel reaktortank kunnat hittas.

### 9.5.2 Segmentering av reaktortank

I [3] diskuteras sekundäravfall från både termisk och mekanisk kapning.

Det bildas mycket mer radioaktivt sekundäravfall och gaser med termiska tekniker, vilket är både kostsamt och tidsödande att sanera och kontrollera. Det ställer också stora krav på ett fungerande vattenreningssystem samt extra ventilation för att ta hand om luftburen aktivitet över segmenteringsområdet. De termiska metoderna använder sig till stor del av ett gasflöde antingen som bränsle eller för att skära med. Detta gör att det kan uppstå problem med sikt i segmenteringsbassängen.

Segmentering med plasmaskärning medför att det bildas radioaktiva ångor och gaser som måste tas om hand med ett extra ventilationssystem direkt ovanför reaktortanken. Från ventilationssystemet kommer sekundärt avfall i form av använda HEPA-filtrer. Det bildas även slagg av de spånor som lossnar från reaktortanken vid plasmaskärning. Detta tas om hand av ett brandsäkert uppsamlingskärl som sitter under skärsnittet. Insidan av reaktortanken behöver inte prepareras innan plasmaskärning eftersom det crud som sitter löst i tanken förångas av den heta strålen från plasmaskäraren.

Det uppskattas åtgå ca 80 sågblad vid segmenteringen av en reaktortank [3]. Även jonbytarmassor från vattenrening samt skyddskläder och dekontamineringsvätska från rengöring av utrustning kommer att behöva tas om hand. Intervjuer har inte kunnat ge några svar på mängder av det senare nämnda sekundära avfallet vid segmentering av reaktortank.

## 9.6 Jämförelsesmatris miljö

Tabell 9-5: Jämförelsematris miljö

	Hel reaktortank	Segmenterad reaktortank
<b>Energiförbrukning</b>	4-7 ggr högre energiförbrukning vid segmentering av reaktortank jämfört med hel reaktortank	
<b>Antal transporter</b>	1 per reaktortank Totalt: • Landtransport SPMT-fordon vid hemmaverket: 6 st • Sjötransport: 6 st • Landtransport i Forsmark SPMT-fordon: 6+3 st	Barsebäck/alla verken (exl Forsmark): • Landtransport vid verket med lastbil: 78 st/488 vändor • Sjötransport: 3 st/18 vändor • Landtransport i Forsmark med transportfordon: 39 st/244 vändor Forsmark: transportfordon: 153 st
<b>Transportslag och transportvägar</b>	SPMT-fordon för landtransport, båt/pråm för sjötransport	Lastbil och SFRs transportfordon för landtransport, Sigyn alt. Sigrid för sjötransport
<b>Avfallsmängder</b>	Beroende på block 390 till 775 ton för både alternativen hel samt segmenterad reaktortank. För det senare alternativet tillkommer även sekundärt avfall.	
<b>Mängd bergmassor från SFR</b>	Bergmassor för reaktortankstunnel 100 000 m <sup>3</sup> fast volym, 150 000 m <sup>3</sup> lös volym.	-
<b>Olika typer av kollin</b>	Reaktortanken transporteras och lagras hel, och utgör i sig ett emballage	Fyrkokillslådor, eventuellt också ISO-contrainrar
<b>Sekundärt avfall</b>	Inget sekundärt avfall anges i referensmaterialet	Sågblad, HEPA-filtrer, jonbytarmassor, skyddskläder

## 10 Risker/möjligheter

I kapitlet behandlas projektsäkerheter som förutses på kärnkraftverken, vid transport och slutligen i SFR vid omhändertagande av reaktortank. En förutsättning är att identifierade risker kommer att åtgärdas med kompensatoriska åtgärder så att riskerna minimeras (sannolikhet och konsekvens) för personal och omgivning.

## 10.1 Rivningsprojekt kärnkraftverken

Under denna rubrik avses arbetet med att ta reaktortanken från sin plats i inneslutningen tills att den ligger på transportfordon respektive delarna av segmenterad tank ligger i behållare. Det förutsätts att nödvändiga tillstånd har erhållits för både hantering av heltank respektive segmentering av reaktortank.

