



Öppen

Säkerhetsrapport Allmän del

|   |                |                   |                                     |                |
|---|----------------|-------------------|-------------------------------------|----------------|
| DokumentID<br>1205879   | Version<br>8.0 | Status<br>Godkänt | Reg nr                              | Sida<br>1 (26) |
| Författare<br>Joachim Thorn, Vattenfall                                 |                |                   | Datum<br>2014-12-01                 |                |
| Kvalitetssäkrad av<br>Jeanette Carmström (KG)                           |                |                   | Kvalitetssäkrad datum<br>2014-12-15 |                |
| Godkänd av<br>Tomas Rosengren   |                |                   | Godkänd datum<br>2014-12-15         |                |
| Kommentar<br>Sakgranskning av dokumentet redovisas i SKBdoc ID 1438244. |                |                   |                                     |                |

## Clink F-PSAR Allmän del kapitel 7 - Strålskydd och strålskärning

### Innehåll

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>7</b> | <b>Strålskydd</b>   | <b>3</b> |
| 7.1      | Inledning   | 3        |
| 7.2      | Områdesklassificering   | 4        |
| 7.2.1    | Indelning av anläggningens utrymmen i designstrålklasser under konstruktionsfasen | 4        |
| 7.2.2    | Indelning av anläggningens utrymmen i strålningsklasser under driftförhållande    | 6        |
| 7.3      | Strålkällor   | 7        |
| 7.3.1    | Strålkällor i mottagningsdelen och i förvaringsdelen                              | 8        |
| 7.3.2    | Strålkällor i inkapslingsdelen  | 9        |
| 7.4      | Optimering av strålskyddet  | 11       |
| 7.4.1    | ALARA och optimering av strålskyddet  | 11       |
| 7.4.2    | Riktlinjer vid upprättande av strålskydd vid konstruktion                         | 11       |
| 7.4.3    | Ventilationssystem  | 12       |
| 7.5      | Strålskärning på anläggningen   | 13       |
| 7.5.1    | Strålskämsberäkningar   | 13       |
| 7.5.2    | Mottagningsdelen  | 13       |
| 7.5.3    | Bränslehissen   | 15       |
| 7.5.4    | Förvaringsdelen   | 15       |
| 7.5.5    | Hjälpssystembyggnaden   | 16       |
| 7.5.6    | Inkapslingsdelen  | 17       |
| 7.6      | Strålskyddsverksamhet   | 19       |
| 7.6.1    | Strålskyddsorganisation   | 19       |
| 7.6.2    | Aktivitetsmätning i anläggningen  | 20       |
| 7.6.3    | Förväntad personaldos   | 21       |
| 7.7      | Referenser till kapitel 7   | 24       |

## Revisionsförteckning

| Ver         | Datum                     | Revideringen omfattar   | Utförd av                   | Kvalitetssäkrad  | Godkänd                     |
|-------------|---------------------------|---|-----------------------------|--|-----------------------------|
| 8.0         | 2014-12-01                | Uppdaterat efter sakgranskning, se följande SKBdoc ID för kommentarer och bemötanden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1453586 (sakgranskning 2)</li> <li>• 1438213 (sakgranskning 1)</li> </ul>  | Joachim Thorn<br>Vattenfall | Se sidhuvud  | Se sidhuvud                 |
| 3.0-<br>7.0 | 2013-08-09–<br>2014-05-06 | Total omarbetning av dokumentet med hänsyn till SSMS begäran om komplettering och därmed omarbetning från PSAR till F-PSAR.<br><br>Vid leveranser till SKB har vi under arbetet med dokumentet använt oss av ”Direkt-godkännande” vid leverans för att visa på kvalitetssäkrad leverans från utfärdande leverantör vid varje officiell leverans, dvs ver 3.0-7.0 är inte kvalitetssäkrade av SKB. | Joachim Thorn<br>Vattenfall | JP Jonasson<br>Vattenfall<br><br>(Ver 7.0 Kontroll i remissmöte) | Per Ringström<br>Vattenfall |
|             | 2013-07-10                | Till ver 2.2 överfördes texten till SKBs mall och förbereddes för uppdatering. Dokumentet har i sin helhet ersatt SKBdoc ID 1184454.  | Ellinor Nygren              |  |                             |
|             | 2009-05-07                | I ver 2.1 slog man ihop försättsbladet (SKBdoc ID 1205879) ver 2.0 och Westinghouse rapport SEP 08-078, rev 1 (SKBDoc ID 1184454) inför leverans till myndighet.  | Ulla Bertsund               |  |                             |
| 2.0         | 2009-05-07                | Försättsblad för verifiering av SKBs kvalitetssäkring av Westinghouse rapport SEP 08-078, rev 2 (SKBdoc ID 1184454).  | Ulla Bertsund               | Tommy Eriksson   | Tomas<br>Rosengren          |
| 1.0         | 2009-05-07                | Försättsblad för verifiering av SKBs kvalitetssäkring av Westinghouse rapport SEP 08-078, rev 1 (SKBdoc ID 1184454).  | Ulla Bertsund               | Tommy Eriksson   | Anders<br>Nyström           |

## 7 Strålskydd

### 7.1 Inledning

I kapitlet beskrivs hur den konceptuella anläggningen är utformad ur strålskyddssynpunkt för att skydda personal från att utsättas för joniserande strålning. Strålkällor beskrivs och förväntade stråldoser till personal under normaldrift redovisas, samt vidtagna åtgärder för att undvika och begränsa stråldoser.

Sammantaget visar kapitlet hur krav på anläggningens strålskydd kan uppfyllas.

För närmare beskrivning av anläggnings- och systemutformning hänvisas till F-PSAR Allmän del kapitel 5. Radioaktiva ämnen och deras fördelning i anläggningen och system beskrivs i mer detalj i F-PSAR Allmän del kapitel 6 med underliggande referenser. Omgivningspåverkan av normalutsläppen från anläggningen redovisas i F-PSAR Allmän del kapitel 6. Direkta konsekvenser rörande stråldos till personal vid missöden och haverier beskrivs i F-PSAR Allmän del kapitel 8.

Olika strålkällor i anläggningen kan utsätta personalen för extern och intern strålning. Det erforderliga strålskyddet för personalen mot påverkan av de olika strålkällorna ges av en lämplig design, strålskärning, anpassat ventilationssystem och administrativa åtgärder. Strålskärningen i anläggningen dimensioneras utgående från strålkällornas källstyrkor med hjälp av strålskämsberäkningar. Målsättningen är att uppfylla kraven för respektive strålningsklass som tilldelats olika utrymmen i designstrålklassningen.

## 7.2 Områdesklassificering

I detta avsnitt beskrivs indelningen av anläggningens utrymmen i strålningsklasser med avseende på dosratnivåer och risk för kontaminering. Vidare beskrivs hur indelningen i strålningsklasser utgör en grund för utformningen av anläggningens strålskydd, exempelvis avseende tillträdesbegränsningar, strålskärning och ventilation.

I avsnitt 7.2.1 och 7.2.2 redogörs för designstrålklasser som används under konstruktionsfasen respektive strålklasser under drift.

### 7.2.1 Indelning av anläggningens utrymmen i designstrålklasser under konstruktionsfasen

Med konstruktionsfasen avses i kapitel 7 konstruktionsarbetet fram till dess att Clink tas i drift.

#### 7.2.1.1 Tilldelning av ett utrymmes designstrålklass

Vid dimensioneringen av anläggningens strålskydd delas anläggningens utrymmen in i olika strålningsklasser, så kallad designstrålklassning.

Ett utrymmes designstrålklass tilldelas utifrån ett antal parametrar:

- Logistik för att få till en ändamålsenlig layout och ett begränsat kontrollerat område.
- Dimensionerande strålkällor, den förväntade strålningsnivån i utrymmet och risken för radioaktiv kontamination<sup>1</sup>.
- Hänsyn till de allmänna strålskyddsprinciperna redovisade i avsnitt 7.4.
- Drift och underhållsuppgifter samt avfallshantering för att innehålla acceptabel individdos under normal drift. Konstruktionsmålet för Clink är att individdosen inte skall överstiga 5 mSv/år.

Strålskärningen i anläggningen dimensioneras sedan för att dosraterna skall understiga värdet för utrymmets tilldelade designstrålklassning. För att erforderliga strålskärmar ska kunna bestämmas används dimensionerande källstyrkor för det använda kärnbränslet samt aktiva komponenter i utrymmet och i närliggande rum.

Strålskyddet mot extern strålning åstadkoms främst genom att i byggnadslayouten inkludera strålskärmar (oftast betongväggar och betongbjälklag) samt genom att följa de allmänna riktlinjer för strålskydd som beskrivs vidare i avsnitt 7.4. Skydd mot kontaminering och spridning av aktivitet i anläggningen hanteras av ett riktat ventilationssystem, reningssystem i form jonbytmassor och partikelfilter samt inneslutning av radioaktiva ämnen och kärnavfall. Mätning av aktivitetsnivåer i processystem och vissa rum beskrivs i avsnitt 7.6.2, reningssystem beskrivs i F-PSAR Allmän del kapitel 5. I avsnitt 7.4.3 ges en kortfattad beskrivning av ventilationssystemet ur strålskyddssynpunkt. Ventilationssystemen i anläggningen beskrivs närmare i F-PSAR Allmän del kapitel 5.

#### 7.2.1.2 Indelning av designstrålklasser

I tabellerna 7-1, 7-2 och 7-3 anges beteckningar för indelningen av designstrålklasser<sup>2</sup> som används i Clink med avseende på dosratsnivåer, risk för radioaktiv kontaminering respektive tillträdesbegränsningar. För dosratsnivån används beteckningar enligt tabell 7-1.

<sup>1</sup> Uttrycket ”radioaktiv kontamination” har här betydelsen luftburna radioaktiva ämnen eller obundna radioaktiva ämnen på en yta.

<sup>2</sup> Klassningsskalan kommer ursprungligen från den som användes av ASEA-atom (senare ABB) vid konstruktionen av de svenska kärntekniska anläggningarna.

**Tabell 7-1. Indelning i designstrålklasser: Doseringsnivåer.**

| Beteckning | Doseringsnivå [mSv/h] |
|------------|-----------------------|
| 0          | <0,003                |
| 1          | <0,01                 |
| 2          | 0,01 – 1              |
| 3          | >1                    |

Beteckningarna för olika risknivåer för radioaktiv kontaminering ges i tabell 7-2.

**Tabell 7-2. Indelning i designstrålklasser: Risker för radioaktiv kontaminering.**

| Beteckning | Typ av utrymme                               |
|------------|--|
| A          | Ingen risk för radioaktiv kontaminering      |
| B          | Liten risk för radioaktiv kontaminering      |
| C          | Potentiell risk för radioaktiv kontaminering |

Skillnaden mellan kategoribeteckningarna B och C är att det för utrymmen klassade inom strålningsklass B normalt inte ska finnas någon risk för läckage av aktivt material från rör och komponenter i det specifika utrymmet.

