

# Ansökan om tillstånd enligt kärntekniklagen

## Toppdokument

Ansökan om tillstånd enligt Kärntekniklagen för utbyggnad och fortsatt drift av SFR

## Bilaga Begrepp och definitioner

Begrepp och definitioner för ansökan om utbyggnad och fortsatt drift av SFR

## Bilaga F-PSAR SFR

Första preliminär säkerhetsredovisning för ett utbyggt SFR

## Allmän del 1

Anläggningsutformning och drift

## Allmän del 2

Säkerhet efter förslutning

## Typbeskrivningar

- Preliminär typbeskrivning för hela BWR reaktortankar exklusive interndelar.
- Preliminär typbeskrivning för skrot i fyrkokill
- Preliminär typbeskrivning för hårdkomponenter i stältankar **Utgått maj 2017**

## Bilaga AV PSU

Avvecklingsplan för ett utbyggt SFR  
Slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall

## Bilaga VOLS-Ansökan PSU

Verksamhet, organisation, ledning och styrning för utbyggnad av SFR – Ansökans- och systemhandlingsskede

## Bilaga VOLS-Bygg PSU

Verksamhet, organisation, ledning och styrning för utbyggnad av SFR – Tillståndsprövnings- och detaljprojekteringskedet samt byggskedet.

## Bilaga MKB PSU

Miljökonsekvensbeskrivning för utbyggnad och fortsatt drift av SFR

## Bilaga BAT

Utbyggnad av SFR ur ett BAT-perspektiv

## Kapitel 1

Inledning

## Kapitel 2

Förläggningsplats

## Kapitel 3

Konstruktionsregler

- Tolkning och tillämpning av krav i SSMFS
- Principer och metodik för säkerhetsklassning – Projekt SFR utbyggnad
- Säkerhetsklassning för projekt SFR-utbyggnad
- Acceptanskriterier för avfall, PSU

## Kapitel 4

Anläggningens drift

## Kapitel 5

Anläggnings- och funktionsbeskrivning

- Preliminär plan för fysiskt skydd för utbyggt SFR
- SFR Förslutningsplan
- Metod och strategi för informations- och IT-säkerhet, PSU

## Kapitel 6

Radioaktiva ämnen

- Radionuclide inventory for application of extension of the SFR repository - Treatment of uncertainties. **(1) (2)**
- Låg- och medelaktivt avfall i SFR. Referensinventarium för avfall 2013 **(uppdaterad 2015-03)**

## Kapitel 7

Strålskydd

- Dosprognos vid drift av utbyggt SFR

## Kapitel 8

Säkerhetsanalys för driftskedet

- SFR – Säkerhetsanalys för driftskedet

## Kapitel 9

Mellanlagring av långlivat avfall **Utgått maj 2017**

- Ansökansinventarium för mellanlagring av långlivat avfall i SFR **Utgått maj 2017**

## Huvudrapport

Redovisning av säkerhet efter förslutning för SFR

Huvudrapport för säkerhetsanalysen SR-PSU **(1) (3)**

### FHA report

Handling of future human actions in the safety assessment **(2)**

### FEP report

FEP report for the safety assessment

### Waste process report

Waste process report for the safety assessment

### Geosphere process report

Geosphere process report for the safety assessment

### Barrier process report

Engineered barrier process report for the safety assessment

### Biosphere synthesis report

Biosphere synthesis report for the safety assessment

### Climate report

Climate and climate related issues for the safety assessment

### Model summary report

Model summary report for the safety assessment

### Data report

Data report for the for the safety assessment **(2)**

### Input data report

Input data report for the safety assessment **(2) (3)**

### Initial state report

Initial state report for the safety assessment **(2)**

### Radionuclide transport report

Radionuclide transport and dose calculations for the safety assessment **(2)**

### SDM-PSU Forsmark

Site description of the SFR area at Forsmark on completion of the site investigation

Samrådsredogörelse

Konsekvensbedömning av vattenmiljöer vid utbyggnad av SFR

**Ersatt juli 2016 av bilaga SFR-U K:2**

Naturmiljöutredning inför utbyggnad av SFR, Forsmark, Östhammar kommun.

## Kompletteringar

- September 2015 – Svensk version av *Huvudrapport SR-PSU* i allmän del 2 samt ny version (3.0) av *Radionuclide inventory* i allmän del 1 kapitel 6
- Oktober 2015 – Fem uppdaterade rapporter i allmän del 2 samt ny version (4.0) av *Radionuclide inventory* i allmän del 1 kapitel 6
- Oktober 2017 – Uppdatering av *Huvudrapport SR-PSU* och *Input data report*



Öppen

Säkerhetsrapport Allmän del

DokumentID 1247361	Version 1.0	Status Godkänt	Reg nr	Sida 1 (19)
Författare Sofia Canderyd Patrik Berg			Datum 2014-04-11	
Kvalitetssäkrad av Therese Adusjö (KG)			Kvalitetssäkrad datum 2014-12-10	
Godkänd av Peter Larsson			Godkänd datum 2014-12-10	
Kommentar Granskning har skett enligt granskningsprotokoll SKBdoc 1436145				

## F-PSAR SFR - Allmän del 1 Kapitel 6 - Radioaktiva ämnen

### Innehåll

<b>6</b>	<b>Radioaktiva ämnen.....</b>	<b>3</b>
6.1	Inledning.....	3
6.2	Avfallet i SFR.....	5
6.2.1	Avfallets ursprung.....	5
6.2.2	Behandling av avfall.....	6
6.2.3	Avfallsbehållare.....	7
6.2.4	Övriga avfallskollin.....	8
6.2.5	Placering i SFR.....	8
6.3	Hanterade avfallsmängder.....	9
6.3.1	Antal kollin per förvar.....	9
6.3.2	Materialmängder per förvarsdel.....	11
6.4	Aktivitetssinnehåll och korrelationsfaktorer.....	12
6.4.1	Aktivitetssinnehåll.....	12
6.4.2	Nuklidkorrelation.....	13
6.4.3	Aktivitetssinnehåll per förvarsdel, prognos.....	15
6.4.4	Osäkerheter i redovisad aktivitet.....	16
6.5	Aktivitet, tillstånd.....	17
6.5.1	Regeringens ramvillkor.....	17
6.5.2	SSMs nuklidvillkor.....	17
6.6	Aktivitetsfrigörelse i anläggningen.....	18
6.7	Referenser.....	19

## Revisionsförteckning

Version	Datum	Revideringen omfattar	Utförd av	Granskad	Godkänd
1.0	Se sidhuvud	Dokument utfärdat.	Sofia Canderyd Patrik Berg	Se sidhuvud	Se sidhuvud

## 6 Radioaktiva ämnen

### 6.1 Inledning

Radioaktivt avfall kan delas upp efter många definitioner, till exempel aktivitetsinnehåll, avfallets ursprung eller kemisk sammansättning. Indelning med hänsyn till slutförvaring som tillämpas av den svenska kärnkraftsindustrin beskrivs i SKB:s Avfallshandbok, se tabell 6-1. Det avfall som deponeras i SFR tillhör kategorierna 3 och 4 i tabellen. Avfallet består till största delen av drift- och rivningsavfall från de svenska kärntekniska anläggningarna men innehåller även mindre mängder liknande avfall från till exempel sjukvården.