För demontering av reaktortank så har man i [2] identifierat tre stycken metoder ”Med lyftkran genom yttertaket”, ”Uttransport av stående reaktortank” och ”Nedsänkning genom reaktorinneslutningen”. I rapporten [2] så förordar man nedsänkning av reaktortanken genom inneslutningen. I denna rapport och i följande tabell utvärderas de båda metoderna ”Med lyftkran genom yttertaket” och ”Nedsänkning genom inneslutningen”.

Tabell 10-1: Projektsäkerheter på kärnkraftverk

	Heltank	Segmentering av tank
<b>Risker</b>	Haveri av lyftutrustning [9] försenar lyftet av reaktortanken och kan även skada omgivningen såväl som personal. Gäller både för ”Lyft genom yttertaket” och ”Nedsänkning genom reaktorinneslutningen”.	Radioaktiv påverkan på personal vid friläggning av tanken och segmentering [4]
	Väder, både påverkan på lyftet, lyftutrustningen och den öppna reaktorbyggnaden [6], [2] kan försena utlyftet. Gäller för metoden ”Lyft genom yttertaket”.	Segmentering av tank gör att det uppkommer spån och radioaktiva ångor och damm samt sekundärt avfall (kapskivor, klingor etc.) vid kapningen av tanken [3], [9].
	Öppning av reaktorbyggnaden med risk för spridning av radioaktiva partiklar. Gäller metoden ”Lyft genom yttertaket”.	Felfungerande verktyg gör att det uppstår förseningar [9]
	Montering av strålskärm på reaktortank ger radioaktiv påverkan på personal. Om det uppstår problem under montaget så kan detta skapa förseningar Gäller både för ”Lyft genom yttertaket” och ”Nedsänkning genom reaktorinneslutningen”.	
	Montering av lyftok ger radioaktiv påverkan på personal och om det uppstår problem så kan det skapa förseningar. Gäller både för ”Lyft genom yttertaket” och ”Nedsänkning genom reaktorinneslutningen”.	Vid segmentering av reaktortanken så måste vattennivån i reaktortanken sänkas till en nivå strax under den punkt där kapet kan ske. Detta gör att det saknas strålskärm (vatten) vid sönderdelning av reaktortanken och ställer krav på fjärrmanövrerande och strålningsståliska verktyg [3].
	Hantering av intressenter [9] <i>Se vidare under tabellen</i>	Hantering av intressenter [9] <i>Se vidare under tabellen</i>
	Tillgången på lyftkranar och lyftutrustning är begränsad, speciellt för de tyngre tankarna [6]. Det gör att man behöver handla upp lyftet i god tid och om lämpliga kranar ej är tillgängliga så kan man behöva vänta med utlyftet av tanken. Gäller både för ”Lyft genom yttertaket” och ”Nedsänkning genom reaktorinneslutningen”.	Avfallsmängderna för den segmenterade reaktortanken och tidsåtgången för att segmentera den kan skilja sig något från de uppskattade, då det saknas detaljerat underlag föra att ta fram ett kapprogram för mekanisk kapning.[3]
	Det krävs grundförstärkningar för att ställa upp en kran utanför Barsebäck 1 och 2 och eventuellt så krävs det förstärkningsåtgärder utanför de andra blocken för att ställa upp en kran för lyft av reaktortank [6]. Osäkerheten om de krävs förstärkningsarbeten gör att det kan uppstå ökade kostnader såväl som förseningar innan lyftet kan genomföras. Gäller metoden ”Lyft genom yttertaket”.	