Genom att kombinera designstrålklassning för doseringsnivå och risk för kontaminering fås utrymmets designstrålningsklass. tabell 7-3 visar designstrålklasser tillsammans med motsvarande tillträdesbegränsningar för respektive utrymme.

**Tabell 7-3. Indelning i designstrålklasser: Tillträdesbegränsningar.**

| Strålningsklass   | Tillträddbarhet   |
|-------------------|---|
| 0A                | Icke kontrollerat område, obegränsat tillträde                                    |
| 1A och 1B         | Kontrollerat område, obegränsat tillträde (i praktiken maximalt 40 timmar/vecka)  |
| 1C, 2A, 2B och 2C | Kontrollerat område, begränsat tillträde 1-5 timmar/vecka                         |
| 3A, 3B och 3C     | Kontrollerat område, begränsat tillträde under övervakning (normalt ej tillträde) |

Den maximalt tillåtna doseringsnivån (<0,003 mSv/h) för icke kontrollerat område enligt tabell 7-1 härrör från den årliga dosgränsen (6 mSv) avseende indelning av arbetstagare i A- och B-kategorier angiven i SSMFS 2008:51.

Den externa doseringsnivån i olika delar av anläggningen har begränsats genom lämplig utformning av layouten, beskrivet ovan i avsnitt 7.2.1.1, men även genom införande av diverse strålskärmar i den ursprungliga konstruktionen av anläggningen. Exempelvis har utrymmen eller områden som då hade designstrålningsklass 1C, 2B–2C eller 3A–3C fått extra tillträdesbegränsningar, till exempel i form av låsta dörrar.

Designstrålklassningen för kontrollerat område på mottagningsdelen och förvaringsdelen finns redovisad i rumsnummerlistan [7-1]. För inkapslingsdelen finns en preliminär rumsnummerlista med områdesklassificering redovisad i [7-23]. Områdesklassificeringen i [7-23] för inkapslingsdelen är angiven i en annan skala än designstrålklassning och baseras på en uppskattning av doseringsnivåer i utrymmena under drift, så kallad driftstrålklassning. Uppskattningen av driftstrålklassningen är dock baserad på utrymmenas förväntade designstrålningsklass. Driftstrålklassningens indelning i doseringsnivåer ges i tabell 7-4.

De angivna doseringsnivåerna enligt designstrålklassningen är maximala dimensioneringsvärden och ska inte tolkas som de förväntade doserna i de olika utrymmena i anläggningen. Med den valda områdesklassificeringen förväntas strålningsnivåerna bli lägre i de utrymmen på kontrollerat område där personalen uppehåller sig vid arbete under drift.

## 7.2.2 Indelning av anläggningens utrymmen i strålningsklasser under driftförhållande

Vid drift av anläggningen använder det operativa strålskyddet driftstrålningsklassning utifrån de faktiska radiologiska förhållanden som råder i ett utrymme. Den är indelad efter tre exponeringsvägar

- extern strålning
- ytkontaminering, uppdelat på alfa- och betastrålande ämnen
- luftkontamination.

Den aktuella indelningen av strålningsklasser vid driftförhållanden, så kallad driftstrålningsklassning, visas i tabell 7-4 och är gemensam för de svenska kärntekniska anläggningarna. Rum inom det kontrollerade området har signalfärgade skyltar på dörrarna som visar att rummet eller utrymmet tillhör kontrollerat område samt strålningsmiljön och tillträddbarheten med avseende på extern strålning, yt- och luftkontamination. För driftstrålningsklassning används benämningen blå, gul och röd zon. Därtill finns för yt- respektive luftkontamination en klass med färgkod vit och används när ingen yt- eller luftkontamination utöver naturlig bakgrund kan förväntas.

**Tabell 7-4. Strålningsklasser under drift på kontrollerat område.**

|  |   | Klassningsfärg |           |       |
|--|---|----------------|-----------|-------|
| Klassningstyp                            |   | Blå            | Gul       | Röd   |
| Extern strålning [mSv/h]                 |   | <0,025         | 0,025 – 1 | >1    |
| Ytkontamination<br>[kBq/m <sup>2</sup> ] | A | <4             | 4 – 100   | > 100 |
|  | B | <40            | 40 – 1000 | >1000 |
| Luftkontamination [DAC <sup>3</sup> ]    |   | <1             | 1 – 10    | >10   |

Driftstrålningsklassningen har till uppgift att begränsa och kontrollera tillträdet till olika utrymmen utifrån aktuell strålmiljö. Det innebär att driftklassningen kan ändras beroende på driftfall och pågående underhållsarbeten. På kontrollerat område rondderar strålskyddspersonal regelbundet för att kontrollera och övervaka strålnings- och kontaminationsnivåer. Utanför kontrollerat område kontrolleras strålningsnivån med fast utplacerade dosimetrar och kontaminationskontroller utförs regelbundet på ett urval av golv och markytor.

In- och utpassage till kontrollerat område övervakas och dos till personalen följs upp och registreras, se vidare i avsnitt 7.6.2. Tillträde till rum, utrymmen eller platser som är strålningsklassade med gul eller röd klass, enligt tabell 7-4, begränsas genom antingen avspärningar eller låsta dörrar. Avspärningarna och de låsta dörrarna markeras med klassningsskylt med aktuell färgkod samt eventuell ytterligare väsentlig information.

Övriga delar av anläggningens byggnader samt markområdet innanför omgivande stängsel betraktas ur radiologisk synpunkt som icke kontrollerat område. Radioaktiva ämnen får normalt inte finnas inom detta område och luft- och ytkontamination skall begränsas till bakgrundsaktivitet.

<sup>3</sup> DAC står för Derived Air Concentration och är den genomsnittliga aktivitetskoncentrationen i luft för en radionuklid i vilken man kan arbeta (arbetstid 2000 tim/år) utan att dosgränsen 50 mSv/år överskrids.

### 7.3 Strålkällor

I detta avsnitt beskrivs anläggningens strålkällor till typ och källstyrka samt dimensionerande förutsättningar vad gäller bränslet och aktiva komponenter. Informationen baseras bland annat på beskrivningen av aktivitetsinventarier i anläggningen enligt F-PSAR Allmän del kapitel 6.

Det använda kärnbränslet som transporteras till anläggningen från de svenska<sup>4</sup> kärnkraftverken är den ursprungliga källan för alla strålkällor i anläggningen förutom i rum där röntgenutrustning används. Till Clink transporteras också hårdkomponenter och styrcylindrar från kärnkraftverken för mellanlagring, men dessa komponenter är varken dimensionerande för strålskyddet eller för aktivitetspridningen i anläggningen, se vidare i F-PSAR Allmän del kapitel 6.

Strålkällorna på anläggningen kan indelas i tre<sup>5</sup> olika typer

- fissionsprodukter, aktinider och aktiverade korrosionsprodukter från det använda kärnbränslet
- neutroninducerad aktivitet bildat utanför det använda kärnbränslet på anläggningen
- röntgenutrustning för oförstörande provning (endast i inkapslingsdelen).

I [7-28] och F-PSAR Allmän del kapitel 6 redovisas realistiska och konservativa aktivitetsinventarier inom hela anläggningen, det vill säga fördelningen av aktivitet inom anläggningen. För strålskyddet på anläggningen används de konservativa aktivitetsinventarierna som underlag för att beräkna dimensioneringen för strålskärningarna i anläggningen [7-27]. De realistiska inventarierna används som underlag för planering av avfallshanteringen, stråldosprognoser för den verksamma personalen (se avsnitt 7.6) samt uppskattningar av utsläpp vid normaldrift. Avfallshanteringen beskrivs i F-PSAR Allmän del kapitel 4 och i kapitel 5. Aktivitetsutsläpp och doser till kritisk grupp vid normaldrift beskrivs i F-PSAR Allmän del kapitel 6.

En mindre del av radionukliderna (fissionsprodukter och aktinider) i det använda kärnbränslet kan läcka ut till omgivande media genom skador i kapslingsmaterialet och spridas vidare till olika system i anläggningen. Det största bidraget till aktivitetsinnehållet i de flesta av anläggningens system är löst bundna aktiverade korrosionsprodukter (crud) som lossnar från det använda kärnbränslet och som via vattnet i systemen sprids ut i anläggningen [7-28]. Korrosionsprodukterna samt de partikulära fissionsprodukterna och aktiniderna deponerar på filter eller systemytor och ger upphov till strålkällor, främst i systemen för kylning och rening av transportbehållare och bassänger (system 311, 313 och 324). Aktivitetsinventarier i anläggningens delar och i de olika processystemen redovisas i F-PSAR Allmän del kapitel 6.

Fissionsprodukterna, de aktiverande fissionsprodukterna och den neutroninducerade aktiviteten bildad på anläggningen utsänder beta- och gammastrålning vid sina sönderfall. Vid aktinidernas sönderfall avges till största del alfapartiklar.

#### Gammastrålning

Gammastrålningen (fotoner) styr dimensioneringen av flertalet strålskärmar på anläggningen. Gammakällstyrkan i anläggningen domineras framförallt av fotoner som avges som en direkt följd av radioaktiva sönderfall i instabila kärnor [7-27]. Bidraget från gammastrålningen som härstammar från sekundära gammakällor<sup>6</sup> ger ett mindre bidrag till gammakällstyrkan [7-27].

Bland radionukliderna i det använda kärnbränslet domineras stråldosen från gammastrålningen av bidraget från Cs-134 och Cs-137 [7-26]. För de aktiverade korrosionsprodukterna på bränslekapslingen domineras gammastrålning helt av bidraget från Co-60 [7-26].

<sup>4</sup> Undantag finns från att använt kärnbränsle enbart härstammar från de svenska kärnkraftverken. Exempelvis finns MOX-bränsle från tyska kärntekniska anläggningar som mellanlagras i förvaringsdelen.

<sup>5</sup> Naturliga strålkällor som radon och dess dotterprodukter som finns i berggrunden ger ett försumbart bidrag till den totala kollektivdosen på Clink. Radonmätningar görs i förvaringsdelen en gång per år.

<sup>6</sup> Exempelvis gammastrålning i samband med ( $\alpha,n$ )-reaktioner och neutronaktivering.

Absorptionen av fotoner i ett medium sker genom växelverkan med elektroner. Med en högre elektrondensitet, som är fallet med tunga grundämnen såsom stål och bly, fås därför mer absorption av fotoner och därigenom bättre strålskärm. I avsnitt 7.5.1. beskrivs hur strålskärmsberäkningar görs för strålkällor som ger upphov till gammastrålning enligt metodik beskriven i [7-27].

### **Alfa och betastrålning**

Alfa och betastrålningen påverkar inte dimensioneringen av de layoutmässiga strålskärmmarna, som till exempel betongväggar. På grund av den begränsade räckvidden behövs skydd i form av skärning endast i samband med exponering för ytor med radioaktiv kontaminering vilka är öppna mot luften. Alfa och betastrålning har framförallt stor betydelse vid intern bestrålning och vissa organ, såsom ögats lins och huden, kan skadas vid extern bestrålning av betapartiklar. För att skydda andningsvägar, matsmältningsorgan, hud och ögon finns administrativa regler, filter, särskilda åtgärder och skyddsutrustning (såsom handskar, overall, plastdräkt, skyddsglasögon).