**Tabell 6-1.** Indelning av avfall med hänsyn till slutförvaring.

Avfallskategori	Definition
1. Friklassat material	Material med radioaktiva ämnen som understiger gränsen för krav på särskild slutförvaring.
2. Kortlivat mycket lågaktivt avfall	Innehåll av mindre mängd kortlivade radionuklider med $T_{1/2} \leq 31$ år, dosrat på kolli $< 0,5$ mSv/h, långlivade radionuklider med $T_{1/2} > 31$ år förekommer i begränsade mängder.
3. Kortlivat lågaktivt avfall	Innehåll av kortlivade radionuklider med $T_{1/2} \leq 31$ år, dosrat på kolli (och oskärmad material) $< 2$ mSv/h, långlivade radionuklider med $T_{1/2} > 31$ år förekommer i begränsade mängder.
4. Kortlivat medelaktivt avfall	Signifikant innehåll av kortlivade radionuklider med $T_{1/2} \leq 31$ år, dosrat på kolli $< 500$ mSv/h, långlivade radionuklider med $T_{1/2} > 31$ år förekommer i begränsade mängder.
5. Långlivat låg- och medelaktivt avfall	Signifikant innehåll av långlivade radionuklider med $T_{1/2} > 31$ år över gällande begränsning för kortlivat avfall.
6. Högaktivt avfall	(Kärnbränsle) Typisk värmeeffekt $> 2$ kW/m <sup>3</sup> och innehåll av långlivade radionuklider med $T_{1/2} > 31$ år över gällande begränsning för kortlivat avfall.

I detta kapitel ges en beskrivning av det kortlivade låg- och medelaktiva avfall som ska slutförvaras i SFR. Beskrivningen av avfallet bygger på de typbeskrivningar som utfärdats och som utgör en del av säkerhetsredovisningen, på framtagna rivningsstudier och avvecklingsplaner samt på utförda inventeringar och prognoser av avfallsvolymer, material och radioaktiva ämnen.

Det ursprungliga drifttillståndet för SFR baserades på den prognos som sammanställdes i SSR, SFR 1 – Slutlig säkerhetsrapport år 1987, avseende såväl avfallstyper som prognostiserade mängder.

Prognoser över det avfall som är tänkt att deponeras i SFR uppdateras regelbundet. Den senaste kompletta prognosen togs fram under 2013 [6-2]. Denna rapport ligger till grund för [6-1] och [6-6], där data rörande materialmängder, radionuklider med mera är hämtade från. De grundläggande antaganden som har använts för prognosen och som är relevanta för de data som presenteras i detta kapitel är följande:

- För reaktorerna i Forsmark och Oskarshamn samt Ringhals 3 och 4 antas 60 års drifttid och för reaktorerna Ringhals 1 och 2 antas 50 års drifttid. Barsebäck antas ha servicedrift fram till år 2020. Clab/Clink antas leverera avfall fram till 2070. Studsvik Nuclear antas leverera avfall fram till 2040 och Svafo antas leverera avfall fram till 2045.
- Framtida produktionsmetoder, behandlingsprinciper, material med mera antas vara desamma som använts fram till år 2013.

## 6.2 Avfallet i SFR

### 6.2.1 Avfallets ursprung

#### ***Driftavfall från kärntekniska anläggningar***

Kortlivat låg- och medelaktivt avfall som härrör från driften av kärnkraftverk kan övergripande delas in i två typer av avfall, vått avfall och fast avfall. Det våta avfallet består huvudsakligen av kornformig jonbytarmassa, pulverformig jonbytarmassa, mekaniska filterhjälpmedel, indunstarkoncentrat och fällningsslam. Det fasta avfallet består huvudsakligen av metallskrot av framförallt kolstål och rostfritt stål samt textilier, papper och plast. Det våta avfallet genereras kontinuerligt under drift och det fasta avfallet uppkommer oftast i samband med ingrepp av olika slag, huvudsakligen under revisionsavställningar.

Vattnet i reaktorläggningarnas primärkretsar genomgår kontinuerlig rening, vilket främst syftar till att avlägsna de radioaktiva ämnena och ämnen som annars skulle kunna bli aktiverade om de inte avlägsnades från reaktorvattnet. Dessa ämnen kan vara lösta eller dispergerade i reaktorvattnet och komma från korrosion av materialytor, men kan även vara ämnen på ytor nära härden som direkt aktiveras och vilkas ytor väts av kylmediet varvid de radioaktiva nukliderna kan övergå till reaktorvattnet. Den kontinuerliga reningen sker i reaktorns reningskretsar med hjälp av jonbytarmassor och filter som tar upp de radionuklider som förekommer som joner i reaktorvattnet. Filtrena fångar också upp så kallat ”crud”, det vill säga dispergerade partiklar bestående av oxider/hydroxider av konstruktionsmaterial.

En del radioaktiva ämnen frigörs från det utbrända bränslet som förvaras i förvaringsbassänger vid kärnkraftverken och i Clab. Även i reningssystemen för dessa system och anläggningar utnyttjas jonbytarmassor och filter för rening på ungefär samma sätt som i reaktorvattenreningsystemen.

I vissa fall utgörs det fasta avfallet av komponenter vilka ingått i radioaktivt förorenade processsystem, men huvuddelen uppkommer genom att material förs in på klassat område, används och blir därigenom kontaminerat, för att sedan kasseras. I vissa fall kan dock material tas ut för återvinning eller återanvändning vilket bland annat kräver att man kan visa att det är praktiskt taget fritt från radioaktivitet.

Även reaktortankar ingår som fast avfall. Endast BWR- tankar ska deponeras i SFR, dock med de kraftigt neutroninducerade härdkomponenterna utplockade.

#### ***Rivningsavfall från kärntekniska anläggningar***

Rivningsavfall från de kärntekniska anläggningarna kommer i huvudsak att bestå av fast avfall i form av stål, sand och betong. Avfallet kommer till största del utgöras av dels demonterad radioaktivt nedsmutsad processutrustning och dels av radioaktivt kontaminerade ytskikt dvs. byggmaterial, som har bearbetats bort från väggar och golv.

En viss mängd jonbytarmassor och eventuellt även filter kan också förutses. Dessa har använts i syfte att avlägsna större aktivitetsmängder för att underlätta efterkommande demontage och rivning.

#### ***Övrigt avfall***

Förutom avfall från de kärntekniska anläggningarna härrör visst avfall från andra verksamheter såsom industri, forskningsinstitut (laboratorier), sjukvård etc. Omhändertagande av detta avfall samordnas av Studsvik Nuclear, vilka tillhandahåller tjänster avseende slutligt omhändertagande av radioaktivt material som inte kommer från kärnteknisk verksamhet. Exempel på sådant avfall är uttjänta radioaktiva strålkällor, tekniska utrustningar innehållande radioaktiva strålkällor, avfall från strålbearbetningsenheter, radioaktivt kontaminerat material samt radioaktiva kemikalier. Detta yttrar sig som skrot i form av järn, rostfritt stål samt aluminium och sopor i form av restprodukter som aska och sot efter förbränning av brännbart avfall, till exempel kläder och trasor.

## 6.2.2 Behandling av avfall

Innan avfallet går vidare till slutförvar behandlas det vid de kärntekniska anläggningar där det uppstår. Syftet med behandlingen kan till exempel vara volymreducering, koncentration av aktiviteten, solidifiering, förpackning eller modifiering av fysikaliska/kemiska egenskaper.

Det våta avfallet behandlas idag genom solidifiering med cement eller bitumen alternativt genom avvattning. Genom solidifieringen erhålls en avfallsform som är mekaniskt stabil samt beständig gentemot vatten vilket bland annat innebär säkrare transporter och goda långtidsegenskaper, som att hindra transport av radionuklider, i förvaret.

Vid cementsolidifieringen doseras först avfallet i behållaren (betong- och plåtkokill eller plåtfat) varefter tillsatser och cement tillsätts under omblandning. När en homogen blandning erhållits avbryts omrörningen och omröraren lämnas kvar i behållaren. Slutligen eftergjuts ett lock av betong. Vid bitumensolidifieringen torkas det våta avfallet och blandas med bitumen. När en homogen blandning erhållits, töms injutningsprodukten i behållaren (plåtkokill eller plåtfat). Avvattning av pulverformig jonbytarmassa sker i kraftigt armerade betongtankar. Betongtanken placeras i en påfyllningsposition, varefter det våta avfallet pumpas till denna. Avvattningen sker genom hävertverkan via ett filter- och avvattningsarrangemang i betongtankens botten.

