

Dokumentnamn RAPPORT	Serie-nr: utgåva KS-60/86	Tillägg
	Grupp/System etc	
Utskriftsdatum 1986-04-25	Beteckning/Kl-nr KSR-EA/VL - 3480	
Giltig	<input type="checkbox"/> från besluts-datum	
Ersätter		
Utfärdare/Handläggare E Appelgren/KSR P Hellström/RELCON AB	Sign 	
Tillstyrkt	Samråd etc/Tagit del	
<i>Hilma Lindblad</i>		
V Lindblad		
Hänvisning till underlag, anslutande bestämmelser etc	Godkänt/Fastställt	Datum
	<i>H Bartsch</i>	1986 05-22
Ärende		

SFR1 - FORSMARK

OMGIVNINGSKONSEKVENSER AV MISSÖDEN

Denna rapport redovisar en bedömning av omgivningskonsekvenser vid olika missöden i SFR.

Radiologiska omgivningskonsekvenser fås i samband med de extrema händelser där brand i avfallsgods kan tänkas inträffa. Konsekvenserna av dessa hypotetiska fall blir obetydliga.

DELGVNING

KPX, KSA, KSR(3), KSC, BEN, N Bjälvenlid BEN
L Wahlström FR, L-I Centerfalk FR

5625

Sökord för sakregister/Noteringar etc

SFR1 OMGIVNINGSKONSEKVENSER MISSÖDEN

Antal textsidor	bilagor	bil-sidor
21	3	4

KSR/2-53

ORIGINALHANDLING TILL EGEN REGISTRATUR

INNEHÄLLSFÖRTECKNING

1. Inledning
2. Beräkningsmetodik
 3. Brand i lågaktivt avfall
 - 3.1 Beskrivning av brandfall
 - 3.2 Konservativ beräkning
 - 3.2.1 Nuklidfördelning
 - 3.2.2 Aktivitetsinnehåll
 - 3.2.3 Aktivitetsutsläpp
 - 3.2.4 Omgivningskonsekvenser
 - 3.3 Realistisk beräkning
 - 3.3.1 Nuklid och aktivitetsinnehåll
 - 3.3.2 Aktivitetsutsläpp
 - 3.3.3 Omgivningskonsekvenser
 4. Brand i medelaktivt avfall
 - 4.1 Beskrivning av brandfall
 - 4.2 Konservativ beräkning
 - 4.2.1 Nuklidfördelning
 - 4.2.2 Aktivitetsinnehåll
 - 4.2.3 Aktivitetsutsläpp
 - 4.2.4 Omgivningskonsekvenser
 - 4.3 Realistisk beräkning
 - 4.3.1 Nuklid och aktivitetsinnehåll
 - 4.3.2 Aktivitetsutsläpp
 - 4.3.3 Omgivningskonsekvenser
 5. Sammanfattning
 6. Referenser

Bilagor

 1. Sammanfattande tabell över brandfall
 2. Aktivitetsinnehåll i lågaktivt avfall från Forsmark
 3. Aktivitetsinnehåll i medelaktivt avfall från Barsebäck

1. Inledning

Föreliggande rapport utreder de radiologiska omgivningskonsekvenserna av missöden i SFR1. Utredningen görs på uppdrag av BEN.

I missödesanalysen för SFR1 (Ref 1) ges en utförlig beskrivning av händelser som kan innebära risker av konventionell och radiologisk art för personalen och som eventuellt ger omgivningskonsekvenser orsakade av radioaktivt utsläpp. Missödесситuationerna indelas i tre grupper:

- A - Fel eller störningar i tekniska system
- B - Tekniska missöden
- C - Extrema händelser

Fel eller störningar i tekniska system ger enligt konstruktionsförutsättningarna ingen eller endast försumbar nedsättning av förvarets driftsäkerhet.

Tekniska missöden utgöres av allvarligare tekniska fel såsom externt elkraftbortfall, internt elkraftbortfall, transportmissöde, hanteringsmissöde och brandtillbud (ej brand i avfallsgods).

Till extrema händelser hänföres osannolika (hypotetiska) händelser, exempelvis översvämning, bergras och brand i avfallsgods.

Frigörelse av aktivitet från avfallsgods till bergförvaret och vidare till omgivningen kan fås i samband med missöde vid hantering av avfallet då det deponeras i förvarslokalen eller vid brand då den inaktiva primärbranden är så stor att avfallsgods bringas att delta. Viss självständningsrisk föreligger ifråga om det lågaktiva sopavfallet.

Vid hantering av avfallet finns risk för frigörelse av aktivitet om avfallets integritet skadas, t ex då avfallskollit tappas. Vid denna typ av missöde kan mindre mängder aktivitet komma ut. Ventilationen kan dock stängas av och aktiviteten stannar därvid i förvaret. Vid en efterföljande sanering kan den frigjorda aktiviteten tas om hand under ordnade former. Man har i den situationen gott om tid att undersöka omgivningskonsekvenserna av en kontrollerad vädring av det aktuella utrymmet.

Vid inträffad inaktiv brand behöver man ändå ventilara för att kunna göra manuella bekämpningsinsatser. Får branden trots tekniska och manuella insatser stor omfattning kan i en extremsituation avfallsgods komma att delta. Vid självständning i sopavfall deltar avfallsgodset redan från början i branden (primärorsak). Större aktivitetsmängder än vad som var fallet vid ett hanteringsmissöde kan tänkas frigöras vid dessa brandfall. Här föreligger således situationen med förhållandevis omedelbara utsläpp av aktivit-

tet till omgivningen. I denna rapport behandlas därför fortsättningsvis enbart de missödesfall som involverar brand i avfallsgods (enligt definition ovan tillhörande grupp C - extrema händelser).