### **Neutronstrålning**

Aktinidernas sönderfall medför att alfa, beta- och gammastrålning sänds ut och i vissa fall neutroner vid spontana sönderfall. Dominerande neutronkällor vid spontana sönderfall bland aktiniderna är radionukliderna Cm-242 och Cm-244 [7-26]. Vid alfasönderfall frigörs en alfapartikel som har kort räckvidd i omgivande medium. Alfapartikelns höga rörelseenergi kan generera ( $\alpha,n$ )-reaktioner med omgivande materials atomkärnor, vilket i sin tur ger upphov till att neutroner sänds ut. Den höga andelen av aktinider i MOX-elementen (mixed oxide fuel) bidrar till att MOX-bränslet är dimensionerande avseende neutronstrålningen [7-26], se vidare i avsnitt 7.3.2.

Normalt krävs hänsyn till neutronkällstyrkan endast vid transport eller torr hantering av det använda kärnbränslet. Detta beror på att:

- Vid våt hantering fungerar vatten som en effektiv strålskärm för neutroner. Detta beror på dels att väte och syre är lätta grundämnen vilket innebär att neutronerna snabbt modereras och dels att aktiveringsprodukterna är stabila eller kortlivade.
- Aktiniderna är mycket svårösliga i vatten under normala förhållanden och frigörs därmed endast i små mängder från det använda kärnbränslet [7-28]. Den begränsande frigörelsen av aktiniderna gäller även för skadat använt bränsle.

Speciellt i fallen med torr hantering av det använda kärnbränslet finns ett betydande behov av extra neutronstrålskärning parallellt med gammastrålskärningen, se 7.5.6.

I avsnitt 7.5.6 samt i [7-29] redovisas beräkningarna för dimensionerande bränsle avseende neutronstrålning och hur strålningen påverkar strålskärmsdimensioneringen i inkapslingsdelen.

### **Neutroninducerad aktivitet**

Den mesta hanteringen i Clink av det använda kärnbränslet sker i vatten. I [7-28] anges att tritium från neutronaktivering av vattnet endast är en mindre del av det totala tritium som finns i vattnet i anläggningen. Det mesta av tritium i anläggningens vatten härstammar från bränsleläckage.

Neutroninducerad aktivitet i skärningsmaterial är inkluderat i strålskärmsberäkningarna.

### **7.3.1 Strålkällor i mottagningsdelen och i förvaringsdelen**

Strålkällorna i mottagningsdelen och förvaringsdelen är det använda kärnbränslet (inklusive bränslekomponenter och crud), frigjord aktivitet till systemen samt ackumulerad aktivitet i renings- och avfallssystemen (jonbytarmassor och filter.)



I inventarierapporten [7-26] beräknas källstyrkor för använt kärnbränsle med en utbränning mellan 30 och 60 MWd/kgU. Dimensionerande utbränning<sup>7</sup> för det använda kärnbränslet är 60 MWd/kgU för BWR- och PWR bränsle. Avklingningstiden för det dimensionerande BWR-bränslet är nio månader och för PWR-bränslet är avklingningstiden ett år [7-31]. Andelen MOX-element som lagras i förvaringsdelen utgör mindre än 0,5 viktprocent [7-33] av den totala bränslemängden, 11 000<sup>8</sup> ton. I [7-26] redovisas källstyrkor för MOX-element med den, för Clink, dimensionerade utbränningen 50 MWd/kgHM. Den lägre utbränningen jämfört med övriga bränsletyper ger enligt [7-26] lägre gammakällstyrka.

I [7-26] och [7-28] återfinns aktivitetsinventariet för bränslet, den neutroninducerade aktiviteten i bränslekomponenter och crud på bränslet. Utgående från dessa aktivitetsinventarier finns konservativa källstyrkor beräknade för system och komponenter innehållande aktivitet i mottagningsdelen och förvaringsdelen, redovisat i [7-31]. Källstyrkorna används sedan för att beräkna strålningsnivåer för olika komponenter i anläggningen [7-30]. Källstyrkorna utgör underlag för beräkning av dosratsnivåer i olika utrymmen som redovisas i [7-32], se vidare i avsnitt 7.5.

Den huvudsakliga hanteringen av det använda kärnbränslet i mottagningsdelen och förvaringsdelen sker i vatten. I [7-30] anges att BWR-bränsle är dimensionerande och att det krävs en 2,9 m vattenpelare ovanför uranmatrisen i bränslekassetten för att den lägsta designstrålklassningen (<0,01 mSv/h) på kontrollerat område ska innehållas.

Avlossad crud från bränslet är den dominerande strålkällan i de flesta systemen, som exempelvis kyl- och reningssystemen<sup>9</sup>, i mottagningsdelen och förvaringsdelen enligt [7-28]. Eftersom avlossad crud är den dominerade strålkällan är Co-60 den enskilt viktigaste nukliden ur strålskyddssynpunkt och står för över 90 % [7-31] av den gammastrålning som ger det dominerande bidraget till dosraterna på mottagningsdelen och förvaringsdelen.

En stor andel av den frigjorda aktiviteten hamnar i filter- och jonbytarmassor som finns i de olika vattenreningssystemen i anläggningen [7-28]. Filter- och jonbytarmassor är därmed betydelsefulla strålkällor. Systemet för hantering av använda filtermassor (system 373) och betongingjutföringsanläggningen (system 343) är mottagarna av de använda filter- och jonbytarmassorna.

### 7.3.2 Strålkällor i inkapslingsdelen

Strålkällorna i inkapslingsdelen är det använda kärnbränslet (inkl. bränslekomponenter och crud), frigjord aktivitet till systemen, ackumulerad aktivitet i reningssystemen (exempelvis filter) samt röntgenutrustning.

---

<sup>7</sup> Den maximala utbränningen är 50 MWd/kgHM för BWR-MOX, där HM står för ”heavy metals”. Det MOX-bränsle av PWR-typ som lagras i förvaringsdelen har en betydligt lägre utbränningsgrad [7-33] än BWR-MOX-bränslet och är därmed inte dimensionerande ur strålskyddssynpunkt.

<sup>8</sup> I redovisningen antas att det finns 11 000 ton bränsle och hårdkomponenter samtidigt i förvaringsdelen, vilket dock inte är fysiskt möjligt. Antagandet är konservativt och är en beräkningsförutsättning för beräkningen av källtermer och stråldoser i anläggningen.

<sup>9</sup> Innefattar systemen 311, 313, 324, 371, 372. Se vidare i F-PSAR Clink allmän del kapitel 5 för beskrivning av systemen.

Källstyrkan för det använda kärnbränslet i inkapslingsdelen styrs av dimensionerande konfigurationer av bränslet i transportkassetten och kopparkapseln. Möjliga dimensionerande bränslekonfigurationer bestäms utifrån resteffektkrav och strålskyddskrav samt maximal utbränning. I [7-29] listas följande beräknings- och kravförutsättningar som används för strålskärmsdimensioneringen i inkapslingsdelen:

- Maximal resteffekt i kopparkapseln är  $2200^{10}$  W.
- Maximal tillåten ytdosrat på ytan av kopparkapseln är 1 Sv/h.
- Utbränningsgraden för BWR- och PWR-bränsle får maximalt vara 60 MWd/kgU och för MOX-bränsle får den maximalt vara 50 MWd/kgHM.

Enligt [7-29] innehålls kraven för maximal ytdosrat (1 Sv/h) på kopparkapseln med de möjliga bränslekonfigurationerna listade i [7-29] med avseende på kravet på maximal resteffekt.

Vid den våta hanteringen i inkapslingsdelen av det använda kärnbränslet gäller samma dimensionerande bränsle som vid den våta hanteringen i mottagningsdelen och förvaringsdelen.

För den torra hanteringen av det använda kärnbränslet i inkapslingsdelen är PWR-bränsle dimensionerande strålkälla vad gäller gammastrålning, med de ovan beskrivna konfigurationerna för transportkassetterna [7-29]. MOX-bränsle är den bränsletyp som ger det högsta bidraget till dosraten från neutronstrålningen [7-29].

I [7-28] görs en uppskattning av den frigjorda aktiviteten vid hantering av det använda kärnbränslet i inkapslingsdelen. Frigjord aktivitetet från bränslet i inkapslingsdelen är framförallt luftburen och den frigörs framförallt under torkningsprocessen. Den frigjorda aktiviteten består främst av Kr-85 (som inte fastnar på ytor eller i filter) och Co-60 som deponerar på ytor och fastnar i filter [7-28]. I [7-28] beskrivs aktivitetsnivåer i hanteringsbassänger samt i kondensattank och i filter för infångning av aktivitet från torkningsprocessen<sup>11</sup>.

### Röntgenutrustning

På stationen för oförstörande provning i inkapslingsdelen har vissa rum dimensionerats för röntgenstrålning. Absorberad dos för objekt som direktbestrålas på nära håll med röntgenutrustningen för oförstörande provning uppgår till cirka 1 800 Gy/h [7-35]. Stationens funktion och utformning beskrivs vidare i F-PSAR Allmän del kapitel 5.

---

<sup>10</sup> I strålskärmsdimensioneringen i [7-29] för hanteringen av kopparkapseln utgår man från maximalt tillåten dosrat på ytan på kopparkapseln efter deponering och urval av bränsleelement som tillsammans ger en resteffekt på ca 2200 W.

<sup>11</sup> Torkningsprocessen beskrivs vidare i F-PSAR Allmän del kapitel 5.

## 7.4 Optimering av strålskyddet

I detta avsnitt beskrivs hur anläggningens strålskydd optimerats för att begränsa stråldoser till personal, det vill säga hur ALARA-principen har tillämpats, riktlinjer för strålskydd som tillämpas vid systemkonstruktion, dosreducerande åtgärder samt hur onödiga strålkällor undviks. Avsnittet innehåller också en beskrivning av ventilationssystemen ur strålskydds synpunkt. Strålskyddsprinciper och optimering av strålskyddet beskrivs generellt i F-PSAR Allmän del kapitel 3.

### 7.4.1 ALARA och optimering av strålskyddet

Strålskyddsverksamheten på Clink syftar till att hålla såväl individuella som kollektiva stråldoser så låga som det är rimligt möjligt, med hänsyn tagen till ekonomiska och samhällsliga faktorer, i enlighet med ALARA-principen. Under konstruktionen av anläggningen handlar tillämpningen av ALARA-principen om att säkerställa att de strålningsnivåer som personal kommer att utsättas för under den kommande driften är så låga som det är rimligt möjligt. Tillämpningen handlar också om att säkerställa att arbetsstationer och andra platser där arbetsmoment kommer att utföras där strålningsnivån kan vara betydande är utformade så att tiden för enskilda arbetsmoment inte är onödigt lång. BAT (Best Available Technique) är en viktig del inom optimeringen av strålskyddet och innebär användande av den mest effektiva metoden som inte medför orimliga kostnader. BAT beaktas i ändringsverksamhet, vid konstruktion av nya kärntekniska anläggningar samt vid utsläppsreducerande åtgärder.