Det fasta avfallet kan ges olika behandlingar i syfte att reducera volymen eller koncentrera aktiviteten.

Kompaktering av avfall syftar till att reducera avfallsvolymen. Detta är främst tillämpligt för sopavfallet som i regel kompakteras till balar. Sopavfallet kan även kompakteras direkt i behållare, vanligtvis i plåtfat eller betongkokill. Vid kompaktering direkt i behållare sker en påföljande betongkringgjutning av avfallet. Icke kompakterbart avfall, sand, byggavfall och liknande som kan förväntas uppkomma som rivningsavfall förpackas direkt i containrar utan någon särskild behandling. Medelaktivt fast avfall bestående av filterpatroner, skrot, sopavfall och dylikt, som är tillräckligt radioaktivt för att kräva strålskärning, packas normalt direkt i en kokill, eventuellt efter torkning eller kompaktering, varefter kring- och övergjutning med betong sker. Volymreducering och samtidigt uppkoncentrering av radioaktivt avfall kan göras antingen genom förbränning av brännbart avfall eller genom smältning av skrot. Avfallsförbränningen har för kärnkraftverkens del genomförts i Studsvik. Avfallet förbränns i en förbränningsugn där bildad aska, slagg, sot samt en mindre del oförbränt material uppsamlas i en askficka som är direkt kopplad till ugnen. Förbränningsresterna emballeras sedan i plåtfat. Vid förbränning erhålls en mycket stor volymreduktion samtidigt som avfallets kemiska och fysikaliska form ur många aspekter kraftigt förbättras. Smältning av metaller innebär att de radioaktiva ämnena binds till slaggen och de smälta göten kan i allmänhet friklassas direkt eller efter kortare tids avklingning.

Reaktortankarna (endast BWR) från de stängda kärnkraftverken ska transporteras och deponeras som stora enheter i SFR, det vill säga utan segmentering eller någon annan behandling.

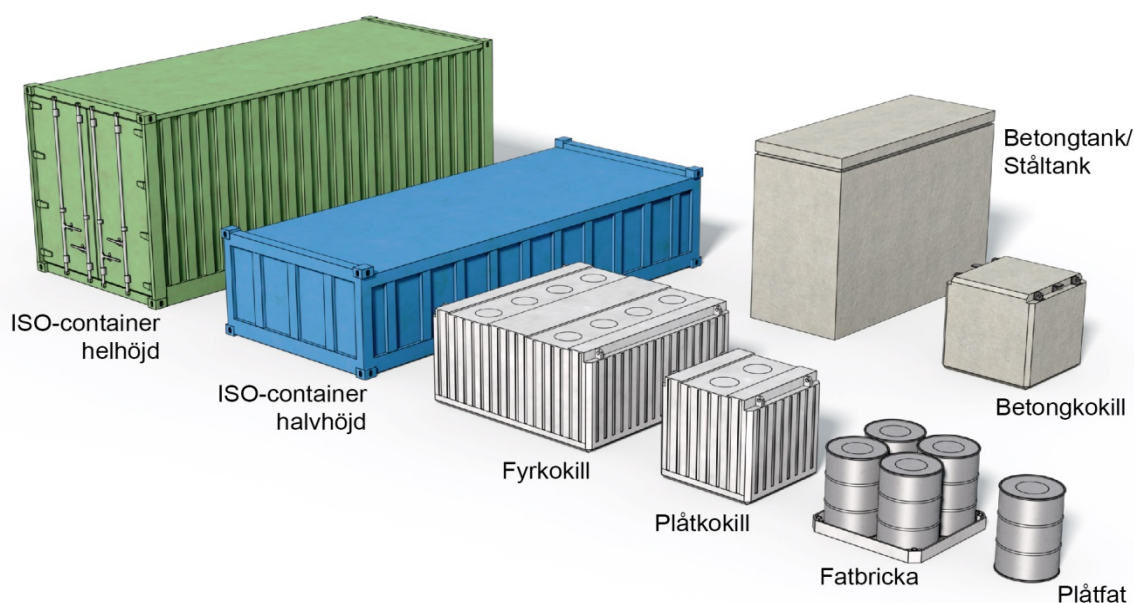
### 6.2.3 Avfallsbehållare

Avfallet emballeras i behållare anpassade till råavfallens form, behandlingsmetod samt system för hantering. För att passa in i hanteringssystemen begränsas antalet behållartyper. I Figur 6-1 visas de vanligast förekommande behållarna för drift- och rivningsavfall. I hanteringshänseende kan man särskilja tre huvudtyper:

- Containerar av plåt i vilka lågaktivt fast avfall placeras. Avfallet packas i modulanpassade lådor, balar eller fat som utgör inneremballage i containern. Avfall kan också packas direkt i containern. Containerar hanteras i SFR med hjälp av gaffeltruck försedd med en speciell containerlyft. Containerar deponeras i bergssalen för lågaktivt avfall (1BLA) samt i bergssalar för lågaktivt avfall i utbyggt SFR (2-5BLA). Detta är den dominerande avfallsbehållaren för rivningsavfallet.
- Tankar av armerad betong som innehåller avvattnad pulverformig jonbytarmassa och filterhjälpmedel. Dessa tankar lyfts underifrån med gaffeltruck. Betongtankarna deponeras i betongtankförvaret (bergssalarna 1BTF och 2BTF).
- Betong- eller plåtkokiller samt 200-liters plåtfat i vilka det huvudsakligen emballeras solidifierat vått medelaktivt avfall eller betongkringgjutet fast medelaktivt avfall. Dessa kollin lyfts med travers ovanifrån med hjälp av ett specialkonstruerat lyftok. För 200-litersfaten används en fatbricka eller en fatlåda så att fyra fat åt gången hanteras som en enhet. Fatbrickans/fatlådans basarea är densamma som kokillernas, vilket gör att fyra fat på fatbricka/i fatlåda hanteringsmässigt motsvarar en kokill. Kokiller och fat deponeras i Silo, i bergssalen för medelaktivt avfall (1BMA) samt i bergssalen för medelaktivt avfall i utbyggt SFR (2BMA). Om kollit ska placeras i Silo eller 1BMA/2BMA styrs av ursprung, aktivitetsinnehåll, dosrat och/eller kemiska egenskaper.

För rivningsavfallet kommer förutom ovanstående även avfallsbehållaren fyrkokill användas. I hanteringshänseende passar denna in tillsammans med kokillerna då dess basarea och volym är lika stor som fyra kokillers.

Behandlat avfall emballerat i en behållare kallas avfallskolli. Detta är normalt den enhet som deponeras i SFR. Mer detaljerade beskrivningar av olika typer av avfall, behållare och slutligen färdiga kollin återfinns i typbeskrivningarna.



Figur 6-1. Avfallsbehållare i SFR.



#### 6.2.4 Övriga avfallskollin

I ovanstående avsnitt har huvudtyperna av de behandlingsmetoder respektive behållare som är tillämpliga för det avfall som deponeras i SFR beskrivits.

En mindre del av de kollin som produceras kan emellertid avvika från det normala. I många fall är avvikelserna sådana att egenskaperna hos avfallet, med hänsyn till såväl hantering som slutlagring, är jämförbara med dem hos avfallskollin inom de etablerade kategorierna. Varje sådant så kallat udda avfall behandlas separat, men beskrivs alltid i en typbeskrivning på samma sätt som för de normala avfallstyperna. Udda avfall kan till exempel vara äldre avfall med avvikande avfalls- och matrissammansättning men även reaktortanklock eller ångseparatorer.