Bränbart avfall som kan tänkas delta i brand finns i containrar med lågaktivt avfall (sopor och skrot) och i bitumenfat med medelaktivt avfall. Cementingjutet avfall deltar ej i brand.

Följande brandfall studeras (se även bilaga 1):

1. Brand i lågaktivt avfall
 - EB-1 Fordonsbrand ovan jord
 - EB-2 Fordonsbrand i tunnel
 - EB-3 Fordonsbrand i BLA omlastningszon
 - EB-4 Självantändning i avfallsgods i BLA

2. Brand i medelaktivt avfall
 - EB-5 Traversbrand i BMA
 - EB-6 Teminalfordonsbrand i BMA
 - EB-7 Traversbrand i SILO
 - EB-8 Spontanbrand i terminalfordon i tunnel
 - EB-9 Terminalfordonsbrand p g a kollision

Omgivningskonsekvenserna av de mest konservativa brandfalen avseende uppbrunnen avfallsmängd av lågaktivt respektive medelaktivt avfall beräknas för ett konservativt och ett realistiskt aktivitetsinnehåll. I det konservativa fallet antas avfallet ha maximalt aktivitetsinnehåll med avseende på tillåten yttdosrat. I det realistiska fallet baseras aktivitetsinnehållet på utdrag ur avfallsregister.

Det bör observeras att angivna siffravärden över uppbrunna avfallsmängder, aktivitetsfrigörelse och deponering uttrycker förväntade storleksordningar och utgör teoretiska ansatser för en "realistisk" bedömning av extrema brandsituationer.

Omgivningskonsekvenserna i samtliga brandfall sammanfattas och diskuteras i avsnitt 5.

2. Beräkningsmetodik

Vid beräkningen av omgivningskonsekvenserna av de olika brandfalen har följande metodik använts.

1. Fastställande av nuklidfördelning hos aktuellt avfall
2. Beräkning av avfallets aktivitetsinnehåll
3. Fastställande av aktivitetsutsläppets storlek
4. Beräkning av omgivningskonsekvenserna

Nuklidfördelning hos lågaktivt respektive medelaktivt avfall hämtas ur rapporter med sammanställningar av nuklidinnehåll i avfall till SFRL. (Referensangivelser vid respektive beräkningsfall).

Med beräkningsprogrammet GAMDOS (Ref 2) korreleras det totala aktivitetsinnehållet mot maximalt tillåten ytdosrat hos avfallet. Hänsyn tas därvid till nuklidfördelning, densitet och form hos det enskilda avfallskollit.

Aktivitetsutsläppet storlek kan sedan bestämmas utgående från uppgifter angående mängd avbränt avfall och hur stor del av aktiviteten som frigörs i respektive fall. Dessa uppgifter fås från referens 1.

De radiologiska omgivningskonsekvenserna i de olika brandfallen beräknas slutligen med dataprogrammet RELCON (Ref 3) och redovisas i form av helkroppsdos, både via externbestrålning och från inhalation av aktivitet i det passerande molnet, samt helkroppsdos från markbeläggning. Dessutom redovisas lungdosen p g a inhalation. För bedömning av sena effekter (cancerrisken) redovisas även inhalerad viktig helkroppsdos.

RELCOM-beräkningarnas metodik och erforderliga indata finns förutom i referens 3 även utförligt beskrivna i kap 19.1 i FSAR Forsmark 3 (Ref 4) som dessutom ger en komplett bild av använda dosomvandlingsfaktorer och koncentrationsstatistisk

Dosomvandlingsfaktorerna har tagits från referens 5 och koncentrationsstatistiken från referens 6.

För vissa nuklider saknas dosomvandlingsfaktorer i referens 5. För dessa har faktorer tagits fram ur samma grundmaterial och på samma sätt som för övriga faktorer.

I samtliga redovisade beräkningsfall har den relativ koncentrationen för markutsläpp (20 m utsläppshöjd) samt utsläppstiden 1 h använts.

3. Brand i lågaktivt avfall

3.1 Beskrivning av brandfall

Fallen med brand i lågaktivt avfall betecknas EB-1 till EB-4 och de olika brandfallen beskrivs nedan i grova drag. En mer utförlig presentation av respektive brandfall återfinns i referens 1 och 7 där också gjorda antaganden moti-

veras. En sammanställning över de olika brandfallen görs i bilaga 1.

I samtliga fall med brand i lågaktivt avfall fås en pyrolysbrand av avfallet i containrarna. Den från container frigjorda aktivitetsandelen bedöms ej överstiga 60% av den aktivitet som finns i den avbrända mängden (Ref 1).

I fall EB-1 antas branden börja i transportfordonet då det befinner sig ovan jord. Den avbrunna mängden är 15 kg/h (Ref 7), vilket medför att den avbrända avfallsmängden blir 30 kg då insatstiden konservativt antas vara ca 2 h. 60% av den aktivitet som finns i den avbrända avfallsmängden kommer då att frigöras till omgivningen.

Fall EB-2 motsvarar EB-1, men branden inträffar i tunnelvägarna, vilket försvårar brandsläckning. Fordonsbranden får längre varaktighet och den avbrunna avfallsmängden antas därför bli större, i storlek ca 100 kg. Av de 60% av aktiviteten som frigörs från containern antas 30% deponera i tunnelvägarna och 10% i kanalsystemet, vilket innebär att den till omgivningen frigjorda aktivitetsmängden blir ca 36% av den aktivitet som finns i den avbrända avfallsmängden.