### 7.4.2 Riktlinjer vid upprättande av strålskydd vid konstruktion

Målsättningen med strålskärmutsformningen är att genom fysiska strålskärmar skydda mot extern strålning och genom inneslutande av radioaktiva material skydda mot internstrålning från olika strålkällor i anläggningen och hålla stråldoserna så låga som möjligt. Förutom dimensioneringsförutsättningarna har följande riktlinjer avseende strålskydd använts under konstruktionsfasen av anläggningen och ska även beaktas vid anläggningsändringar:

- Icke aktiva system ska vara separerade från rör och komponenter som innehåller radioaktiva ämnen, utom där detta är omöjligt på grund av systemens funktion. Separationen av ett aktivt och icke aktivt system bör ske med två ventiler.
- Stora komponenter, som exempelvis filter, värmeväxlare, pumpar och tankar, som innehåller aktiva ämnen ska antingen vara placerade i separata rum eller separerade från varandra med strålskärmar för att reducera stråldoserna vid underhåll. Rumsväggarna eller strålskärmar mellan komponenterna ska reducera den totala dosraten från komponenten i fråga till en acceptabel nivå.
- Labyrinter ska användas för att förhindra strålning från att komma ut genom ingångarna till rum som innehåller komponenter med aktivitet.
- Genomföringar för rör och kablar i skärmande väggar ska vara placerade på ett sätt som förhindrar passage av strålning. I första hand är detta liktydigt med en passage genom skärmen som inte är i linje med någon strålningskälla. Ibland kan det vara nödvändigt att förse genomföringen med extra skärmning.
- Utrymmen designas så att rutinmässigt arbete normalt inte utförs i dosrater över 0,01 mSv/h, det vill säga att designstrålklassningen i utrymmet skall vara högst klass 1B.
- Komponenternas placering ska i så stor utsträckning som möjligt underlätta underhåll. Komponenter med aktivitet ska vara lätt åtkomliga med tillräckligt arbetsutrymme. Graden av åtkomlighet avgörs av behovet av underhåll och inspektion.
- Komponenter med förväntad hög aktivitetsansamling ska installeras i utrymmen som normalt inte är åtkomliga. Vid demontage och montage ska de hanteras fjärrmanövrerat med hjälp av strålskärmade hanteringsklockor. Vidare hantering av demonterade, aktiva komponenter ska ske fjärrmanövrerat med manipulatorer bakom strålskärmar.

- Ventiler i rum med förväntat hög strålningsnivå ska vara fjärrmanövrerade. Av samma skäl ska andra manöverorgan om möjligt placeras i utrymmen med strålningsklass 1B ( $<0,01\text{mSv/h}$ ) enligt tabell 7-2. Den förväntade frekvensen för manövern i fråga beaktas också vid bestämning av placeringen.
- Installationen av rör som innehåller aktiva media ska inte innehålla exempelvis skarpa krökar, tätningsflänsar och sträckor med stagnant flöde. Detta för att undvika ansamling av crud som med tiden bildar allt kraftigare strålkällor.
- Under rutinmässig hantering av det använda kärnbränslet i bassängerna ska vattennivån vara tillräcklig för att ge strålskärning för personal.
- Spridning av luftburen aktivitet inom anläggningen ska begränsas genom tillämpandet av riktad ventilation. Aktivitetsutsläpp till omgivningen ska begränsas med hjälp av frånluftsfilter i ventilationssystemet, vilket beskrivs ytterligare i avsnitt 7.4.3.
- Vid uppförandet eller större ändring av en kärnteknisk anläggning skall strålskyddsaspekter beaktas för att underlätta en framtida avveckling genom att anläggningen exempelvis konstrueras med lätt demonterbara moduler.

Förutom ovanstående strålskyddsprinciper vid konstruktion av en anläggning kan strålskyddet behöva förstärkas ytterligare för att minska kollektivdosen. Ett verktyg för detta är cost benefit-analyser där en manSv tilldelas en viss kostnad.

### 7.4.3 Ventilationssystem

Ventilationssystem för kontrollerade utrymmen (system 742) utformas så att det skyddar personal och omgivning mot luftburen aktivitet. Detta görs genom att ventilationen styrs med riktad ventilation med luftflödesriktningen riktad från utrymmen med en lägre luftkontamineringsklass mot områden med en högre strålningsklass. Ventilationssystemet tillför behandlad uteluft till anläggningen och bortför frånluften via någon av anläggningens ventilationsskorstenar, med upprätthållande av ett undertryck mot omgivningen. Vid dimensioneringen av ventilationssystemets luftomsättningshastighet har det beaktats att aktivitetskoncentrationen i utrymmet ska reduceras effektivt efter en eventuell aktivitetsfrigörelse. Vissa utrymmen på anläggningen, såsom nedkylnings- och hanteringscellerna, stationerna för preparering, förslutning, bearbetning, kontroll och rengöring av kopparkapseln samt bränslehissen, har försetts med separata ventilationsavsug för filtrering av frånluften. Liknande ventilationsavsug finns även för vissa tankar där det finns risk för aktivitetsfrigörelse till respektive utrymme.

## 7.5 Strålskärmning på anläggningen

I detta avsnitt beskrivs hur strålskärningen är utformad i anläggningen samt hur den påverkas av bränslehanteringen och aktiva komponenter i anläggningen. För en detaljerad beskrivning av system hänvisas till F-PSAR Allmän del kapitel 5. Avsnittet inleds med en beskrivning av strålskärmsberäkningarna som har utförts för att kontrollera och bestämma strålskärmsdimensioneringen i anläggningen.

För redan existerande mottagningsdel och förvaringsdel har strålskärmsdimensioneringen för maximalt dimensionerat bränsle, 60 MWd/kgU, kontrollerats i [7-32]. Kontrollen har medfört att ett antal rum, vilka listas i [7-32] och [7-1], har fått en justerad designstrålklassning.

För inkapslingsdelen redovisas strålskärmsdimensionering för dimensionerande använt kärnbränsle med utbränningen 60 MWd/kgU i [7-29]. I [7-29] redovisas tre möjliga konfigurationer av strålskärmar som krävs för att närliggande utrymmen där bränslehanteringen sker ska ha den lägsta designstrålklassningen för kontrollerat område i enlighet med tabell 7-3.

### 7.5.1 Strålskärmsberäkningar

Strålskärningen dimensioneras utifrån beslutad designstrålklassning och beräknade dimensionerande källstyrkor. Metodiken för strålskärningsberäkningar beskrivs utförligt i [7-27]. Strålskärmsberäkningar kan delas in i beräkningar avseende neutron- och gammastrålning.

#### Neutroner

Neutronkällstyrkan i Clink härstammar i princip helt från det använda kärnbränslet enligt resonemanget i avsnitt 7.3 och beräknas från det använda kärnbränslets aktivitetsinventarium. På grund av den typ av interaktion som neutronerna har med omgivande materia krävs ofta beräkningsprogram för beräkning av strålningsnivåer som kan simulera spridning av neutroner i tre dimensioner, samt den vid infångning genererade prompta gammastrålningen [7-27]. Neutronstrålning är ej direkt joniserande strålning, som exempelvis gammastrålning, utan den joniserande strålningen uppkommer på grund av neutronaktiveringen av omgivande material. För beräkningar i [7-29] av erforderlig neutronstrålskärmning i Clink har Monte Carlo-programmet MCNP5 [7-27] använts.

#### Gammastrålning

Gammastrålningen i anläggningen samt strålkällorna beskrivs i avsnitt 7.3. För att beräkna erforderliga gammastrålskärmar kan beräkningsmodeller som endast tar hänsyn till strålgångar i rak linje från källan till punkten användas [7-27]. En sådan metod är den så kallade punktkärnemetoden, som beräkningsprogrammet MARMER [7-27] använder. MARMER har använts i beräkningarna för dimensionering och kontroll av strålskärmar för gammastrålning i mottagningsdelen och förvaringsdelen [7-30], [7-32] samt i inkapslingsdelen [7-29].

### 7.5.2 Mottagningsdelen

#### Bränslehanteringen

I F-PSAR Allmän del kapitel 5 beskrivs hur det använda kärnbränslet transporteras till Clink i speciella bränsletransportbehållare. Vid bränsletransporten ska IAEA:s transportbestämmelser, angivna i [7-36], vara uppfyllda. Transportbestämmelserna anger att ytdosraten ska understiga 2 mSv/h och att dosraten två meter från transportbehållarens yta ska understiga 0,1 mSv/h. Detta innebär att området närmast ytan motsvarar strålningsklass 3 och vid två meters avstånd från behållaren motsvarar strålningsklass 2, enligt områdesklassificeringen beskriven i avsnitt 7.2.1. För stora objekt, som en transportbehållare, är dosratsgränsen vid två meter från ytan den mest dimensionerande ur strålskärningssynpunkt.

När en bränsletransportbehållare kommer till anläggningen förs den först in i mottagningsdelens transportsluss (system 211) som har strålskärmande väggar [7-1], [7-32]. I slussen kontrollmäts bränsletransportbehållarnas dosrat och ytorna kontrolleras avseende eventuell lös kontamination av strålskyddspersonal enligt särskilda rutiner. Kontrollmätningen utförs både vid mottagning och vid uttransport av bränsletransportbehållare. Från transportslussen flyttas bränsletransportbehållaren med travers till en av tre nedkylningsceller (system 311) där den placeras stående. Varje nedkylningscell är strålskärmad mot närliggande celler och utrymmen med 30 cm betongväggar [7-32]. Nedkylningscellerna har designstrålklassningen 3C medan områdena omkring cellerna har den lägsta strålklassningen på kontrollerat område.

Från nedkylningscellen lyfts transportbehållaren över till behållarbassängerna (del av system 154) och dockas till öppning under urlastningsbassängen. Därifrån lyfts det använda kärnbränslet upp i urlastningsbassängen. All hantering av det använda kärnbränslet sker fortsättningsvis i vatten. Arbetet i urlastningsbassängen påbörjas genom att behållarens lock lyfts av och placeras i bassängen. Locket hålls hela tiden strålskärmad i vatten. Bränsleelementen lyfts därefter upp ur behållaren och placeras i en kassett, som vid de fortsatta transportererna inom anläggningen utgör transportenheten för det använda kärnbränslet.

Vid normal hantering av enskilda bränsleelement är vattentäckningen minst 3,4 meter för PWR respektive 3,8 meter för BWR. Vattentäckningen ger erforderlig strålskärning enligt [7-30] och [7-32], så att designstrålklassningen för utrymmet är klassat som strålningsklass 1B.