#### 6.2.5 Placering i SFR

Silo	Avfallet i Silo består till största delen av jonbytmassa ingjuten i en cement- eller bitumenmatris, men betongkringgjutna sopor och skrot förekommer också. Förekommande avfallsbehållare är betong- och plåtkokiller samt plåtfat på fatbricka.
1BMA	Avfallet i 1BMA består av jonbytmassa, slam och indunstarkoncentrat i en cement- eller bitumenmatris samt betongkringgjutna sopor och skrot. Förekommande avfallsbehållare är betong- och plåtkokiller samt plåtfat på fatbricka/i fatlåda.
2BMA	Avfallet i 2BMA består till största delen av betongkringgjutna sopor, skrot och betong. Förutom detta kommer mindre mängder av cement- eller bitumensolidifierad slam och jonbytmassa att deponeras. Förekommande avfallsbehållare är betong- eller plåtkokiller och fyrkokiller. Även plåtfat placerade på fatbrickor kan användas som emballage.
1BTF	Avfallet i 1BTF består till största delen av avvattnad jonbytmassa i betongtankar samt plåtfat innehållande aska. Betongkokiller innehållande cementingjuten jonbytmassa förekommer också.
2BTF	Avfallet i 2BTF består av avvattnad jonbytmassa i betongtankar.
1BLA	Avfallet i 1BLA består till största delen av sopor och skrot i containrar. Små mängder jonbytmassa kan förekomma. Innerbehållare såsom plåtfat och sopbalar förekommer.
2-5BLA	Avfallet i 2-5BLA består av sopor och skrot samt sand, betong, grus, jord och asfalt i containrar.
BRT	Avfallet i BRT kommer att bestå av BWR-reaktortankar, exklusive interndelar, från de svenska kärnkraftverken. Dessa är gjorda av kolstål med ett inre ytskikt av rostfritt stål. Tankarna kommer att deponeras i stort sett obehandlade och utan emballage.

## 6.3 Hanterade avfallsmängder

### 6.3.1 Antal kollin per förvar

I tabell 6-2 redovisas det totala antalet kollin drift- och rivningsavfall, per avfallstyp, som förväntas finnas deponerade i SFR vid förslutning av förvaret enligt de prognoser som avfallsleverantörerna levererat. Avfallstyper anges med avfallsleverantörens enbokstavsförkortning och en 2-ställig sifferkod. Bokstaven D betyder att det är rivningsavfall (Decommissioning).

I tabellen har avfallstyper av olika kolonvarianter eller med olika emballage, undantaget udda avfall med numrering 99, slagits samman. Avfallsinnehåll, matris- och emballagematerial kan därför variera inom den redovisade avfallstypen. Även containrar med olika mått men samma volym har slagits ihop.

**Tabell 6-2.** Antal kollin drift- och rivningsavfall som förväntas vara deponerat i SFR vid förslutning [6-6].

Förvarsdel	Avfallstyp	Behållare	Antal kollin vid förslutning	Kollivolym	Totalvolym
<b>Silo</b>	B.04	Plåtfat	768	0,324	249
	B.06	Plåtfat	1776	0,324	575
	C.02	Betongkokill	1361	1,728	2352
	C.16:D	Plåtkokill	7	1,728	12
	C.24	Betongkokill	350	1,728	605
	F.18	Plåtkokill	804	1,728	1389
	F.18:D	Plåtkokill	21	1,728	36
	O.02/O.02:9	Betongkokill	1944	1,728	3359
	O.16:D	Plåtkokill	28	1,728	48
	O.24	Plåtkokill	204	1,728	353
	R.02/R.02:9	Betongkokill	371	1,728	641
	R.02:D	Plåtkokill	42	1,728	73
	R.16	Plåtkokill	2839	1,728	4906
	R.24	Plåtkokill	60	1,728	104
	S.04	Plåtfat	452	0,324	146
	S.11	Plåtkokill	106	1,728	183
S.24/S.24:1	Plåt- eller betongkokill	826	1,728	1427	
			11959		16459
<b>BRT</b>	B.BWR:D	Reaktortank	2		
	F.BWR:D	Reaktortank	3		
	O.BWR:D	Reaktortank	3		
	R.BWR:D	Reaktortank	1		
<b>1BMA</b>	B.05/B.05:9	Plåtfat	3360	0,324	1089
	B.05:2	Fatlåda	224	1,728	387
	B.23	Plåtkokill	33	1,728	57
	C.01:9	Betongkokill	68	1,728	118
	C.23	Betongkokill	63	1,728	109
	F.05:1/F.05:2	Plåtfat	1712	0,324	555
	F.15	Plåtkokill	11	1,728	19
	F.17/F.17:1	Plåtkokill	1382	1,728	2388
	F.23	Plåt- eller betongkokill	277	1,728	479
	F.99:1	Plåtkokill	2	1,728	3
	O.01:9	Betongkokill	675	1,728	1166
	O.23/O.23:9	Betongkokill	509	1,728	880
	R.01/R.01:9	Betongkokill	1689	1,728	2919
	R.10	Betongkokill	121	1,728	209
	R.15	Plåtkokill	186	1,728	321
	R.23	Plåt- eller betongkokill	510	1,728	881
	R.29	Betongkokill	188	1,728	325
	S.21	Plåtfat	488	0,324	158
	S.23	Betongkokill	113	1,728	195
			11611		12258
<b>2BMA</b>	B.23:D	Plåtkokill	608	1,728	1051
	C.23	Betongkokill	98	1,728	169
	C.4K23:D	Fyrkokill	3	6,912	21

	F.23	Plåtkokill	250	1,728	432
	F.4K23:D	Fyrkokill	307	6,912	2122
	O.23/O.23:9	Betongkokill	100	1,728	173
	O.4K23:D	Fyrkokill	295	6,912	2039
	R.15	Plåtkokill	68	1,728	118
	R.23	Plåtkokill	96	1,728	166
	R.23:D	Plåtkokill	153	1,728	264
	R.4K23:D	Fyrkokill	463	6,912	3200
	R.29	Betongkokill	192	1,728	332
	S.23	Betongkokill	605	1,728	1045
	S.23:D	Betongkokill	164	1,728	283
	S.25:D	Plåtfat	2384	0,324	772
	Å.4K23:D	Fyrkokill	50	6,912	346
			5836		12533
<b>1BTF</b>	B.07/B.07:9	Betongtank	24	10	240
	O.01:9	Betongkokill	28	1,728	48
	O.07/O.07:9	Betongtank	369	10	3690
	O.99:1	Corténlåda	40	3,375	135
	R.01/R.01:9	Betongkokill	91	1,728	157
	R.10	Betongkokill	4	1,728	7
	R.23	Betongkokill	21	1,728	36
	R.99:1	Reaktortanklock	1	100	100
	S.13	Plåtfat	8116	0,324	2630
			8694		7043
<b>2BTF</b>	B.07/B.07:9	Betongtank	208	10	2080
	F.99:2	Plåtlåda	18	10	180
	O.07/O.07:9	Betongtank	521	10	5210
			747		7470
<b>1BLA</b>	B.12/B.12:1	Container 20 m <sup>3</sup>	193	20	3860
	B.12	Container 40 m <sup>3</sup>	47	40	1880
	B.20	Container 20 m <sup>3</sup>	12	20	240
	F.12	Container 10 m <sup>3</sup>	18	10	180
	F.12	Container 20 m <sup>3</sup>	28	20	560
	F.20	Container 20 m <sup>3</sup>	15	20	300
	O.12/O.12:1	Container 20 m <sup>3</sup>	33	20	660
	O.12	Container 40 m <sup>3</sup>	10	40	400
	O.99:3	Container 40 m <sup>3</sup>	5	40	200
	R.12/R.12:1	Container 20 m <sup>3</sup>	33	20	660
	R.12	Container 40 m <sup>3</sup>	67	40	2680
	S.12	Container 20 m <sup>3</sup>	58	20	1160
	S.14	Container 20 m <sup>3</sup>	75	20	1500
			594		14280
<b>2-5BLA</b>	B.12	Container 40 m <sup>3</sup>	14	40	560
	B.12:D	Container 20 m <sup>3</sup>	876	20	17520
	C.12:D	Container 20 m <sup>3</sup>	18	20	360
	F.12	Container 10 m <sup>3</sup>	9	10	90
	F.12	Container 20 m <sup>3</sup>	15	20	300
	F.12:D	Container 20 m <sup>3</sup>	734	20	14680
	O.12	Container 20 m <sup>3</sup>	48	20	960
	O.12:D	Container 20 m <sup>3</sup>	654	20	13080
	R.12	Container 40 m <sup>3</sup>	51	40	2040
	R.12:D	Container 20 m <sup>3</sup>	481	20	9620
	S.12	Container 20 m <sup>3</sup>	202	20	4040
	S.12:D	Container 20 m <sup>3</sup>	89	20	1780
	S.14	Container 20 m <sup>3</sup>	12	20	240
	V.12:D	Container 20 m <sup>3</sup>	509	20	10180
	Å.12:D	Container 20 m <sup>3</sup>	25	20	500
			3737		75950

### 6.3.2 Materialmängder per förvarsdel

I tabell 6-3 visas den totala mängden material från drift- och rivningsavfall, inklusive matris- och emballagematerial, per förvarsdel vid förslutning av SFR år 2075.