Även i fall EB-3 initieras avfallsbranden av en fordonsbrand. Branden inträffar i BLA omlastningszon eller förvarslokal. Då flera containrar kan vara inblandade antas den avbrända avfallsmängden bli ca 250 kg vid 5 timmars insatstid. 60% av aktiviteten i dessa 250 kg frigörs från containrarna. Av den frigjorda aktiviteten antas 10% deponeras i tunnelvägarna, 40% i BLA och 30% i kanalsystemet. Den till omgivningen utsläppta aktivitetsmängden blir därmed ca 12% av den aktivitet som finns i den avbrända avfallsmängden.

I fall EB-4 är brandorsaken självantändning av avfallsgods placerat i BLA. Brandförlöppet antas därmed bli lugnare och den avbrända avfallsmängden antas begränsad till ca 50 kg vid släckning inom 3 timmar. Ingen deponering i tunnelvägarna förutsätts och i övrigt deponering som i brandfall EB-3. Detta innebär att den till omgivningen utsläppta aktivitetsmängden blir ca 18% av den aktivitet som finns i den avbrända avfallsmängden.

Det värsta brandfallet med lågaktiva sopor avseende omgivningskonsekvenser blir alltså EB-2, där aktivitetsutsläppet motsvarar innehållet i 36 kg avfall.

3.2 Konservativ beräkning

3.2.1 Nuklidfördelning

Nuklidfördelningen hos lågaktivt avfall fås ur referens 8. Då nuklider med mindre andel än 0.1% försummas fås en nuklidfördelning enligt tabell 3.1.

Tabell 3.1**Nuklidfördelning i lågaktivt avfall
(Ref 8)**

Nuklid	$T_{\frac{1}{2}}$	Andel %
Fe-55	2.7A	33.8
Co-60	5.27A	48.5
Ni-63	100.A	7
Sr-90	28.5A	0.2
Sb-125	2.77A	0.5
Cs-134	2.06A	5
Cs-137	30.1A	5

3.2.2 Aktivitetsinnehåll

Samtliga avfallskollin i containern antas vid brandtillfället ha maximalt tillåten yttdosrat med hänsyn till IAEA's transportbestämmelser (Ref 9), dvs ca 0.3 mSv/h. Avfallet antas kompakterat till 1 m³ balar med densiteten 0.3 kg/dm³ och med homogen fördelat aktivitetsinnehåll. Vid korreleringen av aktivitetsinnehållet med yttdosraten tas endast hänsyn till dosratsbidraget från Co-60, Cs-134 och Cs-137. Övriga nuklidor ger ett försumbart dosratsbidrag.

Beräkning med GAMDOS ger ett totalt aktivitetsinnehåll av 415 Bq/cm³. Fördelningen på olika nuklidor framgår av tabell 3.2.

Tabell 3.2

**Aktivitetsinnehåll i lågaktivt
avfall - konservativa fallet**

Nuklid	Aktivitetsinnehåll Bq/cm ³
Fe-55	140
Co-60	201
Ni-63	29
Sr-90	1
Sb-125	2
Cs-134	21
Cs-137	21

3.2.3 Aktivitetsutsläpp

Den i varje brandfall frigjorda aktivitetsmängden sammanfattas nedan i tabell 3.3 (från bilaga 1).

Tabell 3.3

**Aktivitetsutsläpp vid brand i låg-
aktivt avfall**

Brandfall	Avbränd mängd (kg)	Utsläppt del av avbränd mängd (%)	(kg)
EB-1 (FORDON)	30	60	18
EB-2 (FORDON)	100	36	36
EB-3 (BLA)	250	12	30
EB-4 (BLA)	50	18	9

Störst omgivningskonsekvenser fås således i fall EB-2. Aktivitetsutsläppet blir där motsvarande aktivitetsinnehåll i 36 kg avfall. Detta innebär ett utsläpp av respektive nuklid enligt tabell 3.4.

Tabell 3.4

Aktivitetsutsläpp i brandfall EB-2, konservativa fallet

Nuklid	Aktivitetsutsläpp (MBq)
Fe-55	16.8
Co-60	24.12
Ni-63	3.48
Sr-90	0.12
Sb-125	0.24
Cs-134	2.52
Cs-137	2.52

3.2.4 Omgivningskonsekvenser

De radiologiska omgivningskonsekvenserna av brandfall EB-2 ges i tabell 3.5. Konsekvenserna i de olika brandfallen är proportionella mot den mängd avfall som frigörs till omgivningen. Därför kan konsekvenserna i de andra brandfallen enkelt beräknas med hjälp av de värden som anges i tabell 3.

I avsnitt 5 sammanfattas och jämförs omgivningskonsekvenserna i de olika brandfallen.

Tabell 3.5

Dosbelastning till person i omgivningen vid brand i lågaktivt avfall, brandfall EB-2 -- konsernativa fallet

Tid efter utsläpp (h)	Avstånd (km)				
	0.5	1	5	10	
Extern hel-kroppsdos, moln (mSv)	0-1	3.0E-7	1.9E-7	8.4E-8	4.4E-8
Extern hel-kroppsdos från markbeläggning (mSv)	0-1 1-24 24-168 168-720 0-720	1.4E-7 1.5E-6 9.5E-6 3.6E-5 4.7E-5	8.8E-8 9.5E-7 5.9E-6 2.3E-5 3.0E-5	3.9E-8 4.3E-7 2.7E-6 1.0E-5 1.3E-5	2.0E-8 2.2E-7 1.4E-6 5.3E-6 6.9E-6
Inhalerad hel-kroppsdos (mSv)	0-1*	1.7E-6	1.1E-6	4.8E-7	2.5E-7
Lungdos, inhalerad (mSv)	0-1*	1.1E-4	7.0E-5	3.1E-5	1.6E-5
Viktad hel-kroppsdos inhalerad (mSv)	0-1	4.2E-5	2.6E-5	1.2E-5	6.1E-6