	Överslagsberäkningar har gjorts som visar att det går att ta upp öppningar i reaktorbyggnaden men byggnaden behöver kontrollräknas avseende på belastningar innan nedsänkning av reaktortanken kan ske [2]. Skulle det visa sig att belastningarna är för stora så behöver förstärkningsarbeten genomföras. Gäller metoden " <i>Nedsänkning genom reaktorinneslutningen</i> ".	
<b>Möjligheter</b>	I och med att reaktortanken tas bort tidigt i rivningsförloppet så tar man bort en avsevärd källa för strålning och på så sätt blir det lättare att riva resten av anläggningen [6], [2]. Gäller metoden " <i>Lyft genom yttertaket</i> ".	Möjliggör till uppdelning av avfallet i olika fraktioner beroende på aktivitetsnivå[3].
	Demontering av hel reaktortank förväntas ta mindre tid än segmentering av tanken och det gör att omkringliggande utrustning och strukturer kan börja rivas tidigare.[9]. Gäller metoden " <i>Lyft genom yttertaket</i> ".	Arbeta oberoende av väder då reaktorbyggnaden är opåverkad.
	Använda reaktortanken tillsammans med strålskärm som emballage och på så sätt begränsa och förhindra spridningen av radioaktivitet. [6]. Gäller både för " <i>Lyft genom yttertaket</i> " och " <i>Nedsänkning genom reaktorinneslutningen</i> ".	Omkringliggande byggnader behöver inte rivas för att möjliggöra lyft av tank
	En tät transportväg behöver upprättas och det är till fördel vid övriga rivningsarbeten förutom för uttransport av reaktortanken. [2] Gäller metoden " <i>Nedsänkning genom reaktorinneslutningen</i> ".	Använda befintlig hanteringsutrustning och transportmöjligheter för avfall inne i reaktorbyggnaden.

Intressenter är i detta sammanhang en beteckning för personer, organisationer eller myndigheter som kan påverka eller påverkas av rivningen av ett kärnkraftverk. Intressenter kan påverka projektet och det är därför viktigt att få acceptans från dessa oavsett vilken metod man väljer för att ta ut reaktortanken ur inneslutningen [9].

För avlägsnandet av hela reaktortankar så är de största riskerna associerade med hantering av reaktortank ut ur inneslutningen då missöden med lyftutrustningen får stora konsekvenser. Den största möjligheten med att ta ut reaktortanken hel är att det förväntas ta mindre tid än segmentering av tanken. Genom att avlägsna en av de största källorna till strålning tidigt vid rivningen av anläggningen så uppnår man en fördel vid rivandet av återstående delen av anläggningen.

De största riskerna vid segmenteringen av tank är risk för radioaktiv påverkan på personal och spridning av aktivt avfall. De största möjligheterna är att dela upp den segmenterade tanken beroende på aktivitet samt att kunna använda befintliga transportmöjligheter inne i reaktorbyggnaden.

## 10.2 Transporter

Under denna rubrik redovisas de transporter som sker från det att reaktortanken ligger på transportfordonet utanför reaktorbyggnaden till dess att reaktortanken är på plats i SFR. Det bedöms att det idag finns ett etablerat transportsätt för att transportera en segmenterad tank från respektive verk till SFR. För att transportera en hel reaktortank så finns idag inget etablerat och licensierat transportsätt men det förutsätts att ett sådant transportsätt finns den dag man genomför en transport av en hel reaktortank. Troligen kommer detta att ske som "special arrangement" i likhet med ånggeneratortransporter.



Tabell 10-2: Projektsäkerheter vid transport av reaktortank

	Heltank	Segmentering av tank
<b>Risker</b>	Haveri på transportfordon gör att transporten försenas.	Haveri på transportfordon gör att transporten försenas.
	Risk för förlisning vid sjötransport med pråm. Reaktortanken måste då kunna bärgas.	
	Eventuellt så krävs det förstärkningar av vägar där transportfordonen ska transportera reaktortanken.[9]	
	Transporten måste ske enligt ”transport enligt särskild överenskommelse” då det inte finns något godkänt emballage för denna typ av stora komponenter.	
	Hantering av intressenter	Hantering av intressenter
	Tillgången på transportfordon är begränsad då dessa fordon är specialfordon [2], [6].	
	Fastna med tanken i tunneln gör att transporten blir försenad.	
<b>Möjligheter</b>	Inget emballage behövs för tanken då emballaget utgörs av reaktortankkärl samt strålskärm [5],[6].	Segmentering av tanken och paketering i standard- emballage gör att avfallet passar in i det befintliga transportsystemet för radioaktivt avfall och därmed bör det vara mindre arbete för licensiering av transport av segmenterade reaktortankar [4].