För metallinnehållet redovisas även tillgänglig ytarea för korrosion. Void definieras som verkligt tomrum, det vill säga tex porer med luft som bildas vid ingjutning/kringgjutning räknas inte med.

**Tabell 6-3.** Materialmängd drift- och rivningsavfall, inklusive matris- och emballagematerial.

Material	Silo	BRT	1BMA	2BMA	1BTF	2BTF	1BLA	2-5BLA	Totalt
Aluminium/zink [kg]	8,26E+03	0	7,13E+03	2,06E+04	5,28E+04	0	6,30E+04	6,98E+04	2,21E+05
Aluminium/zink [m <sup>2</sup> ]	1,22E+03	0	1,01E+03	3,15E+03	7,79E+03	0	9,33E+03	1,04E+04	3,29E+04
Asfalt, grus, jord [kg]	0	0	0	0	0	0	0	3,60E+06	3,60E+06
Aska [kg]	0	0	0	1,53E+05	5,19E+05	0	0	0	6,72E+05
Betong [kg]	1,17E+07	0	8,52E+06	1,73E+07	6,52E+06	7,89E+06	2,43E+05	1,79E+07	7,00E+07
Bitumen [kg]	1,06E+06	0	1,93E+06	0	0,00E+00	0	1,18E+05	0	3,10E+06
Cellulosa [kg]	1,80E+04	0	7,95E+04	7,06E+04	1,07E+03	0	3,05E+05	3,61E+05	8,35E+05
Cement [kg]	1,22E+07	0	4,39E+06	4,50E+05	2,37E+05	0	7,50E+04	0	1,73E+07
Filterhjälpmedel [kg]	1,01E+04	0	8,34E+04	1,63E+02	7,23E+04	1,32E+05	0,00E+00	0	2,98E+05
Indunstarkonc. [kg]	0	0	2,99E+05	1,34E+05	0	0	2,70E+02	0	4,34E+05
Jonbytarmassa [kg]	3,31E+06	0	2,08E+06	4,76E+04	4,39E+05	8,12E+05	9,74E+04	0	6,78E+06
Järn/stål [kg]	4,93E+06	5,55E+06	2,65E+06	9,48E+06	1,32E+06	1,79E+06	3,77E+06	3,52E+07	6,47E+07
Järn/stål [m <sup>2</sup> ]	2,21E+05	7,24E+03	1,15E+05	4,38E+05	7,74E+04	3,94E+04	2,29E+05	1,84E+06	2,96E+06
Sand [kg]	0	0	0	1,06E+05	0	0	0	5,26E+06	5,37E+06
Slam [kg]	3,53E+04	0	8,61E+04	1,73E+04	2,53E+04	4,37E+04	7,25E+02	0	2,08E+05
Övrigt oorganiskt [kg]	1,07E+06	0	2,88E+04	8,77E+04	0	0	1,84E+05	2,51E+05	1,62E+06
Övrigt organiskt [kg]	5,31E+04	0	2,06E+05	1,49E+05	4,77E+04	8,46E+04	1,47E+06	2,03E+06	4,04E+06
Void [m <sup>3</sup> ]	2,14E+03	4,67E+03	1,83E+03	2,51E+03	5,23E+02	6,31E+02	4,50E+03	3,47E+04	5,15E+04

## 6.4 Aktivitetsinnehåll och korrelationsfaktorer

### 6.4.1 Aktivitetsinnehåll

Många nuklider är kortlivade och avklingar snabbt vilket innebär att de saknar betydelse eller endast har ringa betydelse för hantering och deponering i SFR. Därför diskuteras endast nuklider med längre halveringstid än ett år.

#### **Driftavfall**

Varje producerat avfallskolli för deponering i SFR mäts med gammaspektrometri hos avfallsleverantören. Aktivitet för ett antal gammastrålande nuklider, bland annat för nyckelnukliderna Co-60 och Cs-137, detekteras. Nyckelnukliderna används i flertalet beräkningsmetoder för att aktivitetsbestämma eller fördela andra svårsmätbara nuklider i SFR.

Nuklider som inte kan detekteras med gammaspektrometri men som anses vara särskilt viktiga för den långsiktiga säkerheten bestäms genom att mätningar och beräkningar görs på aktiva system i de olika anläggningarna istället för på enskilda kollin. Detta gäller för transuraner, Sr-90, Ni-59, Ni-63, C-14, Cl-36, Mo-93, Tc-99, I-129 och Cs-135.

På kraftverken och Clab tas vattenprover i de olika reningssystemen så att mängderna transuraner Sr-90, Ni-59 och Ni-63 kan kvantifieras i jonbytarmassan. Dessa nuklider finns även i sopor och skrot och för att bestämma aktiviteten där används specifika korrelationsfaktorer mot Co-60 som bestäms av kärnkraftverken och Clab utifrån nuklidförhållandena i vattenproverna.

Transuranerna Pu-239 och Pu-240 mäts i representativa prov på reaktorvatten och vatten från bränslebassänger. Pu-239 och Pu-240 samt Pu-238 och Am-241 är svåra att separera varför de vanligtvis samrapporteras. I avfallsdatabasen Triumf NG separeras Pu-239 och Pu-240 med förhållandet 1:1,4 enligt relationen mellan dessa nuklider i en beräknad jämviktshärd. Den uppmätta mängden Pu-239/240 fördelas mellan förvarsdelarna i SFR utifrån fördelningen Co-60 vid tillverkningsdatum. Då Pu-238 och Am-241 samrapporteras antas konservativt att all aktivitet är Pu-238 och Am-241 bestäms sedan med korrelation.

Aktiviteten för C-14 och Cl-36 i jonbytarmassan bestäms med särskilt utformade beräkningsmetoder. För kärnkraftverken i drift är de baserade på mätbara parametrar som termisk energiproduktion och kloridhalten i reaktorvattnet, för Studsvik Nuclear och Barsebäck baseras de på en beräknad pott av totalt producerad aktivitet under respektive reaktors drifttid. C-14 från Clab ges från en uppskattning av årligt upptag i jonbytarmassan baserat på mätningar. Den uppmätta mängden C-14 och Cl-36 fördelas mellan förvarsdelarna i SFR utifrån fördelningen av jonbytarmassa.

C-14 kan bilda organiska eller oorganiska föreningar. Dessa har olika transportegenskaper och med anledning av det delas C-14 upp i organisk och oorganisk aktivitet i Triumf NG.

Cl-36 återfinns även i annat avfall än jonbytarmassa där aktiviteten beräknas med korrelationsfaktorer.

Aktiviteten av Mo-93, Tc-99, I-129 och Cs-135 bestäms årligen utifrån beräkningar. Aktiviteten summeras per nuklid och per avfallsleverantör och fördelas därefter över avfallet utifrån aktiviteten för nyckelnukliderna Co-60 eller Cs-137 vid tillverkningsdatum.