*) Den under 30 dagar (helkropp) respektive 1 år (lunga) erhållna dosen vid inhalation under tiden 0-1 h

3.3 Realistisk beräkning

I föregående avsnitt gjordes en konservativ uppskattning av omgivningskonsekvenserna vid en brand i en container med lågaktivt avfall. För att få en mer realistisk bedöming av konsekvenserna av dessa brandfall görs här en beräkning där aktivitetsinnehållet i det brinnande avfallet hämtas från en verklig container från Forsmarks kärnkraftverk. Minskningen i konservatism gäller enbart aktivitetsinnehållet, medan brandförflyttning och avbrända mängder förutsätts vara samma som i det konservativa fallet.

3.3.1 Nuklid och aktivitetsinnehåll

Bilaga 2 redovisar aktivitetsinnehållet i en container innehållande 24 st balar om 1 m³ med icke brännbart avfall. Den totala avfallsvikten är 7352 kg. Nuklid och aktivitetsinnehållet antas vara representativt även för brännbart avfall. Tabell 3.6 ger det totala aktivitetsinnehållet.

Tabell 3.6 Aktivitetsinnehåll i lågaktivt avfall (enligt Forsmark data) - realistiskt fall

Nuklid	T _{1/2}	MBq	Bq/cm ³
Mn-54	312.2D	2.2	0.1
Co-58	70.8D	1.3	0.05
Co-60	5.27A	60	2.5
Zn-65	243.8D	5.3	0.2
Ag-110m	249.9D	8.0	0.3

Aktivitetsinnehållet är alltså ca 100 ggr lägre än i den konservativa beräkningen.

3.3.2 Aktivitetsutsläpp

Aktivitetsfrigörelsen i fall EB-2 motsvarar innehållet i 36 kg avfall. Frigörelse av respektive nuklid ges i tabell 3.7.

Tabell 3.7 Aktivitetsutsläpp i brandfall EB-2 - realistiskt fall

Nuklid	KBq
Mn-54	11
Co-58	6.4
Co-60	294
Zn-65	26
Ag-110m	39

3.3.3 Omgivningskonsekvenser

Omgivningskonsekvenserna av brandfall EB-2 med realistiskt aktivitetsinnehåll redovisas i tabell 3.8.

Tabell 3.8

**Dosbelastning till omgivningen vid
brand i lågaktivt avfall,
brandfall EB-2 - realistiskt fall**

Tid efter utsläpp (h)	Avstånd (km)				
	0.5	1	5	10	
Extern hel-kroppsdos, m ln (mSv)	0-1	4.0E-9	2.5E-9	1.1E-9	5.8E-10
Extern hel-kroppsdos från markbeläggning (mSv)	0-1 1-24 24-168 168-720 0-720	1.9E-9 2.0E-8 1.3E-7 4.8E-7 6.3E-7	1.2E-9 1.3E-8 7.9E-8 3.0E-7 3.9E-7	5.2E-10 5.7E-9 3.5E-8 1.3E-7 1.8E-7	2.7E-10 2.9E-9 1.8E-8 6.9E-8 9.1E-8
Inhalerad hel-kroppsdos (mSv)	0-1*	2.1E-8	1.3E-8	6.1E-9	3.1E-9
Lungdos, inhalerad (mSv)	0-1*	1.5E-6	9.5E-7	4.3E-7	2.2E-7
Viktad hel-kroppsdos inhalerad (mSv)	0-1	4.9E-7	3.1E-7	1.4E-7	7.1E-8

*) Den under 30 dagar (helkropp) respektive 1 år (lunga)
erhållna dosen vid inhalation under tiden 0-1 h

4. Brand i medelaktivt avfall

4.1 Beskrivning av brandfall

Fallen med brand i medelaktivt avfall betecknas EB-5 till EB-9. De olika fallen beskrivs nedan i grova drag. En mer utförlig diskussion om respektive fall återfinns i referens 1 och 10. En sammanställning över de olika brandfallen finns i bilaga 1.

I samtliga fall antas 20% av aktiviteten i den avbrunna bitumenmängden frigöras (ref 1). Självantändning i bitumen har en försumbar sannolikhet. Brandorsaken i de olika fallen är därför en brand i terminalfordon eller travers.

Då bitumenfat upphettas blir temperaturen i massan närmast mantelytan så hög att den blir flytande och närmast plåtytan sker en viss förgasning. Den bildade gasen strömmar ut via otätheter i locket och deltar i branden med öppen låga. Vid för höga inre gastryck kan fatet deformeras och sådana fat deltar då i branden på ett mera aktivt sätt.

I fall EB-5 som sker i BMA omlastningszon eller förvarsfack antas primärorsaken vara en traversbrand. Innan tidpunkt för sprinklerutlösning kan bitumenfat teoretiskt tänkas delta i liten omfattning. Enligt referens 10 avbrännes ca 7 kg. Av de 20% av aktivitetsinnehållet som frigörs, antas 40% deponera i brandlokalen och 30% i kanalsystemet. Detta innebär att 6% av aktiviteten i den avbrända avfallsmängden frigörs till omgivningen.