Transporten av reaktortanken är en specialtransport både när det gäller den fysiska storleken på reaktortanken såväl dess radioaktivitet. Det gör att avsaknaden av ett etablerat transportsätt gör att transportsättet behöver licensieras och lämpliga fordon för att transportera tankarna behöver upphandlas. De största möjligheterna ligger i att transportera reaktortanken utan emballage då reaktortanken med strålskärm utgör sitt eget emballage. En sådan transport kommer att ske enligt särskild överenskommelse med myndigheterna.

För transport av segmenterat avfall utgör den största möjligheten att det går att använda befintligt transportsystem för radioaktivt avfall och arbetet med att licensiera transporten bör bli mindre.

Tabell 10-3: Projektsäkerheter i SFR

	Heltank	Segmentering av tank
<b>Risker</b>	Bergssalen för reaktortankarna behöver dimensioneras för den högsta strålningsnivån ifrån det monterade stålskyddet på tankarna och det gör att kostnaderna för bergssalen ökar.	Om de uppskattade avfallsvolymerna och typ av avfall avviker från de verkliga kan det göra att volymen för bergrummen behöver ändras.
	Tillgängligheten för befintlig drift- och byggtunnel kommer att bli kraftigt begränsad under den tid som sprängningsarbete pågår .	
	Driften i den befintliga anläggningen kommer att påverkas under utbyggnaden av SFR.	
	Högre kostnad för SFR i och med byggandet av transporttunnel och bergrum för reaktortank.	
	Vatteninträngning från den nya tunneln till befintlig anläggning. Vatteninträngning kan slå ut driften av befintlig anläggning och för att förebygga och förhindra detta så krävs det anläggningsarbeten som kan påverka tidplan och budget.	
	Hantering av intressenter <i>Se stycke under tabell 10-3</i>	
<b>Möjligheter</b>	Transporttunneln för transport av reaktortankarna kan eventuellt användas för annat ändamål än bara transport av reaktortankar.	Den särskilda transporttunneln för reaktortankar behöver inte byggas och det påverkar kostnader för utbyggnaden av SFR
	Ökad redundans och flexibilitet för transport in och ur SFR i och med att man har en extra tunnel.	Bergrummet för lagring av hela reaktortankar behövs inte.
		Jämfört med heltanksalternativet så kan det var möjligt att ha högre packningsgrad för segmenterad tank och på så sätt minska antalet bergrum för slutförvaring av avfall.

Intressenter är i detta sammanhang en beteckning för personer, organisationer eller myndigheter som kan påverka eller påverkas av byggandet och driften av SFR. Hanteringen av radioaktivt avfall är något som olika intressenter kommer att ha en åsikt om. Området för påslaget för tunneln ligger i Stora Asphällan, ett område med naturvärde, och det är viktigt att få allmänhetens acceptans för anläggandet av påsticket i detta område. Det kommer att uppstå ökad trafik i närområdet under utbyggnaden av SFR oavsett vilket alternativ man väljer och det finns en risk att detta påverkar de närboende.

De största riskerna och möjligheterna vid byggandet av SFR är kopplat till behovet av en extra transporttunnel och bergrum för reaktortankarna. Om man väljer att segmentera reaktortankarna försvinner behovet av tunneln och bergrummet för slutförvaring av hela reaktortankar. Dock behövs då extra utrymme i bergssalen för medelaktivt avfall eller en helt ny bergssal beroende på hur mycket utrymme som finns tillgängligt och expansionsmöjligheter i de tilltänkta bergssalarna. För heltanksalternativet får man tillgång till en tunnel som kan användas även för andra transporter än reaktortankar.

## 11 Resultat

I detta kapitel visas en matris (tabell 11-1) där skillnaderna som angivits i föregående kapitel, och som föreligger mellan de två alternativen heltank respektive segmenterad reaktortank, presenteras. För

aspekten teknisk genomförbarhet innebär t.ex. omhändertagandet av hel reaktortank ingrepp i byggnadsstrukturen, till skillnad från segmenteringsalternativet som omfattar installationer av reningsutrustning och ventilation.