En fylld bränslekassett flyttas med hjälp av kassetthanteringsmaskinen (system 231) ut ur urlastningsbassängen för vidare transport till förvaringsbassäng alternativt kassettbassängen. Vid normal transport av en kassett är vattentäckningen minst 3,0 meter över bränslekassetternas överkant, vilket ger erforderlig strålskärning [7-30]. Bränslehanteringsmaskinerna har en mekanisk konstruktion som omöjliggör att bränslekassetter lyfts så högt att vattentäckningen inte är tillräcklig för att erforderlig strålskärning ska erhållas. Dosratsmätare finns utplacerade på bränslehanteringsmaskinerna och ger lokalt larm vid onormalt höga stråldosnivåer.

I närliggande utrymmen runt servicebassängen (del av system 154), där skadat och speciella typer av använt kärnbränsle hanteras, har dosratnivåerna på grund av bränslehanteringen beräknats i [7-32]. Resultaten från dessa beräkningar visar att de flesta av dessa utrymmen klassas som strålningsklass 2. Några undantag finns i form av rör-, kabel och ventilutrymmen där strålningsklass 3 gäller, men dessa utrymmen beträds normalt inte av personal. Observera att kontrollberäkningarna av strålskärningen i de närliggande utrymmena till servicebassängen är utförda med helt fylld dimensionerad kompakt-kassett med BWR-bränsle. Normalt hanteras endast enskilda skadade bränsleelement samtidigt i servicebassängen, vilket medför en extra konservatism i den satta strålningsklassningen för utrymmena runt servicebassängen.

### **Aktiva komponenter**

I mottagningsdelen är det rör från nedkylningssystem för transportbehållare (system 311) som ger det största bidraget till dosratnivåerna i rum med aktiva komponenter, eller rum som angränsar till rum med aktiva komponenter placerade däri. Strålskärningen består av tak, väggar och golv av betong. I vissa av de mest strålningsutsatta utrymmena finns strålskärning i form av blymattor placerade runt rören. De rum som rör från system 311 passerar igenom är klassade som strålningsklass 3. De rum som är påverkade av aktiva komponenter från övriga processsystem, exempelvis kyl- och reningsystem för mottagningsbassänger (system 313), är klassade som strålningsklass 2.

### 7.5.3 Bränslehissen

Transporten av kassetterna från mottagningsdelen till förvaringsdelen i bergrummet sker med bränslehissen (system 233). Ett hissmaskineri placerat på en 0,9 meter tjock vridbar skiva av betong driver hissen. Den vridbara skivan som utgör en del av taket i ett utrymme ovanför hisschaktet och fungerar som strålskärm för utrymmet ovanför hissen [7-32]. Hisskorgen består av en cylindrisk behållare, som alltid är vattenfylld vid transport av använt kärnbränsle. Hisskorgen är utformad så att en vattentäckning på cirka 0,65 m över handtaget på bränslepatronen erhålles. Hissmaskineri och övrig mekanisk utrustning är placerade i bränslehissmaskinrummet, ovanför hisschaktet. Hissens lintrumma är inbyggd i en delbar strålskärm, beroende på att en viss del av lyftlinorna kan bli kontaminerade. Strålskärmen utgör även avtätningen för linornas genomföring.

Vid kontroll av strålskärmarna [7-32] på anläggningen uppskattades den högsta dosraten i bränslehissmaskinrummet till 0,028 mSv/h, vilket gör att utrymmet hamnar i strålningsklass 2. Dosraten är beräknad för när hissen är i sin högsta möjliga position och lastad med, ur strålningssynpunkt, dimensionerande BWR-bränslekassett.

### 7.5.4 Förvaringsdelen

Dosratsnivåerna i de olika utrymmena i förvaringsdelen beror på avståndet till och strålskärningen av bränslekassetterna samt om rör från kyl- och reningssystem för förvaringsbassänger (system 324) passerar utrymmet.

#### Bränslehanteringen

Från transportkanalen vid bränslehissens nederdel transporteras kassetten med förvaringsdelens bränslehanteringsmaskin (system 234) till en av förvaringsbassängerna, där kassetten uppställs för förvaring. Vid transporten av bränslekassetter är vattentäckningen över bränsleelementen minst 2,5 m, vilket enligt [7-30] ger en strålskärning<sup>12</sup> så att dosraterna vid en dospunkt på 2,5 m ovanför vattennivån är enligt tabell 7-5.

**Tabell 7-5. Beräknade maximala dosrater 2,5 meter ovanför vattennivån i förvaringsbassäng [7-30].**

| PWR [mSv/h]           |                       | BWR [mSv/h]          |                       |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| <i>Normalkassett*</i> | <i>Kompaktkassett</i> | <i>Normalkassett</i> | <i>Kompaktkassett</i> |
| 0,0037                | 0,020                 | 0,0044               | 0,018                 |

\* Det finns två olika förvaringskassetter i Clink, normalkassetten och kompaktkassetten. Kompaktkassetten används numera standardmässigt. Normalkassetten innehåller färre bränsleelement än kompaktkassetten, som är dimensionerande [7-30].

Dosraten ovanför bassängerna i förvaringsdelen på grund av strålningen från uppställda bränslekassetter i bassängerna är helt försumbar. Vattentäckningen över bränsleelementen är cirka 8 m, det vill säga cirka 5,5 meter mer än vid transport av kassetter. Med graden av vattentäckning och genom att vattnet hålls tillräckligt rent från radioaktiva ämnen har hallplanet strålningsklass 1.

<sup>12</sup> Dosraterna angivna i Tabell 7-5 är beräknade i en dospunkt som motsvarar personalens position vid drift av bränslehanteringsmaskinen i förvaringsdelen.

Alla bassänger i förvaringsdelen har väggar och botten bestående av minst 1,5 meter armerad betong. Strålskärningen från betongen och bassängernas vatten medför att bränslekassetternas påverkan på dosraterna i utrymmena utanför och bredvid bassängerna är låg. Dosraterna i dessa utrymmen understiger 0,01 mSv/h. Undantaget är dosraten i inspektions- och installationsutrymmen under bassängerna. En förvaringsbassäng fylld med dimensionerande bränsle i kompaktkassetter beräknas i dessa utrymmen ge upphov till en dosrat på maximalt 0,012 mSv/h och därmed klassas dessa utrymmen som strålningsklass 2 [7-32].

### **Aktiva komponenter**

Rör som tillhör kyl och reningssystem för förvaringsbassänger (system 324) kan ge upphov till höga dosrater. Rum som innehåller rör från systemet, med en dosrat lägre än 0,01 mSv/h på avståndet 100 cm från ytan, klassas som strålningsklass 1. Rum med rör som har en dosrat över 0,01 mSv/h på 100 cm avstånd klassas som strålningsklass 2, vilket gäller för de flesta rum och utrymmen i förvaringsdelen som innehåller rör från system 324 [7-32].

## **7.5.5 Hjälpssystembyggnaden**

Inget använt kärnbränsle hanteras direkt i hjälpssystembyggnaden, men bränslehanteringen i angränsade byggnader påverkar strålskärningen i hjälpssystembyggnaden. Utrymmena i hallplanet i hjälpssystembyggnaden runt bränslehissens (system 233) hisschakt är strålskärmat med en 1,4 m tjock betongvägg och rummet är klassat som strålningsklass 1 enligt kontrollen av strålskärmsdimensioneringen i [7-32]. Hissen är i det dimensionerande fallet lastad med en bränslekasset innehållande dimensionerande BWR-bränsle.

### **7.5.5.1 Aktiva komponenter**

Många ventiler och pumpar i nedkylningssystemet (system 311) för bränsletransportbehållare har placerats i utrymmen som normalt inte ska beträdas av personalen. Vissa komponenter, exempelvis filter, jonbytare och avfallstankar, förväntas bli mera aktiva än andra, och har därför placerats i separata utrymmen. Övriga, mindre aktiva delar av ett system har placerats i ett eller flera gemensamma utrymmen, ibland tillsammans med andra system. I några av dessa utrymmen har extra strålskärmar satts in vid vissa rör och komponenter.

Utbyte av felaktiga komponenter görs fjärrmanövrerat med hjälp av strålskärmande hanteringsklockor som ansluts till det aktuella utrymmet via ett system av skjutbara, strålskärmande luckor. Härigenom förhindras även att aktiviteten sprids till omgivande utrymmen.

### **Konditioneringscellen**

Konditioneringscellen<sup>13</sup>, som tillhör system 267, ska strålskärmat ta hand om komponenter och filter från olika system samt filterpatroner från bassängreningssystemen. Hanteringen av de aktiva komponenterna och filtren görs utanför cellen med hjälp av manipulatorer, och övervakas genom blyglasfönster. Hanteringsklockorna för komponenter och filter ansluts till konditioneringscellen via en sluss med strålskärmande luckor. Hanteringsklockan för filterpatroner ansluter till aktuellt filter och konditioneringscellen med en enklare anordning. Aktivitetsspridning förhindras med hjälp av riktad ventilation.

Strålskärma runt konditioneringscellen (system 267) har dimensionerats för en aktivitetsmängd motsvarande 11 TBq Co-60 vilket motsvarar den högsta tillåtna aktiviteten i en filterpåse [7-31]. För att erhålla dosrater mindre än 0,01 mSv/h med denna aktivitet krävs skärning med 115 cm betong eller 36 cm stål.

---

<sup>13</sup> Av typen hot-cell.



Hanteringsklockorna är gjorda av bly och rostfritt stål. I det dimensionerande fallet, enligt ovan, är ytdosraterna<sup>14</sup> från hanteringsklockorna mellan 0,13 och 0,70 mSv/h. På en meters avstånd från ytan ligger dosraterna i intervallet 0,01 till 0,1 mSv/h.

### **Betongingjutningsanläggningen (system 343)**

Vid betongingjutningsstationen gjuts använd jonbytarmassa in i betongkokiller. Stationen är strålskärmd med 60 cm betong. Samtliga angränsade rum till ingjutningsanläggningen i radiell led klassas som strålningsklass 2 [7-1], [7-32].

### **7.5.6 Inkapslingsdelen**

De dimensionerande strålskämsberäkningarna för inkapslingsdelen [7-29] har utförts för gamma- och neutronkällstyrkorna av fissionsprodukter och aktinider i det använda kärnbränslet. Strålskärningen som anges nedan är dimensionerad för en maximal dosrat på 0,01 mSv/h, motsvarande designstrålklass 1, där inget annat anges.

Bränslekassetter transporteras i vatten från förvaringsdelen till hanteringsbassängen i inkapslingsdelen för vidare hantering. I hanteringsbassängen flyttas bränsleelementen över från bränslekassetter till transportkassetter och flyttas därefter till hanteringscellen där de torkas och placeras i kopparkapslar. Vid hantering av bränsle i inkapslingsdelens bassänger gäller samma strålskämskrav som för mottagningsdelen och förvaringsdelen enligt [7-32]. All hantering av det använda kärnbränslet i hanteringscellen och därefter sker under torra förhållanden. Allt arbete vid torr hantering av bränslet sker avståndsmanövrerat och väggarna i hanteringscellen fungerar som strålskärm. Beräkningar i [7-29] visar att det behövs en minst 120 cm tjock betongvägg för att utrymmet skall vara designstrålklass 1. Detta gäller vid hantering av enskilda bränsleelement och bränsleelement placerade i en transportkassett av dimensionerande<sup>15</sup> använt kärnbränsle oavsett bränsletyp. I [7-29] finns beräkningar för andra möjliga strålskärmar, som kombinationer av stål och polyeten<sup>16</sup> samt blyglasfönster, för att designkravet på 0,01 mSv/h ska innehållas vid hantering av enskilda bränsleelement. Blyglasfönster<sup>17</sup> används som inspektionsfönster för att kunna övervaka bränslehanteringen i cellen för torr hantering i inkapslingsdelen.