I fall EB-6 är primärorsaken en brand i terminalfordon. Branden antas inträffa i BMA omlastningszon. Den avbrunna bitumenmängden uppskattas här till ca 30 kg. Då porten mot tunnelvägarna är öppen fås visst aktivitetsutsläpp denna väg. Av de 20% som frigörs från den avbrunna bitumenmängden uppskattas ca 10% deponeras i tunnelvägar, 30% i brandlokalen och 30% i kanalsystemet. Aktivitetsutsläppet blir alltså motsvarande 6% av aktiviteten i den avbrunna avfallsmängden.

Fall EB-7 är jämförbart med fall EB-5. Enda skillnaden är att brandplatsen är belägen i SILO omlastningszon, vilket innebär att aktivitetsinnehållet i bitumenmassan är högre. I SILO placeras fat med en maximal ytdosrat av 500 mSv/h, vilket kan jämföras med 30 mSv/h på fat som placeras i BMA.

Både fall EB-8 och EB-9 beskriver brand i terminalfordon. I fall EB-8 antas orsaken vara en spontan fordonsbrand där avfallstransportbehållaren (ATB) är helt slutet. Den avbrända mängden blir då mycket begränsad. I fall EB-9 antas orsaken vara fordonsbrand i samband med kollision. Locket antas därvid ha släppt i sina fästen, vilket medfört att transporterade avfallskolli blottats. Den avbrända mängden förväntas då kunna bli betydligt större än fall EB-8, 1000 kg (5 fat) jämfört med 2 kg.

I båda fallen frigörs 20% av aktiviteten i den avbrunna bitumenmassan, 30% av denna antas deponera i tunnelvägarna och 10% i kanalsystemet. Detta innebär att 12% av aktiviteten i den avbrunna massan frigörs till omgivningen.

Det fall som ger i särklass störst aktivitetsutsläpp är brandfall EB-9 där aktivitetsinnehållet i totalt 120 kg bitumenmassa antas frigöras.

Det bör dock betonas att sannolikheten för detta fall är ytterligt låg ($< 10^{-6}$ ggr/år).

4.2 Konservativ beräkning

4.2.1 Nuklidfördelning

Nuklidfördelningen hos medelaktivt avfall hämtas från referens 8, kornformiga BWR-massor, och återges i tabell 4.1. Nuklider med mindre andel än 0.1% försummas.

Tabell 4.1

Nuklidfördelning i medelaktivt avfall (Ref 8)

Nuklid	$T_{\frac{1}{2}}$	Andel %
Fe-55	2.7A	11.9
Co-60	5.27A	16.9
Ni-63	100.A	1.7
Sr-90	28.5A	1.7
Cs-134	2.06A	33.9
Cs-137	30.1A	33.9

4.2.2 Aktivitetsinnehåll

Den maximala ytdosraten hos bitumenfat som skall förvaras i BMA är 30 mSv/h, medan ytdosraten hos fat till SILO kan vara upp till 500 mSv/h. Vid korrelering av aktivitetsinnehållet med ytdosraten tas endast hänsyn till dosratsbidraget från Co-60, Cs-134 och Cs-137. Övriga nuklider ger ett försämligt dosratsbidrag. Densiteten hos bitumenfaten förutsätts vara 1.1 g/cm³. GAMDOS ger ett totalt aktivitetsinnehåll av 1.15×10^5 Bq/cm³ i fat med ytdosraten 30 mSv/h och 1.92×10^6 Bq/cm³ i fat med ytdosraten 500 mSv/h.

Fördelningen på olika nuklider framgår av tabell 4.2.

Tabell 4.2 **Aktivitetsinnehåll i medelaktivt avfall (kBq/cm³) - konservativa fallet**

Nuklid	Ytdosrat	30 mSv/h	500 mSv/h
Fe-55		13.6	228
Co-60		19.4	324
Ni-63		2.0	33
Sr-90		2.0	33
Cs-134		39.0	651
Cs-137		39.0	651

4.2.3 Aktivitetsutsläpp

Den i varje brandfall frigjorda aktivitetsmängden samt andel som når omgivningen fås från referens 1 och redovisas i tabell 4.3. Se även bilaga 1.

Tabell 4.3 **Aktivitetsutsläpp vid brand i medelaktivt avfall**

Brandfall	Avbränd mängd (kg)	Utsläppt andel (%)	Utsläppt (kg)
EB-5 (BMA)	7	6	0.42
EB-6 (BMA)	30	6	1.8
EB-7 (SILO)	7	6	0.42
EB-8 (FORDON)	2	12	0.24
EB-9 (FORDON)	1000	12	120

Det största aktivitetsutsläppet fås i fall EB-9 då transportbehållaren innehåller SILO avfall. Där blir aktivitetsutsläppet motsvarande den aktivitet som finns i 120 kg bitumen från fat med ytdosrat av 500 mSv/h. Detta innebär ett utsläpp av respektive nuklid enligt tabell 4.4.

Tabell 4.4

Aktivitetsutsläpp i brandfall EB-9 - konservativa fallet

Nuklid	Aktivitetsutsläpp GBq
Fe-55	24.87
Co-60	35.35
Ni-63	3.60
Sr-90	3.60
Cs-134	71.02
Cs-137	71.02

4.2.4 Omgivningskonsekvenser

De radiologiska omgivningskonsekvenserna av brandfall EB-9 ges i tabell 4.5. Motsvarande resultat för fall EB-8 fås genom att dividera tabellvärdena med en faktor 500. För att få resultatet för fall EB-5 till EB-7 måste man korrigera med en faktor för lägre aktivitetsinnehåll (30/500) och en annan faktor som beror av mängden utsläppt aktivitet.