I kapitlet gällande risker/möjligheter tas ett flertal risker och möjligheter upp förenade med båda alternativen. I matrisen nedan har dock endast de punkter som i kapitlet framkommit som de största riskerna och möjligheterna tagits med.

Tabell 11-1: Jämförelsematrix där endast skillnader anges för respektive alternativ

	Heltank	Segmenterad reaktortank
<b>Teknisk genomförbarhet</b>	Demontage av heltank innefattar ingrepp i byggnadsstruktur	Segmentering kräver installationer t.ex. av reningsutrustning och ventilation
	Transportsystem på land och till sjöss tillkommer SKB:s befintliga system	SKB:s befintliga transportsystem används
	Ny transporttunnel tillkommer	Ingen extra tunnel tillkommer
	Nytt slutförvaringsutrymme i SFR tillkommer	Utökat slutförvaringsutrymme eller ny bergssal för fyrkokillslådorna i SFR tillkommer
<b>Tidsåtgång</b>	Kortare rivningstidplan förutses jämfört med segmenteringsalternativet	Längre rivningstidplan förutses jämfört med heltanksalternativet
<b>Kostnad</b>	Stor spridning samt osäkerhet i kostnadsuppgifter för demontage av heltank (56-135 MSEK)	Spridning och osäkerhet i kostnadsuppgifter för segmentering av reaktortank (77-112 MSEK)
	Transportkostnader	SKB:s befintliga transportsystem används
	Kostnad för ny transporttunnel (RTT) tillkommer	Befintlig tunnel används
	Kostnad för nytt slutförvaringsutrymme i SFR (BRT) tillkommer	Kostnad för ett utökat slutförvaringsutrymme eller en ny bergssal i SFR tillkommer
	Kostnadsbesparingar förutses p.g.a. av kortare tidplan än segmenteringsalternativet	Högre rivningskostnad förutses p.g.a. längre tidplan än heltanksalternativet
	Kostnadsbesparing då heltanken är ett avfallskolli i sig och inga fyrkokiller behövs	Kostnad för fyrkokiller
<b>Säkerhet</b>	Kollektivdos < 71 mmanSv	Kollektivdos 132 mmanSv
<b>Miljö</b>	Mindre energiförbrukning åtgår under hanteringskedjan jämfört med segmenteringsalternativet	Mer energiförbrukning åtgår under hanteringskedjan jämfört med heltanksalternativet
	Färre land- och sjötransporter än segmenteringsalternativet	Fler land- och sjötransporter än heltanksalternativet
	Reaktortanken i sig utgör ett eget emballage	Fyrkokillslådor tillkommer för slutförvaring i SFR

	Inget sekundärt avfall	Sekundärt avfall tillkommer
	100 000 m <sup>3</sup> bergmassor från SFR tillkommer för transporttunneln	Transporttunneln behövs inte
<b>Risker/möjligheter</b>	Vid kärnkraftverket: Risk: Missöden med lyftutrustning vid heltanksdemontage Möjligheter: Strålkälla i form av reaktortank avlägsnas tidigt, mindre tid åtgår för omhändertagande av hel reaktortank jämfört med segmentering av reaktortank	Vid kärnkraftverket: Risker: Dos till personal via luftburen aktivitet (gäller endast vissa segmenteringsmetoder) Möjligheter: Uppdelning av reaktortank beroende på aktivitet, användning av befintliga transportmöjligheter i reaktorbyggnaden
	Vid transport: Möjlighet: Reaktortanken utgör sitt eget emballage	Vid transport: Möjlighet: Befintligt transportsystem används, mindre arbete bedöms åtgå för licensering av segmenterade reaktortankar
	I SFR: Risk/möjlighet: Behov av extra transporttunnel	I SFR: Risk: Underdimensionering av bergrummen p.g.a. större volymer avfall än väntat

Vad gäller kostnader framgår det att ytterligare kostnader tillkommer för heltanksalternativet jämfört med segmenteringsalternativet. Dessa kostnader är kostnader för transport samt för transporttunnel (RTT). Vidare framgår att kostnadsbesparingar kan göras för heltanksalternativet på grund av att kortare tidplan förutsätts. Stor skillnad råder dock mellan uppgifterna på kostnadsbesparingar som bedöms kunna göras. Detsamma gäller även de kostnader som avser demontage av heltank. Nämnade skillnader gör det svårbedömt, utgående från den information som redovisas i kapitel Kostnader, att klargöra vilket alternativ som är ekonomiskt mer fördelaktigt.