När det använda kärnbränslet har placerats i en kopparkapsel fungerar kapseln som en extra strålskärm och då krävs enligt [7-29] t.ex. 80 cm betong för att designkravet på 0,01 mSv/h ska innehållas.

När en kopparkapsel, fylld med bränsleelement, transporteras mellan olika arbetsstationer transporteras den med en strålskärmade lastbärare. När kopparkapseln är dockad till arbetsstationerna utgör strålskärning av kapseln av cellväggarna och lastbäraren. För att transportkravet [7-36] på en maximal ytdosrat på 2 mSv/h och 0,1 mSv/h på 2 meter skall vara uppfyllt, behövs enligt beräkningar i [7-29] att lastbärarens strålskärm har en tjocklek på 15 cm stål och 6 cm polyeten.

Samtliga ovan angivna strålskämskrav gäller för radiell riktning utanför det använda kärnbränslet och kopparkapseln. I den axiella riktningen är enligt [7-29] dosraterna cirka en storleksordning mindre än de radiella dosraterna. Strålskärmen i axiell riktning kan därmed minskas med cirka 20 cm betong eller 6 cm stål [7-29] relativt den radiella.

---

<sup>14</sup> Dosratsnivåerna härstammar från tidigare licensiering av Clab. Nivåerna är inte kontrollerade i [7-32] eftersom aktivitetsmängden för dimensionerande fallet är oförändrat.

<sup>15</sup> I avsnitt 7.3.2 beskrivs dimensionerade data för samtliga bränsletyper som hanteras i inkapslingsdelen.

<sup>16</sup> I likhet med vatten fungerar polyeten som god strålskärm för neutroner, då polyeten innehåller lätta grundämnen och de neutronaktiverade produkterna utgör inget större strålskyddsproblem

<sup>17</sup> Blyglas består av en blandning av blyoxid och kiseldioxid. Blyakrylatglas används som skärning för neutroner.

I [7-30] och [7-32] redovisas strålskämsberäkningar för system och komponentdelar kontaminerade med främst crud för förvaringsdelen och mottagningsdelen. Motsvarande beräkningar har ej utförts för inkapslingsdelen. För inkapslingsdelen används en generalisering av nödvändig strålskärning fram till dess att en detaljutformning av anläggningen är gjord. Strålskärmningsutformningen för rör, pumpar, ventiler, filter och övriga komponenter som har anknytning till den våta bränslehanteringen i inkapslingsdelen, kommer att grundas på erfarenheter från Clab avseende spridning och ansamling av aktivitet. Metodiken för att beräkna erforderlig strålskämsdimensionering finns redovisad i [7-27]. Uppskattad mängd frigjord aktivitet i inkapslingsdelen finns redovisad i F-PSAR Allmän del kapitel 6.

### **Strålskydd för röntgenutrustning**

Utrustningen i stationen för oförstörande provning är placerad i ett strålskärmat utrymme som är försett med strålskärmande dörr, blyglasfönster, tv-kamera och manipulatorer. Strålskärmningen runt röntgenutrustningen beaktas vid strålskämsdimensioneringen så att stipulerade dosratsnivåer i omkringliggande utrymmen uppfyller kraven enligt tabell 7-1 beroende på strålningsklass.

Enligt [7-35] så är det nödvändigt att röntgenkammaren består av väggar med över 1,5 meter betong för att förhindra läckage av röntgenstrålning utanför stationen.

## 7.6 Strålskyddsverksamhet

I detta avsnitt redovisas en övergripande beskrivning av anläggningens strålskyddsorganisation, principerna för ledning och styrning av strålskyddsverksamheten. Persondosimetri samt uppföljning och utvärdering av personstrålskyddet beskrivs övergripande. I avsnittet finns även en beskrivning av de inrättade systemen för mätning av nuklidspecifik aktivitet och strålnivåer under normaldrift.

Avsnittet avslutas med en redovisning av prognostiserade kollektivdoser på Clink.

Alla stråldoser som redovisas i avsnitt 7.6. avser effektiv dos om inget annat anges.

### 7.6.1 Strålskyddsorganisation

I strålskyddslagen (1988:220) anges övergripande krav på strålskydd för människa och miljö. För att bedriva radiologiskt arbete krävs tillstånd av myndighet som regeringen bestämmer. Tillsynsmyndighet är Strålsäkerhetsmyndigheten som i samband med tillståndsgivning har till uppgift att meddela de villkor och föreskrifter som erfordras. Strålskyddsföreskrifter som är tillämpliga för anläggningen redovisas i F-PSAR Allmän del kapitel 3.

Anläggningens strålskyddsföreståndare har en controllerfunktion inom strålskyddsområdet och svarar för övervakningen av att strålskyddsverksamheten bedrivs enligt interna krav, externa krav som exempelvis strålskyddslagen samt föreskrifter, villkor och föreläggande utfärdade av SSM. Detta innebär att strålskyddsföreståndaren ska kontrollera att interna dokumenterade rutiner upprättas och att innehållet är i överensstämmelse med externa krav. Hur strålskyddsarbetet bedrivs för nuvarande drift i mottagningsdelen och förvaringsdelen beskrivs i ”Övergripande strålskyddsrutin”, som kommer att revideras och omfatta även inkapslingsdelen innan Clink tas i drift.

Chef för verksamhetsområde anläggningsstöd ansvarar för verksamhetsområde strålskydd vilket inkluderar utveckling, uppföljning, utvärdering samt att tillräckliga resurser och kompetens finns tillgänglig för drift av anläggningen med avseende på personstrålskydd, dosimetri och radioaktiva transporter.

Organisationen på anläggningen beskrivs mera utförligt i F-PSAR Allmän del kapitel 4.

### Strålskyddskrav och strålskyddsmål

Ett av strålskyddskraven, hämtade från SSMFS 2008:51, som finns redovisade i F-PSAR Allmän del kapitel 3 är att ingen individ ska erhålla en årsdos som är högre än 50 mSv och att dosen under fem år i följd ska understiga 100 mSv. Men i enlighet med ALARA-principen ska alla stråldoser hållas så låga som det är rimligt möjligt. I arbetet med optimeringen av strålskyddet på anläggningen är identifieringen av strålskyddsmål och utformningen av handlingsplaner ett viktigt steg inom ALARA-arbetet. Målen och handlingsplanerna utformas så att de täcker in såväl det dagliga arbetet som det långsiktiga arbetet. Utvärdering och uppföljning av mål och handlingsplaner sker minst en gång per år.

Endast behöriga personer får tillträde till kontrollerat område. Behörigheten till kontrollerat område omfattar krav på utbildning, läkarundersökning och uppföljning av individens doshistorik samt krav på personlig dosimeter. Personal som arbetar på kontrollerat område skall klassas som kategori A-arbetstagare, i enlighet med SSMFS 2008:51 Bilaga 2. Till kategori A hör personer i radiologiskt arbete som bedöms ha en inte försumbar möjlighet att årligen nå de dosgränser som anges i SSMFS 2008:51, det vill säga en effektiv dos på 6 mSv, ekvivalent dos till ögats lins på 45 mSv eller ekvivalent dos till extremiteter eller hud på 150 mSv. Arbetstagare som inte tillhör kategori A ska tillhöra kategori B.

Krav på strålskydd för extern personal som anlitas för arbete på kontrollerat område finns i SSM:s föreskrift SSMFS 2008:52 och i strålskyddsrutin enligt SKBs ledningssystem.

## 7.6.2 Aktivitetsmätning i anläggningen

### Persondosimetri

För att registrera personalens exponering av externstrålning används beta-, gamma- och neutron-dosimetrar i anläggningen. För registrering av individdos används en personlig passiv dosimeter, idag TL-dosimeter. Direktvisande och larmande elektroniska dosimetrar används för registrering av arbetsdoser. Personlig TL-dosimeter samt direktvisande dosimeter bärs alltid på kontrollerat område. TL-dosimetern mäter den månatliga stråldosen och utvärderas av ansvarig personal från OKG (OKG Aktiebolag, Oskarshamnsvverkets Kraftgrupp) medan kvalitetsäkning utförs av strålskyddsfunktionen på SKB. Registrerad månatlig stråldos på 0,1 mSv eller mer läggs in i ett för svenska kärntekniska anläggningar centralt dosregister. Den direktvisande dosimetern används för att följa dosbelastningen under ett arbetsmoment och läses av efter varje arbetsbyte för att kunna följa hur olika moment påverkar kollektivdosen hos personalen på anläggningen. Den direktvisande dosimetern ger också ökad personsäkerhet genom inbyggd larmfunktion för både ackumulerad stråldos (mSv) och dosrat (mSv/h).

Kontaminationskontroll görs på alla personer vid utpassage från kontrollerat område. Mätningen sker i personmonitorer i två steg. Först sker mätning innan skyddskläderna, som bärs på kontrollerat område, avlägsnats samt efter avlägsnande av skyddskläder och passage av skogräns. Helkroppsmätning för kontroll av intern kontamination ska utföras på alla personer, såväl egen personal som entreprenörspersonal, med befarat eller konstaterat (vid exempelvis larm vid kontaminationskontrollen vid utpassage) intag av radioaktiva ämnen. Helkroppsmätningar görs även regelbundet på utvalda personer i en kontrollgrupp som huvudsakligen arbetar på kontrollerat område.

Anläggningen är som redan beskrivet dimensionerad för neutronstrålning från det använda kärnbränslet, men erfarenhet från driften av Clab visar att neutronstrålning kan mätas vid mottagningskontrollen av bränsletransportbehållare med använt kärnbränsle. Vid den vidare hanteringen av bränslet har inga signifikanta neutrondoser uppmätts. Då inkapslingsprocessen är en torr hantering av bränslet ökar sannolikheten för att neutroner från bränslet kan spridas och ge upphov till neutrondos till personalen och därför kommer ett mätprogram genomföras i samband med provdriften av Clink för att klarställa behovet av neutrondosimetri.

### Aktivitetsmätning i anläggningen

Aktivitetsmätning för vissa rum (system 555) övervakar aktivitetsnivåer i utrymmen där personal vistas och risk föreligger för höga strålningsnivåer. Lokala larm ges vid höga mätvärden. Aktivitetsnivåerna i luften övervakas, av betakänsliga detektorer, genom mätning i frånluftskanalerna för mottagningsdelen, tilläggsventilationen, bränslehissen och tankavsugget samt med aktivitetsmätare vid alla bränslehanteringsmaskiner, i konditioneringscellen, i transporttunneln och i nedkylningscellerna. Vid höga aktivitetsnivåer utlöses larm för att varna personalen.