Tabell 4.5

Dosbelastning till omgivningen vid brand i medelaktivt avfall, brandfall EB-9 - konservativa fallet

Tid efter utsläpp (h)	Avstånd (km)				
	0.5	1	5	10	
Extern hel-kroppsdos från oln (mSv)	0-1	1.1E-3	6.6E-4	3.0E-4	1.5E-4
Extern hel-kroppsdos från markbeläggning (mSv)	1-1 1-24 24-168 168-720 0-720	5.1E-4 5.6E-3 3.5E-2 0.13 0.17	3.2E-4 3.5E-3 2.2E-2 8.3E-2 0.11	1.5E-4 1.6E-3 1.0E-2 3.7E-2 4.9E-2	7.5E-5 8.1E-4 5.1E-3 1.9E-2 2.5E-2
Inhalerad hel-kroppsdos (mSv)	0-1*	2.5E-2	1.6E-2	7.1E-3	3.7E-3
Lungdos, inhalerad (mSv)	0-1*	0.25	0.16	7.0E-2	3.6E-2
Viktad hel-kroppsdos inhalerad (mSv)	0-1	0.16	0.10	4.5E-2	2.3E-2

* Den under 30 dagar (helkropp) respektive 1 år (lunga) erhållna dosen vid inhalation under tiden 0-1 h.

4.3 Realistisk beräkning

I föregående avsnitt gjordes en konservativ uppskattning av omgivningskonsekvenserna av en brand i medelaktivt avfall. För att få en mer realistisk bedömning av konsekvenserna av detta brandfall görs nedan en beräkning där aktivitetsinnehållet hämtas från mätningar av bitumeningjuten kornformig jonbytarmassa i Barsebäck kärnkraftverk. Minskningen i konservatism gäller enbart aktivitetsinnehållet, medan brandförflopp och avbrända mängder förutsätts vara samma som i det konservativa fallet.

4.3.1 Nuklid och aktivitetsinnehåll

Bilaga 3 ger aktivitetsinnehållet i totalt 500 kg kornformig jonbytarmassa som gjutits in i bitumen i 24 st 200-liter fat. Enligt referens 8 är förhållandet Sr-90/Cs-137 mellan 0.5 och 0.0001. Sr-90 antas här ha ett innehåll motsvarande 50% av Cs-137. I tabell 4.6 redovisas aktivitetsinnehåll per gram massa, procentuell andel och aktivitetsinnehåll per kubikcentimeter bitumeningjuten massa då aktiviteten antas jämnt fördelad på de 24 faten och homogent fördelad i faten. Ytdosraten på faten blir enligt GAM-DOS-beräkning ca 110 mSv/h. Faten placeras alltså i SILO i SFR1. Ingen hänsyn tas till den avklingning som sker innan faten transportereras och placeras i SFR1. Mellanlagringen är i flera fall åtskilliga år.

**Tabell 4.6 Aktivitetsinnehåll i medelaktivt avfall
(enligt Barsebäck data) – realistiskt fall**

Nuklid	T _½	Bq/g	%	kBq/cm ³
Mn-54	312.2D	2.7E5	8.4	28.1
Co-58	70.8D	4.4E4	1.4	4.6
Co-60	5.27A	1.8E6	56.1	187.5
Zn-65	243.8D	1.2E5	3.7	12.5
Sr-90	28.5A	2.4E5	7.5	25.0
Nb-95	35.2D	3.1E3	0.1	0.3
Ag-110m	249.9D	1.2E4	0.4	1.3
Cs-134	2.06A	2.4E5	7.5	25.0
Cs-137	30.1A	4.8E5	15.0	50.0
		3.21E6		

Aktivitetsinnehållet är ca 2 ggr lägre av Co-60 och ca 13 ggr lägre av Cs-137 jämfört med det konservativa fallet.

4.3.2 Aktivitetsutsläpp

I brandfall EB-9 frigörs aktivitet från 120 kg bitumenmassa, se tabell 4.7.

Tabell 4.7 Aktivitetsutsläpp i brandfall EB-9 - realistiskt fall

Nuklid	Aktivitetsutsläpp GBq
Mn-54	3.06
Co-58	0.50
Co-60	20.45
Zn-65	1.36
Sr-90	2.73
Nb-95	0.03
Ag-110m	0.14
Cs-134	2.73
Cs-137	5.45

4.3.3 Omgivningskonsekvenser

Omgivningskonsekvenserna av brandfall EB-9 med realistiskt aktivitetsinnehåll redovisas i tabell 4.8

Tabell 4.8

Dosbelastning till person i omgivningen vid brand i medelaktivt avfall, brandfall EB-9 - realistiskt fall

Tid efter utsläpp (h)	Avstånd (km)				
	0.5	1	5	10	
Extern hel-kroppsdos moln (mSv)	0-1	2.8E-4	1.8E-4	8.0E-5	4.1E-5
Extern hel-kroppsdos från markbeläggning (mSv)	0-1 1-24 24-168 168-720 0-720	1.3E-4 1.4E-3 9.0E-3 3.4E-2 4.5E-2	8.4E-5 9.1E-4 5.7E-3 2.2E-2 2.8E-2	3.8E-5 4.1E-4 2.5E-3 9.7E-3 1.3E-2	1.9E-5 2.1E-4 1.3E-3 5.0E-3 6.5E-3
Inhalerad hel-kroppsdos (mSv)	0-1*	2.3E-3	1.4E-3	6.4E-4	3.3E-4
Lungdos, inhalerad (mSv)	0-1*	9.9E-2	6.2E-2	2.8E-2	1.4E-2
Viktad hel-kroppsdos, inhalerad (mSv)	0-1	7.1E-2	4.5E-2	2.0E-2	1.0E-2

* Den under 30 dagar (helkropp) respektive 1 år (lunga) erhållna dosen vid inhalation under tiden 0-1 h

5. Sammanfattning

Total helkroppsdos, viktad helkroppsdos och lungdos i varje brandfall enligt de konservativa beräkningarna sammanfattas nedan för 0.5 km avstånd.