De nuklider som inte kan mätas eller beräknas med tidigare nämnda beräkningsmetoder bestäms med korrelationsfaktorer där nuklider korreleras utifrån aktiviteten på Co-60, Cs-137 eller Pu-239 och Pu-240. De korrelationsfaktorer som har använts redovisas i avsnitt 6.6.2.

## Rivningsavfall

För rivningsavfallet beräknas aktiviteten för respektive block vid ett antaget referensdatum efter reaktorns slutgiltiga avställning. Nuklidspecifik aktivitet är framtagen på systemnivå med hjälp av en beräkningsmodell. De olika bidragen omfattar inducerad aktivitet samt kontamination från aktiverade korrosionsprodukter och nuklider från bränsleläckage. Därutöver tillkommer aktivitet i form av kontaminerad betong samt rester från avgassystemet och kvarvarande mängder jonbytarmassa. I beräkningsmodellen beräknas källstyrkor för de olika bidragen, vilka sedan multipliceras med areor, volymer och uppskattad kontamineringsgrad för respektive systemdel.

### 6.4.2 Nuklidkorrelation

Korrelationsfaktorer har tagits fram genom att beakta olika studier som genomförts både i Sverige och utomlands. Generellt korreleras aktiveringsprodukter mot Co-60, fissionsprodukter mot Cs-137 och transuraner mot summan av Pu-239 och Pu-240. Bland nukliderna med korrelationsfaktorer finns även nuklider som kan bestämmas med specifika mät- eller beräkningsmetoder. Korrelationsfaktorerna används endast då kollin saknar uppmätta eller på annat sätt beräknade värden.

Generella korrelationsfaktorer som används är hämtade från [6-3] med undantag för Tc-99 [6-4] och Pu-241 [6-5]. Korrelationsfaktorerna innehåller osäkerheter vilka diskuteras och kvantifieras i [6-2].

Tc-99 korreleras både mot Co-60 och mot Cs-137. Detta eftersom nukliden kan uppkomma både i samband med aktivering av material såväl som vid fission. Bidraget från de två korrelationerna adderas [6-4].

#### Nuklider korrelerade mot Co-60

De nuklider som korreleras mot Co-60 med tillhörande korrelationsfaktorer och halveringstider redovisas i Tabell 6-4. För ett fåtal nuklider finns specifika korrelationsfaktorer för BWR- respektive PWR-reaktorer. Fördelningen mellan BWR och PWR är proportionell mot ett medelvärde av mängden kobolt som härstammar från BWR respektive PWR. Den fördelning som använts här har gjorts utifrån ett medelvärde av Co-60 i jonbytarmassor på Ringhals mellan åren 1988 och 2005 med uppdelning mellan ursprung från BWR och PWR. Den fördelning som använts är 65 % BWR och 35 % PWR [6-2]. Endast avfall från Ringhals korreleras med olika korrelationsfaktorer för BWR och PWR.

**Tabell 6-4.** Korrelationsfaktorer för nuklider korrelerade mot Co-60.

Nuklid	Halveringstid (år)	Generella korrelationsfaktorer	Specifika korrelationsfaktorer <sup>1</sup>
H-3	12,3	$1 \cdot 10^{-4}$	
Be-10	$1,51 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^{-10}$	
Cl-36	$3,01 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^{-7}$	
Fe-55	2,73	1	
Ni-59	$7,60 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$
Co-60	5,27	1	
Ni-63	100	$8 \cdot 10^{-2}$	4
Mo-93	$4,00 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^{-6}$	
Zr-93	$1,53 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^{-6}$	
Nb-93m	16,1	$1 \cdot 10^{-3}$	
Nb-94	$2,03 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^{-5}$	
Tc-99	$2,11 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-6}$	
Ag-108m	438	$6 \cdot 10^{-5}$	
Sb-125	2,76	$1 \cdot 10^{-1}$	
Ba-133	10,5	$1 \cdot 10^{-5}$	
Ho-166m	$1,20 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^{-6}$	

<sup>1</sup> Avfall från PWR-reaktor.

### Nuklider korrelerade mot Cs-137

De nuklider som korreleras mot Cs-137 med tillhörande korrelationsfaktorer och halveringstider redovisas i Tabell 6-5.

**Tabell 6-5.** Korrelationsfaktorer för nuklider korrelerade mot Cs-137.

Nuklid	Halveringstid (år)	Generella korrelationsfaktorer	Specifika korrelationsfaktorer <sup>1</sup>
Se-79	$3,27 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^{-6}$	-
Sr-90	28,8	$1 \cdot 10^{-1}$	-
Tc-99	$2,11 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^{-4}$	-
Pd-107	$6,50 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^{-6}$	-
Cd-113m	14,1	$6 \cdot 10^{-4}$	-
Sn-126	$1,00 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^{-7}$	-
I-129	$1,57 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^{-6}$	-
Cs-134	2,06	1	-
Cs-135	$2,30 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^{-5}$	-
Cs-137	30,1	1	-
Pm-147	2,62	$9 \cdot 10^{-1}$	-
Sm-151	90,0	$3 \cdot 10^{-3}$	-
Eu-152	13,5	$7 \cdot 10^{-5}$	-
Eu-154	8,59	$1 \cdot 10^{-1}$	-
Eu-155	4,76	$7 \cdot 10^{-2}$	-
Am-241	$4,32 \cdot 10^2$	-	$4 \cdot 10^{-2}$
Pu-239	$2,41 \cdot 10^4$	-	$5 \cdot 10^{-3}$
Pu-240	$6,56 \cdot 10^3$	-	$5 \cdot 10^{-3}$
Cm-242	0,45	-	$1 \cdot 10^{-2}$
Cm-244	18,1	-	$1 \cdot 10^{-2}$
Pu-238	87,7	-	$1 \cdot 10^{-2}$

<sup>1</sup> Gäller visst avfall från Studsvik Nuclear och Svafo.

### Nuklider korrelerade mot Pu-239 och Pu-240

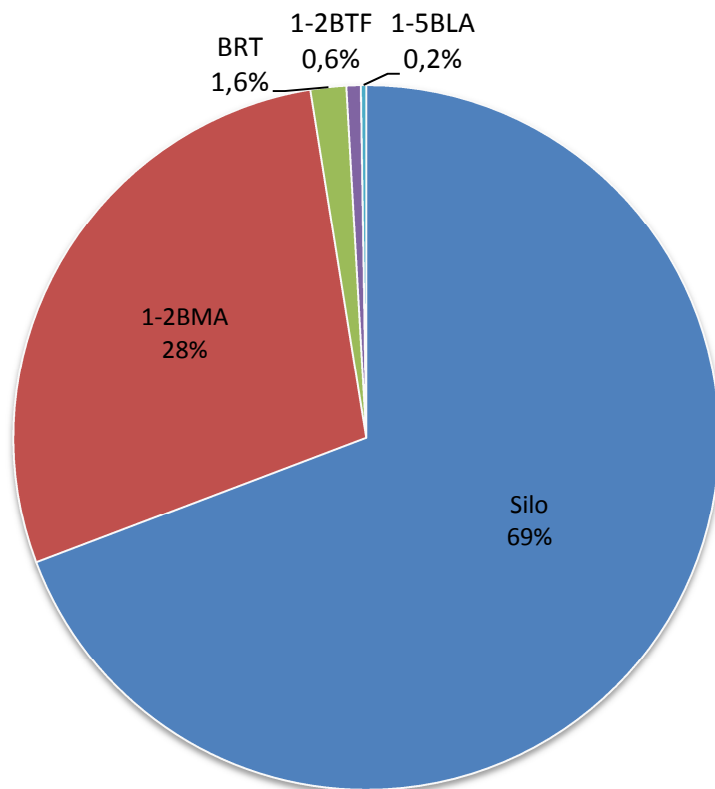
De nuklider som korreleras mot Pu-239 och Pu-240 med tillhörande korrelationsfaktorer och halveringstider redovisas i Tabell 6-6.

**Tabell 6-6.** Korrelationsfaktorer för nuklider korrelerade mot Pu-239 och Pu-240.

Nuklid	Halveringstid (år)	Generella korrelationsfaktorer
U-232	68,9	$3 \cdot 10^{-5}$
U-234	$2,46 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^{-3}$
U-235	$7,04 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^{-5}$
U-236	$2,34 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^{-4}$
U-238	$4,47 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^{-4}$
Np-237	$2,14 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^{-4}$
Pu-238	87,7	4
Pu-239	$2,41 \cdot 10^4$	1
Pu-240	$6,56 \cdot 10^3$	1
Pu-241	14,4	$1 \cdot 10^2$
Pu-242	$3,73 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-3}$
Am-241	$4,32 \cdot 10^2$	1
Am-242m	$1,41 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^{-2}$
Am-243	$7,37 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{-2}$
Cm-243	29,1	$2 \cdot 10^{-2}$
Cm-244	18,1	3
Cm-245	$8,50 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{-4}$
Cm-246	$4,73 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^{-5}$

### 6.4.3 Aktivitetsinnehåll per förvarsdel, prognos

I tabell 6-7 redovisas prognostiserad aktivitet i SFR vid förslutning 2075 [6-2]. Prognosen visar att aktiviteten vid förslutning av SFR blir totalt ca  $9,70 \times 10^{14}$  Bq. Figur 6-2 illustrerar fördelningen av aktivitet mellan de olika förvarsdelarna.



*Figur 6-2 Fördelning av (prognostiserad) aktivitet per förvarsdelarna.*



**Tabell 6-7** Sammanställning av prognostiserad aktivitet i SFR vid tiden för förslutning år 2075.

Radionuklid	Silo	BRT	1BMA	2BMA	1BTF	2BTF	1BLA	2-5BLA	Total
H-3	8,97E+09	0,00E+00	8,09E+08	3,31E+12	6,81E+07	1,07E+08	2,00E+08	1,94E+11	3,52E+12
Be-10	9,89E+05	0,00E+00	2,21E+05	2,19E+04	1,37E+04	2,48E+04	6,52E+02	1,26E+03	1,27E+06
C-14 org	7,55E+11	0,00E+00	1,47E+11	3,96E+09	9,84E+09	6,07E+09	7,92E+07	2,25E+08	9,22E+11
C-14 oorg	2,72E+12	0,00E+00	1,89E+12	1,44E+10	1,89E+11	2,69E+11	4,02E+09	9,27E+08	5,09E+12
C-14 ind	0,00E+00	1,02E+10	0,00E+00	5,09E+09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,19E+09	1,65E+10
Cl-36	8,94E+08	7,20E+06	3,34E+08	2,02E+08	1,44E+07	1,66E+07	2,17E+07	4,60E+07	1,54E+09
Ca-41	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,56E+10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,91E+09	1,95E+10
Fe-55	2,73E+12	1,49E+10	5,35E+10	1,05E+11	8,34E+07	1,14E+08	8,78E+06	4,45E+08	2,91E+12
Co-60	1,29E+13	1,93E+11	4,08E+11	1,99E+12	1,67E+10	2,36E+10	1,02E+09	2,59E+10	1,55E+13
Ni-59	6,86E+12	1,60E+11	2,10E+12	9,50E+11	3,30E+10	3,83E+10	4,00E+09	1,15E+10	1,02E+13
Ni-63	5,47E+14	1,44E+13	1,47E+14	9,21E+13	2,04E+12	2,27E+12	3,05E+11	1,12E+12	8,06E+14
Se-79	1,05E+09	0,00E+00	2,10E+08	7,29E+06	1,57E+07	1,54E+07	4,00E+05	5,94E+06	1,31E+09
Sr-90	3,61E+12	2,32E+10	5,49E+11	3,60E+11	3,48E+10	5,76E+10	7,42E+08	2,40E+10	4,66E+12
Zr-93	4,48E+09	1,84E+08	3,68E+08	1,06E+09	2,29E+07	4,14E+07	1,09E+06	2,95E+07	6,19E+09
Nb-93m	9,31E+12	1,06E+12	1,73E+10	1,31E+13	1,43E+09	2,34E+09	7,68E+07	1,34E+11	2,36E+13
Nb-94	8,65E+10	7,94E+09	3,67E+09	9,13E+10	2,53E+08	4,13E+08	3,14E+07	9,82E+08	1,91E+11
Mo-93	9,46E+09	2,99E+09	7,90E+08	4,23E+09	1,13E+08	1,33E+08	3,80E+07	5,39E+07	1,78E+10
Tc-99	5,00E+10	4,50E+08	6,22E+09	1,42E+09	2,31E+09	5,45E+08	1,85E+09	4,98E+08	6,33E+10
Pd-107	2,75E+08	0,00E+00	5,24E+07	2,55E+09	3,92E+06	3,86E+06	1,00E+05	1,72E+06	2,89E+09
Ag-108m	2,30E+11	1,62E+09	1,95E+10	4,07E+10	1,51E+09	2,21E+09	1,94E+08	1,53E+09	2,97E+11
Cd-113m	9,58E+09	0,00E+00	7,98E+08	9,32E+07	7,69E+07	6,36E+07	1,96E+06	6,13E+06	1,06E+10
In-115	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,13E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,13E+05
Sn-126	2,05E+08	7,52E+05	2,62E+07	1,75E+07	1,96E+06	1,93E+06	5,00E+04	7,93E+06	2,61E+08
Sb-125	1,32E+11	1,34E+07	4,37E+07	2,62E+08	7,47E+06	1,04E+07	4,74E+05	4,46E+06	1,32E+11
I-129	9,84E+08	0,00E+00	1,46E+08	7,68E+06	2,27E+07	1,02E+07	4,35E+05	1,93E+06	1,17E+09
Cs-134	2,20E+11	0,00E+00	1,45E+08	2,25E+08	7,09E+04	8,85E+04	1,58E+04	1,40E+06	2,20E+11
Cs-135	4,47E+09	0,00E+00	8,42E+08	5,33E+07	1,03E+08	1,85E+07	3,07E+06	1,76E+08	5,67E+09
Cs-137	5,97E+13	0,00E+00	8,15E+12	8,96E+11	7,13E+11	6,23E+11	1,84E+10	4,95E+11	7,06E+13
Ba-133	6,16E+08	0,00E+00	4,89E+07	1,43E+08	4,04E+06	6,20E+06	2,20E+05	1,26E+07	8,31E+08
Pm-147	3,58E+11	1,37E+06	3,71E+08	4,07E+08	3,84E+06	4,57E+06	3,02E+05	1,19E+06	3,59E+11
Sm-151	4,63E+11	3,42E+08	8,27E+10	3,55E+10	6,52E+09	6,15E+09	1,68E+08	5,89E+09	6,00E+11
Eu-152	8,64E+08	5,41E+05	9,47E+07	1,33E+11	6,20E+07	6,54E+06	1,01E+08	1,73E+10	1,52E+11
Eu-154	5,24E+11	9,26E+07	2,33E+10	6,83E+09	1,98E+09	1,80E+09	4,00E+07	2,67E+08	5,58E+11
Eu-155	9,96E+10	2,40E+06	1,02E+09	3,74E+08	4,97E+07	5,83E+07	1,54E+06	1,16E+07	1,01E+11
Ho-166m	6,82E+09	8,00E+03	1,41E+09	5,22E+08	8,79E+07	1,59E+08	4,18E+06	9,03E+07	9,09E+09
U-232	6,20E+05	6,86E+03	8,85E+04	1,46E+05	1,62E+04	6,74E+03	2,34E+03	9,35E+03	8,96E+05
U-234	3,58E+07	0,00E+00	6,66E+06	3,04E+06	9,86E+05	4,55E+05	1,33E+05	4,38E+05	4,75E+07
U-235	1,42E+07	1,49E+01	3,00E+06	7,82E+04	1,84E+07	1,11E+05	2,98E+08	3,23E+08	6,57E+08
U-236	1,58E+07	3,92E+05	2,65E+06	6,00E+06	4,02E+05	3,55E+05	3,99E+04	2,06E+05	2,59E+07
U-238	3,28E+07	0,00E+00	5,95E+06	1,23E+06	8,55E+05	8,75E+05	7,33E+08	1,77E+08	9,52E+08
Np-237	5,36E+08	4,70E+05	2,72E+07	7,67E+06	1,06E+06	1,98E+06	6,75E+04	2,61E+05	5,75E+08
Pu-238	7,29E+10	2,71E+09	7,51E+09	4,42E+10	2,09E+09	4,55E+08	3,47E+08	1,52E+09	1,32E+11
Pu-239	1,70E+10	4,16E+08	2,78E+09	6,77E+09	4,68E+08	1,89E+08	6,60E+07	2,77E+08	2,80E+10
Pu-240	2,39E+10	5,93E+08	3,87E+09	9,20E+09	5,20E+08	2,64E+08	6,74E+07	2,95E+08	3,87E+10
Pu-241	3,07E+11	9,06E+09	2,40E+10	1,66E+11	7,30E+09	2,42E+09	1,29E+09	5,74E+09	5,23E+11
Pu-242	1,23E+08	3,11E+06	2,00E+07	5,02E+07	2,96E+06	1,37E+06	3,99E+05	1,71E+06	2,03E+08
Am-241	2,32E+13	1,99E+09	2,91E+10	4,13E+10	6,14E+09	1,83E+09	5,23E+08	1,94E+09	2,33E+13
Am-242m	3,22E+08	1,32E+07	4,46E+07	1,83E+08	7,34E+06	3,21E+06	1,02E+06	4,84E+06	5,79E+08
Am-243	1,59E+09	4,14E+07	2,02E+08	6,62E+08	3,25E+07	1,78E+07	4,00E+06	1,86E+07	2,57E+09
Cm-243	1,89E+08	6,38E+06	1,85E+07	1,03E+08	3,82E+06	4,15E+05	7,58E+05	3,40E+06	3,25E+08
Cm-244	9,26E+09	6,74E+08	6,73E+08	1,07E+10	2,68E+08	2,84E+07	5,39E+07	2,80E+08	2,19E+10
Cm-245	1,49E+07	6,82E+05	1,99E+06	1,01E+07	2,94E+05	1,36E+05	3,97E+04	2,18E+05	2,84E+07
Cm-246	4,29E+06	2,24E+05	5,27E+05	3,34E+06	7,82E+04	3,60E+04	1,05E+04	6,60E+04	8,58E+06
<b>Total</b>	<b>6,71E+14</b>	<b>1,59E+13</b>	<b>1,60E+14</b>	<b>1,13E+14</b>	<b>3,06E+12</b>	<b>3,30E+12</b>	<b>3,39E+11</b>	<b>2,05E+12</b>	<b>9,70E+14</b>