På icke kontrollerat område utförs kontroll av aktivitetsnivåer med hjälp av fasta utplacerade dosimetrar för mätning av gammastrålning. Dosimetern utvärderas kvartalsvis. Dessutom sker regelbundna kontaminationskontroller av utvalda golv- och markytor på icke kontrollerat område.

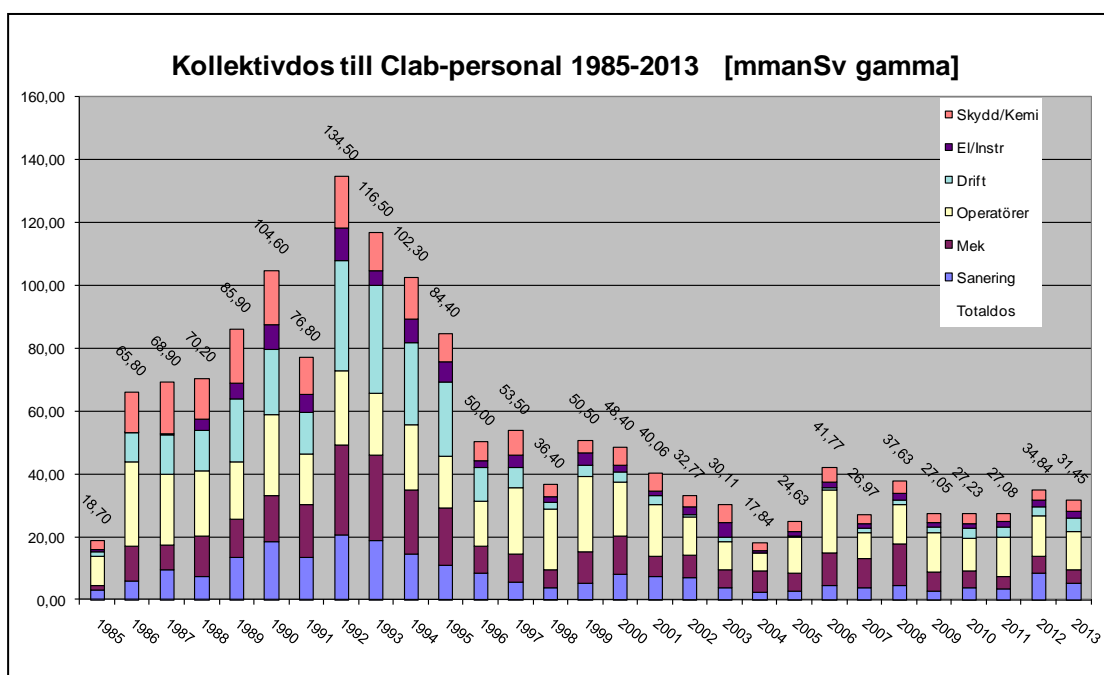
Aktivitetsmätning av luftflödet från anläggningen sker i anläggningens ventilations skorstenar. En delström av utflödet genom ventilations skorstenen leds över aerosol- och kolfilter. De alfa, beta- och gammastrålande nuklider som fastnar på aerosolfiltret mäts, analyseras och utvärderas i laboratorium. Aktivitetsmätning med betakänslig respektive gammakänslig detektor sker på luftflödet efter passage genom aerosolfilter. Syftet med den betakänsliga detektorn är att mäta radioaktiva ädelgaser (Kr-85) under normal drift upp till H4-händelser. Den gammakänsliga detektorns syfte är att mäta dosraten vid en kriticitetshändelse. Vid onormala<sup>18</sup> mätvärden erhålls larmsignal till centrala kontrollrummet.

Kollektivdosen för personalen uppskattades konservativt under konstruktionen av Clab till 276 mmanSv/år. De registrerade kollektivdoserna för personal och entreprenörer på Clab under tiden 1985 – 2013 varierade mellan 18 och 135 mmanSv per år, se figur 7-1. Erfarenhetsvärdena är med god

<sup>18</sup> Både låg- och höglarm kan erhållas när mätvärdet understiger respektive överstiger satta larmgränser.

marginal under det värde som erhöles vid den ursprungliga konservativa uppskattningen av kollektivdosen för Clab.

De erhållna kollektivdoserna enligt figur 7-1 är överlag låga vilket bl.a. får till följd att "icke normala" arbeten i radioaktiv miljö relativt lätt slår igenom i årsstatistiken. Under 1990 pågick ganska omfattande arbeten i Clab med att bland annat modifiera utrustningen för att kunna hantera kompaktkassetter. Dessa arbeten uppskattas ha bidragit med ca 20 % till kollektivdosen under detta år. Den registrerade kollektivdosen för 1992 påverkades av att man under året driftsätte ny utrustning för hantering av kompaktkassetter. I början av 1993 utfördes doskrävande arbeten i ingjutningsanläggningen och på transportbehållare vilket påverkade årsdosen. Efter de förhöjda årsdoserna under perioden 1990-1994 har trenden varit sjunkande, tack vare införande av ytterligare strålskärmar och utvecklat strålskyddsprogram [7-34]. Under det senaste årtiondet har kollektivdosen legat stabilt under 45 mmanSv/år.



Figur 7-7-1. Registrerade kollektivdoser i Clab 1985 – 2013 (1985, andra halvåret) [7-34].

## 7.6.3 Förväntad personaldos

### 7.6.3.1 Dosbidrag från mottagningsdelen och förvaringsdelen

Arbetsmoment som utförs i mottagningsdelen och förvaringsdelen i Clink liknar till stor grad de arbeten som har utförts på Clab. Personalens dosbelastning härrör från en mängd olika typer av arbeten, såsom mottagning, hantering, övervakning och underhåll.

För att uppskatta det framtida dosbidraget från mottagningsdelen och förvaringsdelen till den totala kollektivdosen i Clink kan man därför utgå från dosstatistik från Clab, se avsnitt **Fel! Hittar inte referensskälla..** Kollektivdosen är uppdelad på fem personalkategorier, vilka består av Sanering, Mek, Operatörer/Drift, El/Instrument och Strålskydd/Kemi. I [7-24] görs bedömningen att de senaste årens nivå kan, efter justering på grund av nya förutsättningar för Clink, antas gälla framöver. Medelvärdet för kollektivdosen mellan åren 2000-2012 har beräknats till 32.0 mmanSv/år. Under perioden 2000-2012 var mottagningskapaciteten 200 ton U/år. Clink är designad för en mottagningskapacitet på 300 ton U/år. Arbetsomfattningen (och därmed stråldos till personal) antas stå i proportion till mängden mottaget använt kärnbränsle, vilket innebär att prognosen för dosbidraget från mottagningsdelen och förvaringsdelen till kollektivdosen blir 50 % högre än vad erfarenhetsvärdena från driften för Clab visar [7-24].

Jonbytarmassa, filter, ingjutning, sopor och skrot från inkapslingsdelen hanteras i hjälpsystembyggnaden. Den ökade avfallshanteringen i hjälpsystembyggnaden jämfört med tidigare avfallshandling på Clab kommer att leda till en ökad stråldos för personalen och då främst till operatörer och driftpersonal. I [7-24] görs därför antagandet att den ökande avfallshandling medför en fördubbling av stråldosen till dessa personalkategorier. I tabell 7-6 finns en sammanställning av prognostiserad kollektivdos, indelad i de fem personalkategorierna för mottagningsdelen och förvaringsdelen av Clink.

**Tabell 7-6. Kollektivdosprognos [mmanSv] för olika personalkategorier för ett normaldriftår i mottagningsdelen och i förvaringsdelen av Clink baserat på historik av kollektivdosen i Clab [7-24].**

|                                 | Sanering | Mek | Operatörer /Drift | El/ Instrument | Strålskydd/ Kemi | Totaldos |
|---------------------------------|----------|-----|-------------------|----------------|------------------|----------|
| Kollektivdosprognos [mmanSv/år] | 7        | 11  | 37*               | 3              | 6                | 64       |

\* Justerad på grund av en ökad mellanlagringskapacitet (11 000 ton) [7-37]

Dosprognoserna i [7-24] baseras på en total mellanlagringskapacitet av det använda kärnbränslet på 8 000 ton. I [7-37] görs en analys hur den utökade mellanlagringskapaciteten på 11 000 ton i Clink påverkar strålningsnivåer och personaldoser. I enlighet med [7-28] anges i [7-37] att endast aktivitetsnivåerna i förvaringsbassängerna i Clink kommer att öka på grund av den utökade mellanlagringskapaciteten. Aktivitetsnivåerna i mottagningsdelen och i inkapslingsdelen kommer inte att öka då mottagnings och inkapslingstakten av det använda kärnbränslet inte antas förändras [7-28]. Strålningsnivåerna kommer därmed endast öka kring förvaringsbassängerna och i angränsande system. I [7-37] visas att strålningsnivåerna från ett representativt rör som lämnar förvaringsbassängernas bräddavlopp ökar med maximalt 5 % vid en ökad mellanlagringskapacitet. Det antas i [7-37] att den ökande strålningsnivån endast påverkar personalkategorin operatörer och driftpersonal då denna grupp i störst utsträckning befinner sig kring förvaringsbassängerna och i avfallsbyggnaden. Övriga personalkategori-grupper påverkas inte av de ökade strålningsnivåerna. Därför är kollektivdosprognosen i tabell 7-6 justerad för personalkategorin Operatörer/Drift med ökad kollektivdos med 5 % jämfört med prognosen i [7-24].

### 7.6.3.2 Dosbidrag från inkapslingsdelen

Inkapslingsdelen är designad så att rutinemässigt arbete under normal drift ska kunna utföras i utrymmen med låg dosrat. Avhjälpande underhåll som utförs mindre frekvent kan dock behöva utföras i utrymmen med förhöjd dosrat.

Metodiken för prognostiseringen av kollektivdosen för inkapslingsdelen finns redovisad i [7-24]. Prognostiseringen av den årliga dosen som olika grupper av arbetstagare kan få i verksamheten bygger på information om arbetsmomenten, bemanningen och strålningsnivåer.

#### Beskrivning av arbetsmomenten

För varje arbetsmoment som kan komma att utföras under året måste det finnas utförlig information för att kunna prognostisera kollektivdosen i anläggningen. Den information som krävs är bland annat vilken tid som arbetsmomenten tar, var i anläggningen arbetsmomentet ska utföras, antal personer som är involverade samt frekvensen för arbetsmomentet. För delar av de arbeten som utförs i inkapslingsdelen kan erfarenhetsvärden från Clab användas.

#### Bemanning

Antalet personer som arbetar i anläggningen och hur dessa är grupperade är nödvändig information för att kunna uppskatta både individ- och kollektivdoser. För att begränsa individdosen kan det beroende på den framräknade kollektivdosen bli aktuellt med ett minsta antal personer inom vissa grupper eller för vissa arbetsmoment.