Alternativet att behålla reaktortanken hel ger enligt sammanställt referensmaterial en lägre kollektivdos än alternativet att segmentera reaktortanken, även om båda alternativen ger en liten kollektivdos.

De risker och möjligheter som identifierats i matrisen handlar om lyftet av en hel reaktortank, tidsplanen för genomförandet av de båda alternativen samt tillgänglighet, dimensionering och kostnad vid utbyggnaden av SFR.

## 12 Slutsats

Bägge alternativen är tekniskt möjliga att genomföra med den teknik som både är känd och tillämpad idag. För Heltanksalternativet krävs dock mer förändringar, t.ex. behövs ingrepp på byggnader och nya typer av transporter tillkommer jämfört med Segmenteringsalternativet. Den stora förändringen för heltanksalternativet är tillbyggnaden av slutförvaringsutrymme för reaktortankar (BRT) samt ny transporttunnel (RTT) i SFR för att kunna transportera ner reaktortankarna för slutlagring. För segmentering behövs en utökning av BMA (möjligheten en helt ny sal), fyrkollkillslådor och kringgjutning av avfall i dessa.

I ett rivningsprojekt är hanteringen av reaktortanken på kritiska linjen. Vid jämförelse av tiderna för avveckling mellan demontering av heltank och segmentering av reaktortank, är flertalet angivna tider för Heltanksalternativet kortare än de tider som anges för segmentering. Att heltankslyftet tar mindre

tid i förhållande till Segmenteringsalternativet leder bland annat till att efterföljande rivningsaktiviteter kan påbörjas tidigare med förkortning av den totala rivningstidsplanen som följd.

Gällande kostnaderna så visar det underlag som finns i referensrapporterna inte på att några generiska tillämpningar är lämpliga. Trots att det ur referensmaterialet är svårt att få fram en heltäckande kostnadsbild för de båda alternativen så framgår det dock att den totala kostnaden för heltanksalternativet, exklusive hantering av interndelar, är något lägre än segmenteringsalternativet. Den totala kostnaden för BWR-reaktorer för Heltanksalternativet ligger mellan 650 och 1 230 MSEK enligt kapitel 7. För Segmenteringsalternativet ligger motsvarande kostnad mellan 800 och 830 MSEK. Till dessa siffror ska en contingency mellan 19 och 35 % adderas. Dessa siffror beaktar dock inte slutförvarskostnaden. För att få en bättre uppfattning av kostnaden för de olika alternativen samt kunna göra en generisk tillämpning bör en djupare kostnadsanalys göras av de olika alternativen. Ett förslag är att budgetofferter tas in från potentiella leverantörer och utförare av heltanksalternativet samt att segmenteringsalternativet studeras och kostnadsätts även med transporter. I bägge fallen måste även slutförvarskostnaden tillkomma till kostnadsbilderna för att få en jämförbar helhetsbild.

Alternativet att behålla reaktortanken hel ger enligt sammanställt referensmaterial en lägre kollektivdos än alternativet att segmentera reaktortanken, men båda alternativen bedöms ge en liten kollektivdos.

Ur en energisynpunkt visar referensmaterialet att Heltanksalternativet ger mindre miljöbelastning än Segmenteringsalternativet, främst p.g.a. tillverkningen av de fyrkokiller som krävs för segmenteringsalternativet. Dock ska det noteras att tillverkningen av strålskärmar för heltanksalternativet inte är medräknat i energianalysen. Det krävs även färre transporter för heltanksalternativet vilket är positivt ur miljösynpunkt. Ur slutförvarssynpunkt är heltanksalternativet mer miljöbelastande då ca 100 000 m<sup>3</sup> mer bergmassor måste tas upp för reaktortanktransporttunneln.

De största riskerna som påvisas i referensrapporterna härrör till genomförandet av lyftet av en heltank, tidsplanen för genomförandet av de båda alternativen samt tillgänglighet, dimensionering och kostnad vid utbyggnaden av SFR.