Tabell 5.1 Sammanfattning av dosbelastning till person på 0.5 km avstånd i de olika brandfallen med konservativa antaganden

Brandfall	Total helkroppsdos (mSv)	Viktad helkroppsdos inhalerad (mSv)	Lungdos (mSv)
1. Brand i lågaktivt avfall			
EB-1 Fordonsbrand ovan jord	2.5E-5	2.1E-5	5.5E-5
EB-2 Fordonsbrand i tunnel	4.9E-5	4.2E-5	1.1E-4
EB-3 Fordonsbrand i BLA omlastningszon	4.1E-5	3.5E-5	9.2E-5
EB-4 Självantändning i avfallsgods i BLA	1.2E-5	1.1E-5	2.8E-5
2. Brand i medelaktivt avfall			
EB-5 Traversbrand i BMA	4.2E-5	3.4E-5	5.3E-5
EB-6 Terminalfordonsbrand i BMA	1.8E-4	1.4E-4	2.2E-4
EB-7 Traversbrand i SILO	7.0E-4	5.6E-4	8.8E-4
EB-8 Spontanbrand i terminalfordon i tunnel	4.0E-4	3.2E-4	5.0E-4
EB-9 Terminalfordonsbrand p g a kollosion	0.20	0.16	0.25

I brandfall EB-9 fås de största konsekvenserna. Sannolikheten för detta fall kan dock sägas vara försumbar. I de övriga brandfallen blir konsekvenserna flera tiopotenser lägre.

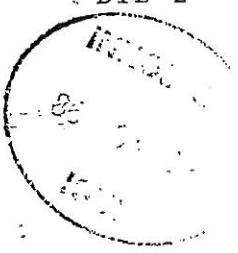
De realistiska beräkningarna av brand i lågaktivt avfall ger i storleksordningen två tiopotenser lägre värden jämfört med ovan redovisade resultat. För det medelaktiva avfallet fås i det realistiska fallet ca en faktor tre lägre värden.

Dessa siffror kan ställas i relation till den bedömnings som görs vid upprättande av FSAR för kärnkraftverken, där omgivningskonsekvenserna jämförs med den i USA tillämpade praxis enligt 10 CFR 100 Reactor Site Criteria. Vid missöden skall då helkropssdosen till befolkningen i omgivningen understiga 0.25 Sv.

6. Referenser

1. SFR-Analys av onormala driftsituationer av allvarligare karaktär ("Missödesanalys"), Vattenfall PM BVN-37/85
2. GAMDOS - a 3D program for calculation of gamma dose rates with the point kernel method, Studsvik rapport RF-75-3137 1975-11-21
3. G Löwenhielm, "RELCOM-Program som beräknar doskonsekvenserna av utsläpp vid havari", SV-RAPPORT KS-61/84
4. FSAR Forsmark 3, Rev 1 1984-07-13
5. Dosomvandlingsfaktorer för beräkning av omgivningskonsekvenser vid missöde eller havari vid kärnkraftverk, Statens Vattenfallsverk, RAPPORT KS-60/84 (1984)
6. Koncentrationsstatistik - Forsmark, Studsvik/NW-81/14 (1981)
7. SFRL-FORSMARK, Brandanalys för bergsal BLA. Överslagsberäkningar för tänkbara brandsituationer, PM BVN-57/85
8. Aktivitetsinnehåll i reaktoravfall, SKBF/KBS, SFR 81-08
9. IAEA SAFETY STANDARDS, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1985 Edition
10. SFRL-FORSMARK, Brandanalys för bergsal BMA. Överslagsberäkningar för tänkbara brandsituationer, PM BVN-63/85