## Strålningsnivåer

Strålningsnivåerna för de olika arbetsmomenten i inkapslingsdelen som används för att prognostisera kollektivdosen bygger på områdesklassificeringen som redovisas i avsnitt 7.2. För de områdena som i [7-23] är markerade med blått ansätts konservativt att dosraterna i normalfallet är 0,01 mSv/h och de områdena som är markerade med gult ansätts dosraterna på motsvarande sätt till 0,1 mSv/h.

Dosprognosen för inkapslingsdelen finns redovisad i [7-24]. För personalkategorierna ”Sanering” och ”Operatörer/Drift” har en dosprognos tagits fram baserad på uppskattade arbetsmoment, bemanning och strålningsnivåer. Antaganden rörande arbetsmomenten har baserats på driften av Clab. Dosprognosen för personalkategorierna ”Mek”, ”El/Instrument” och ”Skydd/Kemi” baseras på erfarenhetsvärden från Clab. Inkapslingsdelen har inte lika stor mängd mekanisk utrustning som mottagningsdelen och förvaringsdelen och den torra hanteringen av bränslekassetterna sker avståndsmanövrerat i hanteringscellen. Därför antas i [7-24] att stråldosen till personalkategorierna ”Mek” och ”El/Instrument” är 50 % av det beräknade medelvärdet av stråldosen för verksamheten vid Clab. Kollektivdosen till personalkategorin ”Skydd/Kemi” antas motsvara erfarenhetsvärden för Clab redovisade i [7-24] och [7-34] eftersom arbetsomfattningen för personalkategorin bedöms vara likvärdig.

I tabell 7-7 finns en sammanställning av prognostiserad kollektivdos, indelad i de fem personalkategorierna för inkapslingsdelen.

**Tabell 7-7. Kollektivdosprognos [mmanSv] för olika personalkategorier för ett normaldriftår i inkapslingsdelen, baserat på [7-24].**

|  | Sanering | Mek | Operatörer<br>Drift | El/<br>Instrument | Strålskydd/<br>Kemi | Summa |
|--|----------|-----|---------------------|-------------------|---------------------|-------|
| <b>Kollektivdosprognos<br/>[mmanSv/år]</b> | 7        | 4   | 19                  | 1                 | 2                   | 33    |

## Prognos kollektivdos till personal i Clink

Prognosen för summerad kollektivdos för Clink uppskattas sammantaget blir ca 97 mmanSv/år, se tabell 7-8.

**Tabell 7-8. Kollektivdosprognos [mmanSv] för olika personalkategorier för ett normaldriftår för hela Clink baserat på [7-24].**

|                                       | Sanering | Mek | Operatörer<br>/Drift | El<br>/Instrument | Strålskydd<br>/Kemi | Totalt |
|---------------------------------------|----------|-----|----------------------|-------------------|---------------------|--------|
| <b>Clink – totalt<br/>[mmanSv/år]</b> | 14       | 15  | 56*                  | 4                 | 8                   | 97     |

\* Justerad på grund av en ökad mellanlagringskapacitet (11 000 ton) [7-37]

## 7.7 Referenser till kapitel 7

För att uppnå spårbarhet och tydlighet i förhållande till tidigare inskickade dokument så har referensförteckningen tilldelats samma numrering som referensförteckningen i tidigare inskickat kapitel av PSAR, och för varje referens har angivits om den har utgått, uppdaterats eller ersatts. Nyttillkomna referenser har fått nya referensnummer under rubriken ”Nya referenser”.

- [7-1] **SKBDoc ID 1425423, ver 1.0**  
(SEW-13-055)  
Clab SAR – Rumsnummerlista och designklassning  
Westinghouse Electric Sweden
- Ersätter*
- SKB Reg 1017647, ver 0.4 - Utgå**  
CLAB – Rumsnummerlista med strålningsklass och miljökrav sam brandcellsindelning  
Svensk Kärnbränslehantering AB
- [7-2] **SKB Reg nr NT198800586, ver D.0 – Utgå**  
Clab – Shielding Report  
SGN
- [7-3] **SKB Reg nr NT198800434, ver A.0 – Utgå**  
Clab – Shielding Report – Annex  
SGN
- [7-4] **SKB Reg nr RF80-483, ver 0.0 – Utgå**  
Clab – Bränslehissschakt och förvaringsbyggnad –Strålskämsberäkningar  
ASEA-ATOM
- [7-5] **SKB Reg nr NT198800238, ver C.0 – Utgå**  
Dose Estimate Report  
SGN
- [7-6] **SKB Reg nr RM88-88, ver 1.0 – Utgå**  
Clab – Relicensiering. Beräkning av aktivitetsinventarier i bränslet och kontroll av strålskärningen av bränslet  
ABB ATOM
- [7-7] **SKB Reg nr RF75-194, ver 0.0 – Utgå**  
CYLGAX, CYLGAM och GAMEN – FORTY-program för gammatransportberäkningar runt cylindriska källfördelningar  
ASEA-ATOM
- [7-8] **SKB Reg nr RF75-194, ver 0.0 – Utgå**  
Clab – Förvaringsutrymme för bränsletransportbehållare (M01.01) – Kontroll av strålskärmar  
ASEA-ATOM
- [7-9] **SKB Reg nr SoA4-92, ver 0.0 – Utgå**  
Clab – Kompaktkassetter slutlig säkerhetsrapport  
Svensk Kärnbränslehantering AB
- [7-10] **SKB Reg nr RM90-164, ver 0.0 – Utgå**  
Clab – Dosrater över vattentäckta bränslekassetter  
ABB ATOM



- [7-11] **SKB Reg nr KPC83-05, ver 0.0 – Utgå**  
Clab – Hjälpssystembyggnad – Revision av strålskämsberäkningar – Konsekvenser av nya källstyrkor  
ABB Atom
- [7-12] **SKB Reg nr NW-82/214, ver 0.0 – Utgå**  
Koncentrationsstatistik – Oskarshamn  
Studsvik Energiteknik AB
- [7-13] **SKB Reg nr KPC82-7, ver 0.0 – Utgå**  
Transportsystem – Stråldos till personal vid transport av utbränt kärnbränsle till CLAB  
ASEA-ATOM
- [7-14] **SKB Reg nr SPB99-086, ver 0.0 – Utgå**  
Clab etapp 2 – Dosrater utanför dilatationsfog  
ABB Atom AB
- [7-15] **SKB Reg nr STUDSVIK/ES-02/28, ver 0.0 – Utgå, flyttad till F-PSAR Allmän del kapitel 6**  
Dosomräkningsfaktorer för utsläpp till vatten och luft vid normal drift av Oskarshamnsverket  
Studsvik Eco & Safety AB
- [7-16] **SKB Reg nr NW-83/588, ver 0.0 – Utgå**  
Dos till kritisk grupp vid eventuellt utsläpp från centralt lager för använt bränsle, Clab  
Studsvik Energiteknik AB
- [7-17] **SKB Reg nr NW-83/571, ver 2.0 – Utgå**  
Referensutsläpp för Oskarshamnsverket  
Studsvik Energiteknik AB
- [7-18] **SKB Reg nr NT198800287, ver B.0 – Utgå**  
Programme SNO97 - Shielding calculation  
SGN
- [7-19] *Utgått i tidigare inlämning*
- [7-20] **SKB Reg nr 13020940, ver 0.0 – Utgå**  
Slutligt omhändertagande av kärnavfall med mycket låg radioaktivitet  
Statens Kärnkraftinspektion
- [7-21] **SKBdoc ID 1179234, ver 1.0 – Utgå**  
(Dok.Nr. 06-0038R, rev 3)  
Källstyrkor för bränsleelement under driftskede för Clink, slutförvarsanläggning och slutförvar - Referensrapport  
ALARA Engineering
- [7-22] **SKBdoc ID 1059866, ver 1.0 – Utgå**  
(NT/P355/119/05 ver 5, RP\_0103754\_SAFE\_00001\_G)  
Encapsulation Plant - Phase D - Bulk Shielding Requirements Review  
British Nuclear Group (BNFL)
- [7-23] **SKBdoc ID 1427041, ver 1.0**  
(SEP 05-375, rev 0)  
Encapsulation Plant - Radiation Classifications and Zones  
Westinghouse Electric Sweden AB
- [7-24] **SKBdoc ID 1189266, ver 7.0 – Uppdaterad**  
Clink - Strålskydd, dosbudget och ALARA-principen  
Svensk Kärnbränslehantering AB/Studsvik ALARA Engineering

- [7-25] **SKBdoc ID 1059867, ver 1.0 – Utgå**  
(*RP\_0103754\_SAFE\_00004\_B, SKB/SH04 rev 2*)  
Encapsulation Plant - Phase D - Radiological Protection - Dose Budget & ALARA  
British Nuclear Group (BNFL)

### **Nya referenser**

- [7-26] **SKBdoc ID 1198314, ver 2.0**  
(*12-0072R, rev 2.0*)  
Aktivitetsinventarier och källstyrkor för använt kärnbränsle i det svenska avfallsprogrammet  
Studsvik ALARA Engineering
- [7-27] **SKBdoc ID 1409366, ver 4.0**  
Clink - Metodik vid strålskärmsdimensionering  
Studsvik ALARA Engineering
- [7-28] **SKBdoc ID 1409363, ver 6.0**  
Clink 11 000 ton - Beräkning av aktivitetsinventarier  
Studsvik ALARA Engineering
- [7-29] **SKBdoc ID 1417958, ver 3.0**  
Clink - Projektering inkapsling - Strålskärmsdimensionering  
Studsvik ALARA Engineering
- [7-30] **SKBdoc ID 1425411, ver 1.0**  
(*SEW 12-106*)  
Clab - Referensrapport till Clab SAR Allmän del - Komponentvisa strålningsnivåer  
Westinghouse Electric Sweden AB
- [7-31] **SKBdoc ID 1425521, ver 1.0**  
(*SEW 12-104*)  
Clab - Referensrapport till Clab SAR Allmän del - Källstyrkor för  
strålskärmsdimensionering  
Westinghouse Electric Sweden AB
- [7-32] **SKBdoc ID 1425519, ver 1.0**  
(*SEW 13-023*)  
Clab - Referensrapport till Clab SAR Allmän del - Kontroll av strålskärmsdimensionering  
Westinghouse Electric Sweden AB
- [7-33] **SKB DokumentID TR-10-13, år 2010**  
Spent nuclear fuel for disposal in the KBS-3 repository.  
Svensk Kärnbränslehantering AB
- [7-34] **SKBdoc ID 1398204, ver 2.0**  
Clab - Erfarenheter av radioaktiva ämnen och stråldoser under 2006-2013  
Svensk Kärnbränslehantering AB
- [7-35] **SKBdoc ID 1179633, ver 3.0**  
Oförstörande provning av kapselkomponenter och svetsar  
Svensk Kärnbränslehantering AB
- [7-36] **SKB DokumentID R-05-65, år 2005**  
Transport av inkapslat bränsle  
Svensk Kärnbränslehantering AB
- [7-37] **SKBdoc ID 1439431, ver 1.0**  
Clink – Strålningsnivåer och personaldoser vid utökad lagringskapacitet  
Studsvik ALARA Engineering