#### 6.4.4 Osäkerheter i redovisad aktivitet

SKB arbetar löpande med bedömningar av osäkerheter för de olika radionukliderna som deponeras i förvaret. I grunden bygger osäkerhetsdata på mätningar, provtagningar, beräkningar och matematiska modelleringar. För mer information om osäkerheter se vidare [6-1] och [6-2].

## **6.5 Aktivitet, tillstånd**

### **6.5.1 Regeringens ramvillkor**

Det ramvillkor avseende maximalt tillåtet radioaktivitetsinnehåll som regeringen föreslås besluta om utgör den ram inom vilken Strålsäkerhetsmyndigheten har mandat att besluta om detaljerade villkor.

SKB föreslår ett ramvillkor om  $2 \times 10^{16}$  Bq, detta är baserat på en sammanvägning av gällande strålskyddsvillkor samt maximal prognostiserad aktivitet under driften och vid förslutning inklusive osäkerheter. Ramvillkoret gäller både under driftperioden och vid förslutning.

### **6.5.2 SSMs nuklidvillkor**

Strålsäkerhetsmyndighetens radionuklidvillkor reglerar, inom ovan angiven ram från regeringen tillåtet aktivitetssinnehåll per nuklid och förvarsdel.

*<Här kommer Strålsäkerhetsmyndighetens villkor att skrivas in.>*

## 6.6 Aktivitetsfrigörelse i anläggningen

Luftburen aktivitet, utöver det naturligt förekommande radonet, existerar normalt inte i SFR. Endast för ett fåtal onormala händelser kan aktivitetsfrigörelse förekomma. Erfarenheter från den hittills varande driften visar även att ingen luftburen aktivitet finns. Vid en eventuell aktivitetsfrigörelse tillser anläggningens riktade ventilation att aktivitetsutbredningen minimeras. I allmän del 1 kapitel 8 hänvisas till analyser där källtermer vid radiologiska olyckor i SFR redovisas.

Aktivitetsfrigörelse till vatten förekommer om än i mycket begränsade mängder. Allt vatten där aktivitet kan förekomma samlas upp och förs till FKA för aktivitetsmätning. Ingen betydande mängd aktivitet har hittills påträffats. Totalt sett frigörs i princip ingen aktivitet i anläggningen. Den största strålkällan utgörs av avfallet i sig.

För hanteringsskedet är det nästan enbart kobolt som är av betydelse på grund av sin höga andel och starka gammastrålning. Den höga energin innebär att strålningen från kobolt är jämförelsevis starkt penetrerande och fordrar, om strålningen ska skärmas, en relativt kraftig strålskärm.

Strålningen från cesium är betydligt mjukare än den från kobolt varför den skärmas i jämförelsevis större omfattning av t ex avfallsbehållare och ger ett mindre bidrag till dosbelastningen än vad som annars kunde förväntas utifrån dess andel i avfallet.

De övriga uppräknade nukliderna är betastrålare och emitterar ingen gammastrålning. Betastrålningen skärmas i stor omfattning av förvarets barriärer och ger därför endast ett litet bidrag till dosbelastningen.

## 6.7 Referenser

Rapporter publicerade av SKB kan hämtas ut på [www.skb.se/publikationer](http://www.skb.se/publikationer) och opublicerade SKBdoc dokument lämnas ut vid förfrågan till SKB:s mailadress [dokument@skb.se](mailto:dokument@skb.se)

- 6-1 **Ahlford K, Bultmark F, Asperö Lind M, 2014.** ”Radionuclide inventory for application of the SFR repository - Treatment of uncertainties” SKBdoc 1427105, version 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 6-2 **SKB, 2014.** ”Låg- och medelaktivt avfall i SFR. Referensinventarium för avfall 2013”, SKB rapport R-13-37, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 6-3 **Lindgren M, Pettersson M, Wiborgh M, 2007.** “Correlation factors for C-14, Cl-36, Ni-59, Ni-63, Mo-93, Tc-99, I 129 and Cs-135 in operational waste for SFR 1”, SKB rapport R-07-05, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- 6-4 **Lundgren K, 2010.** ”Mo-93, Tc-99 och Cs-135: Uppskattning av aktivitet i driftavfall från svenska LWR, Clab och Studsvik”, ALARA Engineering, 06-0031R. SKBdoc 1393496
- 6-5 **Thierfeldt S, Deckert A, 1995.** ”Radionuclides difficult to measure in waste packages”, Brenk Systemplanung BS-Nr 9203-6, Aachen, Germany.
- 6-6 **Gordon A, 2014.** ”Principer för styrning av kärnavfall, deponeringsstrategi för SFR samt tillämpning av denna inför ansökan om utbyggnad av SFR”, SKBdoc 1434623, version 2.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.