## 13 Referenser

- [1] Barsebäck, BKAB 1 och 2 - Rekommendation för omhändertagande av reaktortankar och interndelar vid rivning, 2055076/2.0, okt 2010
- [2] Scanscot, Barsebäck 1 och 2, Rivning - Demontering av hel reaktortank, 07202/R-04, utgåva 3, maj 2009
- [3] Westinghouse, BKAB – Segmentering av interndelar och reaktortank på Barsebäck 1 och 2, Förstudie, SEW 09-228, rev 0, nov 2009
- [4] Barsebäck, Barsebäck - Jämförelse av alternativen ”Hel reaktortank” resp. ”Segmenterad reaktortank” med av kollektivdos, 2074058/2.0, feb 2010
- [5] Vattenfall, Avfallsbeskrivning för hela reaktortankar (O3, F3) exklusive interndelar, T-NG 10-003, sept 2010
- [6] Westinghouse, Rivningsstudie av demontage, lyft, transport, mellanlagring och slutförvaring av hel reaktortank, SEW 07-182, rev 0, SKB doc. Id. 1262715, maj 2008
- [7] Barsebäck, Barsebäck 1 och 2 - Analys och rekommendation för omhändertagande av Barsebäck's reaktortankar, 2110611/2.0, nov 2010
- [8] SKB, Energianalys för transport av BWR reaktortank, 1336123, ver 1.0, sep 2012
- [9] Nuclear Energy Agency, Large components, A report of the NEA Working Party on Decommissioning and Dismantling (WDPP), Task Group on Large Components, sep 2012
- [10] TLG Services Inc, Decommissioning cost analysis for Barsebäck Nuclear Station, S-33-1567-002, rev 0, feb 2008
- [11] Ringhals, Ansökan om tillstånd för transport enligt särskild överenskommelse av tre stycken ånggeneratorer med M/V Elektron, 2017954, januari 2009
- [12] Ringhals, Aktivitetsinnehåll i R2 gamla ÅG; underlag för avfallsplan, 1996851 ver. 2.0, juli 2008
- [13] Ringhals, Avfallsplan för 3 st utbytta ånggeneratorer från Ringhals 2, 1859028 ver. 3.0, november 2008
- [14] Ringhals, Utvärdering av risker vid transport av utbytt ÅG, 1946477 ver. 5.0, juni 2007
- [15] Ringhals, R1 System 211. Reaktortank. FSAR/Systembeskrivning, 51104580710 ver. 6.0, sep 2007

**BILAGA 1. TRANSPORTSTRÄCKOR***Tabell 1 Transportsträckor för heltanksalternativet [6]*

Reaktor	Totalvikt tom tank med lock [ton]	Avstånd sjöväg [km]	Avstånd från kärnkraftverk till hamn [km]	Avstånd mellan Forsmarks hamn och SFR [km]	Totalt [km]
B1	540	814	0,5	2	
B2	540	814	0,6	2	
F1	775	0	0	4,5 <sup>1</sup>	
F2	775	0	0	4,7 <sup>1</sup>	
F3	775	0	0	5,6 <sup>1</sup>	
O1	390	426	0,8	2	
O2	540	426	0,8	2	
O3	775	426	1,4	2	
R1	550	1020	1,6	2	
<b>Totalt</b>		<b>3926</b>	<b>5,7</b>	<b>26,8</b>	<b>3958,5</b>

*Tabell 2: Transportsträckor för segmenteringsalternativet*

Reaktor	Antal vändor sjötransport	Total sjösträcka, [km]	Total landtransport [km]	Total sträcka [km]
B1	3	2 442	156	2 598
B2	3	2 442	172	2 614
F1	0	0	223	223
F2	0	0	233	233
F3	0	0	300	300
O1	2	852	151	1 003
O2	3	1 278	203	1 481
O3	4	1 704	407	2 111
R1	3	3 060	374	3 434
<b>Totalt</b>		<b>11 778</b>	<b>2 217</b>	<b>13 995</b>

---

<sup>1</sup> Avser transportsträcka mellan Forsmarks kärnkraftverk och SFR