BRAND- FALL	BRANDSITUATION		TYP AV AV- FALL	AVFALLS- KOLLI	AKT. ANDEL SON PRIM- GÖDZES (CA - VÄRDE)	AKTIVITETSDEPONEERING	UTSLÄPPSAN- DEL AV HZSPR. AKT. MÅNGD	ANMÄRKNING
	PRIMÄR/SEK- UNDÄR	BRANDPLATS AVFALLSBRAND						
EB-1	TRANSP FÖR- DON	DIAN JORD (GENEPELLT)	VID FORDON	LÄGAKT. SD- PÖR	CONTAINER	30 KG (FE. CONT.)	1,0 x 60 % 1,0 x 60 % ¹⁾	1) HEA MÅNGDEN TILL- FÖRES OMGINNDE LUFT
EB-2	TRANSP. FÖR- DON	TUNNELVÄGAR	VID FORDON	LÄGAKT. SD- PÖR	CONTAINER	100 KG (FE. CONT.)	0,1 x 60 % ²⁾	2) 3) HINNSCAR TILL NULL VID BRAND I TUNNELVÄNING
EB-3	FÖRDONSBRAND (T2 FÖRDON EL. TRUCK)	BLA - OMLASTN. 2 ON ELLER FÖR- VARSDOKAL	BLA - OMLASTN. 2 ON ELLER FÖR- VARSDOKAL	LÄGAKT. SD- PÖR	CONTAINER	250 KG (FE. CONT.)	0,4 x 60 % 0,1 x 60 % 0,4 x 60 % ³⁾	0,6 x 60 % = 36 %
EB-4	SJÄLVANTÄND- NING 1 AVFALLS- GÖDS	BLA - FÖRVARAS- LOKAL	BLA - FÖRVARAS- LOKAL	LÄGAKT. SD- PÖR	CONTAINER	50 KG (FE. CONT.)	0,3 x 60 % 0,4 x 60 % 0,3 x 60 % ³⁾	0,2 x 60 % = 12 %
EB-5	TERAVARSBRAND	BMA - OMLASTN. 2 ON ELLER FÖR- VARSFACK	BMA - OMLASTN. 2 ON ELLER FÖR- VARSFACK	MEDELAKT. JONB.MASSA INGJ. I BITU- MEN	PLÄTTFAT (PLÄTTKO- KILL)	7 KG 20 %	0,4 x 20 % 0,4 x 20 % ³⁾	0,3 x 20 % = 6 %
EB-6	TERMINALFÖR- DONSBRAND	BMA - OMLASTN. 2 ON	BMA - FÖRVARAS- FACK	MEDELAKT. JONB.MASSA INGJ. I BITU- MEN	PLÄTTFAT (PLÄTTKO- KILL)	30 KG 20 %	0,1 x 20 % 0,3 x 20 % ³⁾	EB-5 ≈ EB-7
EB-7	TERAVARSBRAND	SILJ - OMLASTN. 2 ON	SILJ - OMLASTN. 2 ON	MEDELAKT. JONB.MASSA INGJ. I BITU- MEN	PLÄTTFAT (PLÄTTKO- KILL)	7 KG 20 %	0,4 x 20 % 0,3 x 20 % ³⁾	EB-7 ≈ EB-5
EB-8	TERMINALFÖR- DONSBRAND - - SPONTAN BRAND	TUNNELVÄGAR ⁴⁾	ATB (HELT SLU- TEN)	MEDELAKT. JONB.MASSA INGJ. I BITU- MEN	PLÄTTFAT (PLÄTTKO- KILL) ATB	2 KG 20 %	0,1 x 20 % 0,3 x 20 % ⁵⁾	0,6 x 20 % = 12 %
EB-9	TERMINALFÖR- DONSBRAND - - FÖRULLANDE	TUNNELVÄGAR (NEDRE DELEN AV DRIFTTUNNELL)	ATB (LOCKET ÅR EJ PÅ PLATS)	MEDELAKT. JONB.MASSA INGJ. I BITU- MEN	PLÄTTFAT (PLÄTTKO- KILL) ATB	1000 KG (≈ 5 FÄR) ATB	0,1 x 20 % 0,3 x 20 % ⁵⁾	0,6 x 20 % = 12 %
								4) VISST ANTAL FAT KAN REFINNA SIG UTTAN- FÖR ATB 5) SE ANH. 2/ DCH 3)
								SFR 1 - FÖRSMARK SAMMANSTÄLLNING AV EXTREMA SPRÖDNING AV AKTIVITET INOM DICHT UTM ANLÄGGNINGEN



EJ BRÄNNBART, KOMPAKTERAT SOPAVFALL F1-F3

Container ID NR 86-4901

Sammanställning av totalt och specifikt aktivitetsinnehåll i rubr kolli av relevanta nuklider som analyserats vid mätning av 24 st balar, april-86.

Totalvikt: 7 352 kg

Nuklid	GBq totalt	GBq/kg
Mn-54	2.2E-03	3.0E-07
Co-58	1.3E-03	1.8E-07
Co-60	6.0E-02	8.1E-06
Zn-65	5.3E-03	7.2E-07
Ag-110m	8.0E-03	1.1E-06

1986-04-23

HTO

Königcuppen

ANALYSDATUM: 831214

ST. MARIAHABURG
BEG. DÆTUM:

-10. BIL 3 1(2)

ANALYS AV AVFAILLSSIAM OCH BITUMENPRODUKT

Distr: Jör Ibo Ara

NUKLID	T½ dygn	Aktivitet Bq/kgmassa	Bq/g
H-3	4563		
Cr-51	27,8		
Mn-54	312,5	2,7 + 8	2,7 + 5
Fe-59	44,6		
Co-57	270		
Co-58	71,3	4,4 + 7	4,4 + 4
Co-60	1919,9	1,8 + 9	1,8 + 6
Ni-63	36500		
Zn-65	243,8	1,2 + 8	1,2 + 5
r-90	10585		
Zr-95	65,5		
Ag-110m	250,4	1,2 + 7	1,2 + 4
n-113	115		
Sb-124	60,2		
Sb-125	985,5		
I-131	8,06		
Cs-134	748,25	6,4 + 8	6,4 + 5
Cs-136	13,7		
Cs-137	10950	4,8 + 8	4,8 + 5
Ba-140	12,8		
Ce-141	32,4		
U-238	∞		
Pu-239	8,9 · 10⁶		
D-95		3,1 + 6	3,1 + 3
Summa:		3,0 + 9	3,0 + 6

KEM-FYS DATA FÖR SLURRY

Ursprung : - Korn

TS-halt (%) :

Massavikt (kg): 500

Add Na_2SO_4 (kg): 10

Add Colleagues (kg): 10

Add (kg):

KEM-FYS DATA FÖR PRODUKT

Bitumen/torrvikt: 8,3 / 1

Dosrat mSv/h Antal fat

0, 1 : :

$$0, 1 - 1 : 16$$

1,01-10 : 8

>10 :

Fat tillhörande denna sats

4590 - 4613

SAMMANSTÄLLNING

	Denna sats	Summa året
Antal fat	(st)	24
Produktvikt	(kg)	4662
Co-60	GBq	400
Cs-137	GBq	240
Summa γ	GBq	6500
Summa γ /fat	GBq	63

TILL AB-lager

Fatlaenger

FRÅN VERKET DATUM: