

**Stråldoser vid haveri under sjötrans-
port av kärnbränsle**

**Anders Appelgren
Ulla Bergström
Lennart Devell**

AB Atomenergi 1978-01-09

STRÅLDOSER VID HAVERI UNDER
SJÖTRANSPORT AV KÄRNBRÄNSLE

Anders Appelgren

Ulla Bergström

Lennart Devell

AB Atomenergi 1978-01-09

Denna rapport utgör redovisning av ett arbete som utförts på uppdrag av KBS. Slutsatser och värderingar i rapporten är författarens och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med uppdragsgivarens.

I slutet av rapporten har bifogats en förteckning över av KBS hittills publicerade tekniska rapporter i denna serie.

STRÅLDOSER VID HAVERI UNDER SJÖTRANSPORT AV KÄRNBRÄNSLE

Anders Appelgren

Ulla Bergström

Lennart Devell

Uppdrag för KBS

1978-01-09

SUMMARY

Transport of spent fuel is performed with casks that can resist very severe accidents without leakage. Tests are performed, for specified fall heights, fire and submersion in water in accordance with the regulations of IAEA. Model- and full-scale experiments with powerful collisions in the USA have shown that the casks can resist conditions above this regulations.

However, in order to investigate the consequences of shipping accidents, a release of activity is assumed. This report presents the calculations of individual and collective doses from the two most severe postulated accidents which are given in a special accident analysis. One of the accidents is a ship collision together with fire on-board, the ship is floating after the collision and a certain quantity volatile fission products gives airborne activity. In the other case, it is a fire on-board, the ship will sink and cause a certain leakage to the sea.

The release of activity to the air gives, with given conditions, an acute individual dose of 0.3 rem and an acute collective dose between 0 and 210 manrem, depending on where the accident occurs.

In a parameter study there was found that

- cesium-isotopes dominate with nearly 100 % in the standard case. Even if the fraction of activity release for cesium is as low as for the more involatile substances, their contribution is 60 %
- if the release height increases from 2 to 20 m, the individual dose decreases with a factor of 10, while the collective dose is nearly unchanged
- with a wheather type, which is more normal, the individual dose can be about 30 times less and the collective dose about 8 times less than the standard case, calculated for the Pasquill F type of wheather.

1978-01-09

Also in an accident where the activity is released to the sea, Cs134 and Cs137 are dominating. The maximum individual annual dose through fish consumption is, with given conditions, 0.5 rem and the collective dose commitment over 30 years is 5 800 manrem.

1978-01-09

SAMMANFATTNING

Transport av använt bränsle sker med behållare som motstår mycket allvarliga haverier utan att läcka. Detta provas för specificerade fallhöjder, brand och nedsänkning i vatten i enlighet med IAEAs regler. Amerikanska modell- och fullskaleförsök med häftiga kollisioner har visat att behållarna tål belastningar utöver dessa krav.

För att undersöka konsekvenserna av transporthaverier till sjöss har emellertid hypotetiskt antagits att läckage sker. I denna rapport redovisas beräkningar av individ- och kollektivdoser vid de två allvarligaste postulerade haverier som en särskild haverianalys angivit. Det ena haveriet avser en fartygskollision i kombination med brand ombord, fartyget flyter och en viss mängd lättflyktiga klyvningsprodukter ger luftburen aktivitet. Det andra fallet avser en långvarig brand ombord, fartyget sjunker och ett visst läckage sker till havet.

Det luftburna radioaktiva utsläppet ger med givna förutsättningar 0.3 rem i akut individdos och mellan 0 och 210 manrem i akut kollektivdos, där variationen beror på var haveriet inträffar. Vid en parameterstudie befanns att

- Cesiumisotoperna dominerar med nära 100 % i grundresultatet. Även om deras frigörelseandel sättes lika låg som för mer svårflyktiga ämnen är deras bidrag 60 %
- Om utsläppshöjden ändras från 2 till 20 m så sänks individdosen med en faktor 10, medan kollektivdosen nästan förblir oförändrad
- Med ett mer normalt väder kan individdoserna bli 30 ggr mindre och kollektivdosen 8 ggr mindre

För ett haveri, där läckage av aktivitet sker till vatten har beräkningar av års- och 30-årsdos genomförts för individer och kollektiv avseende Cs-134 och Cs-137 som sannolikt skulle bidra väsentligt i totala dosbelastningen.

1978-01-09

Maximal individuell årsdos via fiskkonsumtion blir därvid med givna förutsättningar 0.5 rem och den kollektiva dosinteckningen över 30 år 5 800 manrem.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
1. INLEDNING	1
2. DOSBERÄKNING AV UTSLÄPP TILL ATMOSFÄREN	1
2.1 Inledning	1
2.2 Nuklider och utsläppsmängder	2
2.3 Övriga förutsättningar	2
2.3.1 Atmosfäriska villkor	2
2.3.2 Exponeringsvägar, dostyper och befolkningsfördelning	2
2.3.3 Utsläppshöjd, skärnings- och dosomvandlingsfaktorer m m	3
2.4 Resultat	3
3. PARAMETERSTUDIE	4
3.1 Inledning	4
3.2 Nuklider	4
3.3 Utsläppsmängder	6
3.4 Utsläppshöjd	7
3.5 Väder	7
3.6 Exponeringsvägar	8
3.7 Befolkningsfördelning	8
4. DOSBERÄKNING AV UTSLÄPP TILL HAVET	9
4.1 Inledning	9
4.2 Förutsättningar	10
4.3 Doser till individer i region	10
4.4 Doser till individer i Östersjöområdet	10
4.5 Kollektivdosinteckning	11
4.6 Doser från postulerat haveri	11
TABELLER	
Tabell 1 Aktivitetsmängder	12
Tabell 2 Utsläppsmängder	13
Tabell 3 Dosomvandlingsfaktorer	14
REFERENSER	15

1978-01-09

1. INLEDNING

Transport av använt bränsle sker med behållare som motstår mycket allvarliga haverier utan att läcka. Detta provas för specificerade fallhöjder, brand och nedsänkning i vatten i enlighet med IAEAs regler. Amerikanska modell- och fullskaleförsök med häftiga kollisioner har visat att behållarna tål belastningar utöver dessa krav.

För att undersöka konsekvenserna av transporthaverier till sjöss har emellertid hypotetiskt antagits att läckage sker. I denna rapport redovisas beräkningar av individ- och kollektivdoser vid de två allvarligaste postulerade haverier som en särskild haverianalys angivit. Det ena haveriet avser en fartygskollision i kombination med brand ombord, fartyget flyter och en viss mängd lättflyktiga klyvningsprodukter ger luftburen aktivitet. Det andra fallet avser en långvarig brand ombord, fartyget sjunker och ett visst läckage sker till havet.

Beräkningarna avser ett haveri under transport av använt bränsle från en PWR-reaktor (där bränslet lagrats under ett år) till ett centrallager (CLAB).

I haverianalysen [1] anges sannolikheter och utsläppsmängder för olika haverityper. Här beräknas stråldoser för de största angivna utsläppen dels till atmosfären dels till havet. Resultaten diskuteras med avseende på olika faktorers inverkan.

2. DOSBERÄKNING AV UTSLÄPP TILL ATMOSFÄREN

2.1 Inledning

Detta kapitel ger en kort sammanfattning av förutsättningarna för dosberäkningen vid det aktuella haveriet och en presentation, i tabellform, av resultaten. Resultaten från detta kapitel kallas i fortsättningen grundresultat. Utifrån dessa grundresultat, kommer senare (kap 3) olika faktorers inverkan att diskuteras.

1978-01-09

2.2 Nuklider och utsläppsmängder

Följande nuklider har angivits i [1]

Kr85

Cs134

Cs137

Aktivitetens mängden per ton bränsle, i [1] antagen andel i spaltutrymmet samt aktivitetens mängden i spaltutrymmet per ton bränsle för dessa nuklider anges i Tabell 1A.

Två stycken bränslebehållare, av sex, antas bli skadade vid haveriet. Detta innebär att 6.4 ton bränsle är inblandat. Skadefrekvensen har satts till 10 %. Andelen som släpps ut har satts till 100 % för gasformiga nuklider (Kr85) och 10 % för övriga (Cs134, Cs137). Detta leder till de antagna utsläppsmängderna i Tabell 2A. I tabellerna 1B och 2B har komplettering av [1] skett med ytterligare några nuklider.

2.3 Övriga förutsättningar

2.3.1 Atmosfäriska villkor

Vid grundberäkningarna har väderkategorien Pasquill F använts. Pasquill F innebär ett mycket stabilt väder och inträffar med en sannolikhet på ungefär 5 %. Med låga utsläppshöjder (< 20 m) blir denna vädertyp den farligaste av de sju pasquillklasserna, map dosens storlek. För Pasquill F gäller att stabilitetsindex är 400, temperaturgradienten 2.75 °C/100 m och vindhastigheten 2 m/s.

2.3.2 Exponeringsvägar, dos typer och befolkningsfördelning

Individdosor på 500 m avstånd och kollektivdosor i området 500 - 150 000 m anges i resultattabellerna.

Följande exponeringsvägar har betraktats

1978-01-09

- Externdos från mark under 6 timmar
- Externdos från moln
- Interndos via inhalation

Det bör understrykas att beräkningen avseende frigörelse till atmosfären gäller akuta doser. Vid beräkning av dosen via inhalation användes dosomvandlingsfaktorer för benmärg ur [5] med en full integration under 0 - 7 dagar och 50 % integration under 8 - 30 dagar.

Vid beräkning av kollektivdosen har en befolkningsfördelning med centrum 5 km SO Oxelösund använts med vindriktning mot land (bäring 350°).

2.3.3 Utsläppshöjd, skärnings- och dosomvandlingsfaktorer m m

Utsläppshöjd: 2 m

Skärningsfaktorer för externstrålning,

markdos: 0.7

molndos: 1.0

Dosomvandlingsfaktorer för inhalationsdos ges i Tabell 3A

Andningshastighet: 2.55×10^{-4} [m³/s]

Depositionshastighet: Kr85 0 [m/s]

Övriga 3×10^{-3} [m/s]

Utsläppstid: 1 timme

2.4 Resultat

Följande akuta individdoser har erhållits med förutsättningar angivna tidigare i kapitel 2

Nuklid	Individdos på 500 m avstånd [rem]
Kr85	6.0×10^{-5}
Cs134	2.2×10^{-1}
Cs137	7.5×10^{-2}
Totalt	3.0×10^{-1}

1978-01-09

Följande akuta kollektivdoser har erhållits med befolkningsfördelningen 5 km SO Oxelösund och vindriktning mot land (350°)

Nuklid	Akut kollektivdos 500 - 150 000 m [manrem]
Kr85	7.4×10^{-3}
Cs134	2.2
Cs137	7.2×10^{-1}
Totalt	2.9

I nedanstående tabell anges hur många personer som får en dos inom ett intervall. Befolkningsfördelning 5 km SO Oxelösund, vindriktning mot land (350°)

Dosintervall [rem]	Antal personer
> 0.01	0
0.01 - 0.003	1
0.003 - 0.001	1 500
0.001 - 0.0003	500
0.0003 - 0.0001	20
0.0001 - 0.00003	800

3. PARAMETERSTUDIE

3.1 Inledning

I det här kapitlet ska förutsättningarna och grundresultaten från kapitel 2 diskuteras för att läsaren ska få en uppfattning om hur olika faktorer inverkar på resultatet.

3.2 Nuklider

Haveritypen innefattar en brand som kan ge bränslet en temperatur av omkring 800°C . I första hand kan därvid spaltaktin för avståndviteten frigöras. Lättflyktiga ämnen ansamlas lättare i spalten än mer svårflyktiga. Andelen som finns i

1978-01-09

spalten är dessutom beroende på vilken temperatur bränslet haft (belastning), utbränning och halveringstid. Man vet att spaltaktiviteten av Kr85 och I129 kan nå 30 % av inventariet. För Cs134, Cs137 och H3 har antagits 1 %. Väsentligt högre värden torde vara uteslutna. För övriga ämnen har 0.01 % antagits frigöras till spalten. Cs137 och Cs134 är dominanta även om övriga nuklider frigöres i lika stor utsträckning som Cs. I kapitel 2.4 visas att Cs134 ger omkring tre gånger högre dos än Cs137. Vid lika relativ frigörelse av Cs i förhållande till övriga nuklider kan man i [10] se att Cs134 och Cs137 bidrar med ungefär 60 % av dosen. Den relativa betydelsen för de viktigaste nukliderna anges i tabellen nedan. Bränslet antages vara av PWR-typ med utbränning 33 000 MWd/ton och med 1 års avsvälningstid. Doserna avser 500 m med väder enligt Pasquill F.

Nuklid	Frigörelseandel av inventariet i skadat bränsle	Bidrag av akut dos (cirkavärde i %)
Cs134	0.01	45
Cs137	0.01	15
Sr90	0.01	17
Ru106	0.01	5
Ce144	0.01	4
H3	1	4
Nb95	0.01	3
Zr95	0.01	2
Y90	0.01	1
Y91	0.01	1
Kr85	30	1
Övriga		2

Förutsättes i stället, som i grundfallet att Cs frigöres 100 gånger lättare blir dominansen nära 100 % för Cs134 och Cs137.

1978-01-09

3.3 Utsläppsmängder

De antagna utsläppsmängderna i Tabell 2 är beräknade med formeln

$$Q^{(i)} = M \cdot S^{(i)} \cdot P_1^{(i)} \cdot P_2 \cdot P_3^{(i)} \quad [\text{Ci}]$$

där

i	anger nuklid
M	anger antal inblandade ton bränsle i haveriet = = 6.4 ton
$S^{(i)}$	anger aktivitetsinnehåll per ton bränsle för nuklid i [Ci/ton]
$P_1^{(i)}$	anger andelen av aktivitet i spaltutrymme för nuklid i [%]
P_2	anger skadefrekvens = 10 %
$P_3^{(i)}$	anger andel som frigörs av spaltaktiviteten (100 % för gaser, 10 % för övriga)

Vad händer nu med grundresultaten om P_1 ändras?

Om andelen aktivitet i spalten (P_1) för Cs134 och Cs137 sänks till 0.1 % så kommer doserna (både individdos och kollektivdos) i grundresultatet att reduceras med ungefär en faktor 10 eftersom dessa isotoper är så dominerande. Grundresultatet ändras ej om P_1 för Kr85 sänks till 10 %.

I Tabell 1 anges P_1 för vissa nuklider till 0.01 %. Antag att den andelen höjs till 0.1 %. Individdosen från de 14 nukliderna kommer då att öka från 0.29 rem till 0.31 rem, en ökning med knappt 6 %. Även kollektivdosen ökar med 6 %, från 2.9 manrem till 3.1 manrem. Ökningen beror till stor del på dosbidraget från Sr90.

En diskussion av variationer i P_2 och P_3 ligger utanför ramen av denna rapport.

1978-01-09

3.4 Utsläppshöjd

Grundberäkningarna är utförda med 2 m utsläppshöjd. Vid det här behandlade haveriet kan ej utsläppshöjder högre än 20 m förekomma. Den maximala individdosen fås med 2 m utsläppshöjd på 500 m avstånd, med 10 m utsläppshöjd på 500 m och med 20 m utsläppshöjd på avståndet 1 000 m. Om man använder sig av 10 m utsläppshöjd kommer grundresultatet att reduceras med en faktor 3 och med 20 m utsläppshöjd med en faktor 10. Förklaringen till detta är att inhalationsdosen (som är den dominerande exponeringsvägen) blir större ju lägre utsläppshöjden är.

Kollektivdosen vid grundberäkningarna angavs till 2.9 manrem. Med samma nukliduppsättning, men 10 m utsläppshöjd höjs kollektivdosen med 3.5 % till 3.0 manrem. Vid 20 m utsläppshöjd blir kollektivdosen 2.8 manrem. Eftersom kollektivdosen beskriver dosen över ett stort område så inverkar ej utsläppshöjden lika mycket som vid beräkning av individdosen.

3.5 Väder

Att indela väder i Pasquillkategorier är en ganska grov metod att klassificera olika väder men används ändå ganska flitigt på rekommendation av bl a [6]. Det finns sju stycken klasser (A - G) och vid grundberäkningarna har alltså kategori F använts. Den kategori som förekommer oftast (ca 30 - 50 %) är Pasquill C. Pasquill C innebär att följande parametrar har använts

Stabilitetsindex	25	
Temperaturgradient	-1.6	[°C/100 m]
Vindhastighet	5	[m/s]

Den maximala individdosen erhålls med båda väderlekstyperna på avståndet 500 m, men Pasquill F ger en individdos som är 30 ggr större än individdosen beräknad för Pasquill C.

1978-01-09

Vid kollektivdosberäkningen är skillnaden inte lika stor mellan de båda väderlekstyperna, men Pasquill F ger även här en klart högre dos, nämligen 8 ggr högre än vid väderkategorien Pasquill C. Detta kan förklaras med att koncentrationen av aktivitet blir högre för Pasquill F än för Pasquill C.

3.6 Exponeringsvägar

De tre exponeringsvägar som betraktats är

- A extern dos från moln
- B extern dos från mark under 6 tim
- C intern dos via inhalation

Nedanstående tabell visar fördelningen av dessa tre exponeringsvägar i tre olika fall.

Exponeringsväg	Individuos grundresultat	Individuos grundresultat men med utsläppshöjd 20 m	Individuos grundresultat men med väderkategorien Pasquill C
A	0.79	0.76	0.75
B	0.20	0.19	0.19
C	0.01	0.05	0.06

Variationerna är inte särskilt stora och den dominerande exponeringsvägen är inhalation.

3.7 Befolkningsfördelning

Vid beräkning av grundresultaten har en normal befolkningsfördelning använts, dvs inget storstadsområde men inte heller något glesbygdsområde. Befolkningsfördelningen är ändå ganska försiktigt vald. Dels antas olyckan ske nära land (5 km) och dels antas vinden blåsa mot land (bäring 350°). Om vinden blåser från land ut mot havet erhålls kollektivdosen 0 manrem, eftersom ingen befolkning finns till havs. Om vinden blåser mot Gotland får befolkningen där en akut kollektivdos på 0.003 manrem.

1978-01-09

Haveriet kan emellertid få större konsekvenser, men sannolikheterna för det är mycket små. Man kan tänka sig att olyckan inträffar i Öresund, utanför Malmö, att båten driver mot Malmö samtidigt som vinden blåser mot staden. Utsläppet antas ske 500 m från Malmö. Detta fall har tagits upp för att klargöra hur stor kollektivdosen blir i det värsta tänkbara fallet.

Kollektivdosen blir i detta fall 210 manrem. I tabellen nedan anges hur många personer som får en viss dos. (Att jämföra med motsvarande tabell i kap 2.4.)

Dosgränser (rem)	Antal personer
0.3 - 0.1	200
0.1 - 0.03	1 050
0.03 - 0.01	3 650
0.01 - 0.003	8 650
0.003 - 0.001	9 650
0.001 - 0.0003	9 100
0.0003 - 0.0001	21 500
0.0001 - 0.00003	7 600

4. DOSBERÄKNING AV UTSLÄPP TILL HAVET

4.1 Inledning

Om transportbehållarna sjunker efter ett haveri och fått skador kan visst läckage ske till havet. Det förutsättes även att bränslet skadats. Haveritypen är mycket osannolik.

I haverianalysen [1] har en bedömning av sannolikhet och utsläpp skett. Med antagandet att 1 % av Cs-inventariet i skadat bränsle är tillgängligt för läckage mot 0.01 % av övriga mindre flyktiga fissionsprodukter, torde Cs134 och Cs137 vara helt dominant dosmässigt sett. Doserna beräknas med ledning av kompartmentanalys [7].

1978-01-09

4.2 Förutsättningar

Räknebas: 1 Ci av vardera Cs134 och Cs137 under 1 år
 Recipient: region 10 km³ och sedan utspädning i hela Östersjön
 Fiskkonsumtion: 50 kg/år i regionen
 20 kg/år i hela Östersjön

Viktad helkropps-
 dos: Cs134 $6.5 \cdot 10^4$ rem/Ci [8, 9]
 Cs137 $5.4 \cdot 10^4$ rem/Ci [8, 9]

4.3 Doser till individer i region

Maximala halten i fisk blir $3 \cdot 10^{-11}$ Ci/kg för Cs134 respektive Cs137. Detta ger:

Dos första året	Cs134	$1 \cdot 10^{-4}$ rem
	Cs137	$8 \cdot 10^{-5}$ rem
Summa		$1.8 \cdot 10^{-4}$ rem
Dos över 30 år	Cs134	$1.1 \cdot 10^{-4}$ rem
	Cs137	$1.1 \cdot 10^{-4}$ rem
Summa		$2.2 \cdot 10^{-4}$ rem

4.4 Doser till individer i Östersjöområdet

Beroende på nuklidernas olika fysikaliska halveringstider varierar maximala halten i fisk.

Maximala halten i fisk blir för:

Cs134	$1 \cdot 10^{-14}$ Ci/kg
Cs137	$1.6 \cdot 10^{-14}$ Ci/kg

Maximal årsdos:

Cs134	$1.3 \cdot 10^{-8}$ rem
Cs137	$1.7 \cdot 10^{-8}$ rem
Summa	$3 \cdot 10^{-8}$ rem

1978-01-09

Dos över 30 år:

Cs134	5.4 · 10 ⁻⁸	rem
Cs137	1.9 · 10 ⁻⁷	rem
Summa	2.4 · 10 ⁻⁷	rem

4.5 Kollektivdosinteckning

Den genomsnittliga fiskkonsumtionen av 20 kg per år och individ från Östersjön medför att omkring 10⁷ personer kan exponeras. Kollektivdosen över 30 år baserat på dosen som genomsnittspersonen erhåller blir då 2.4 manrem.

Hela globaldosen blir obetydligt högre. Integration under längre tid kan högst medföra en fördubbling av kollektivdosinteckningen.

4.6 Doser från postulerat haveri

Vid ett postulerat haveri där båten sjunker och läckage av aktivitet sker till havet antas 3 600 Ci Cs134 och 2 000 Ci Cs137 frigöras enligt [1]. Detta innebär att dosbelastningen via fiskkonsumtion och utan dosbegränsande åtgärder blir

Individ i regionen

maximal årsdos	5.2 · 10 ⁻¹	rem
dos över 30 år	6.2 · 10 ⁻¹	rem

Individ i Östersjöområdet

maximal årsdos	8.1 · 10 ⁻⁵	rem
dos över 30 år	5.7 · 10 ⁻⁴	rem

Kollektivdosen för Östersjöområdet

Över 30 år	5.8 · 10 ³	manrem
------------	-----------------------	--------

1978-01-09

Tabell 1. Aktivitetsmängd per ton bränsle (PWR), andel i spaltutrymmet samt aktivitetsmängd i spaltutrymmet per ton bränsle. Bränslet lagrat i 1 år
Källor [2], [3].

	Nuklid	Aktivitetsmängd per ton bränsle [Ci/ton]	Andel i spalten [%]	Aktivitetsmängd i spalten per ton bränsle [Ci/ton]
A	Kr85	1.05×10^4	30	3.15×10^3
	Cs134	1.87×10^5	1	1.87×10^3
	Cs137	1.06×10^5	1	1.06×10^3
	Totalt del A	3.04×10^5		6.08×10^3
B	H3	6.90×10^2	1	6.90
	Sr89	6.14×10^3	0.01	6.14×10^{-1}
	Sr90	7.43×10^4	0.01	7.43
	Y90	7.43×10^4	0.01	7.43
	Y91	1.43×10^4	0.01	1.43
	Nb95	6.94×10^4	0.01	6.94
	Zr95	3.19×10^4	0.01	3.19
	Ru106	3.10×10^5	0.01	3.10×10^1
	I129	3.79×10^{-2}	30	1.14×10^{-2}
	Ce144	5.04×10^5	0.01	5.04×10^1
	Pm147	8.37×10^4	0.01	8.37
	Totalt del B	1.17×10^6		1.24×10^2
	Totalt del A + B	1.47×10^6		6.20×10^3

1978-01-09

Tabell 2. Antagna utsläppsmängder till atmosfären då 6.4 ton bränsle är inblandat i haveriet

	Nuklid	Utsläppsmängd [Ci]
Del A	Kr85	2.0×10^3
	Cs134	1.2×10^2
	Cs137	7.0×10^1
Totalt del A	A	2.19×10^3
Del B	H3	4.4
	Sr89	3.9×10^{-2}
	Sr90	4.8×10^{-1}
	Y90	4.8×10^{-1}
	Y91	9.2×10^{-2}
	Nb95	4.4×10^{-1}
	Zr95	2.0×10^{-1}
	Ru106	2.0
	I129	7.3×10^{-3}
	Ce144	3.2
	Pm147	5.4×10^{-1}
Totalt del B	B	1.19×10^1
Totalt del A + B	A + B	2.20×10^3

1978-01-09

Tabell 3. Dosomvandlingsfaktorer för dos via inhalation
Källa [5]

	Nuklid	Dosomvandlingsfaktor för akut* dos via inhalation Benmärg [Rem/Ci]
Del A	Kr85	0
	I129	1.00×10^4
	Cs134	4.95×10^3
	Cs137	3.25×10^3
	Ce144	2.35×10^2
Del B	H3	1.60×10^2
	Sr89	3.80×10^3
	Sr90	6.10×10^3
	Y90	4.70×10^2
	Y91	1.44×10^3
	Nb95	5.75×10^2
	Zr95	6.70×10^2
	Ru106	4.40×10^2
	Pm147	1.50×10^2

* 100 % integration under 0 - 7 dagar
50 % integration under 8 - 30 dagar

1978-01-09

REFERENSER

1. ERICSON A-M
Säkerhet vid hantering, lagring och transporter
av använt kärnbränsle och förglasat högaktivt
avfall.
KBS Teknisk rapport 42, 1977.
2. KJELLBERT NILS A
Källstyrkor i utbränt bränsle och högaktivt avfall
från en PWR beräknade med ORIGEN.
TPM-SM-43.
3. BRANDBERG SVEN
Transporter i kärnbränslecykeln. En risköversikt.
Sven Brandberg AB 760903.
4. KARLBERG O, SCHWARTZ H, FORSSEN B-H och
MARKLUND J-E
UNIDOSE-A universal program for calculation of
individual and collective doses.
(För publicering).
5. Calculation of reactor accident consequences,
Appendix VI to reactor safety study, WASH 1400.
US Nuclear Regulatory Commission, October 1975.
6. Safety Guide 23. Onsite meteorological programs.
7. BERGMAN R, BERGSTRÖM U, EVANS S och LAMPE S
Aktiebolaget Atomenergi.
Kompartimentmodell för omsättning av vattenburna
utsläpp i brackvattensystem.
S-549.
8. Recommendations of the international commission
on radiological protection.
London 1959.
(ICRP publ 2).
9. Recommendations of the international commission
on radiological protection.
Annals ICRP 1 (1977):3
(ICRP publ 26).
10. APPELGREN A
Stråldoser vid sabotage i ett centralt lager för
använt bränsle.
TPM-SM-81.

FÖRTECKNING ÖVER KBS TEKNISKA RAPPORTER

- 01 Källstyrkor i utbränt bränsle och högaktivt avfall från en PWR beräknade med ORIGEN
Nils Kjellbert
AB Atomenergi 77-04-05
- 02 PM angående värmeledningstal hos jordmaterial
Sven Knutsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-04-15
- 03 Deponering av högaktivt avfall i borrhål med buffertsubstans
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-05-27
- 04 Deponering av högaktivt avfall i tunnlar med buffertsubstans
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-01
- 05 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall, Rapport 1
Roland Blomqvist
AB Atomenergi 77-03-17
- 06 Groundwater movements around a repository, Phase 1, State of the art and detailed study plan
Ulf Lindblom
Hagconsult AB 77-02-28
- 07 Resteffekt studier för KBS
Del 1 Litteraturgenomgång
Del 2 Beräkningar
Kim Ekberg
Nils Kjellbert
Göran Olsson
AB Atomenergi 77-04-19
- 08 Utlakning av franskt, engelskt och kanadensiskt glas med högaktivt avfall
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 77-05-20

- 09 Diffusion of soluble materials in a fluid filling a porous medium
Hans Häggblom
AB Atomenergi 77-03-24
- 10 Translation and development of the BNWL-Geosphere Model
Bertil Grundfelt
Kemakta Konsult AB 77-02-05
- 11 Utredning rörande titans lämplighet som korrosionshärdig kapsling för kärnbränsleavfall
Sture Henriksson
AB Atomenergi 77-04-18
- 12 Bedömning av egenskaper och funktion hos betong i samband med slutlig förvaring av kärnbränsleavfall i berg
Sven G Bergström
Göran Fagerlund
Lars Rombén
Cement- och Betonginstitutet 77-06-22
- 13 Urlakning av använt kärnbränsle (bestrålad uranoxid) vid direktdeponering
Ragnar Gelin
AB Atomenergi 77-06-08
- 14 Influence of cementation on the deformation properties of bentonite/quartz buffer substance
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-20
- 15 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall
Rapport 2
Roland Blomquist
AB Atomenergi 77-05-17
- 16 Översikt av utländska riskanalyser samt planer och projekt rörande slutförvaring
Åke Hultgren
AB Atomenergi augusti 1977
- 17 The gravity field in Fennoscandia and postglacial crustal movements
Arne Bjerhammar
Stockholm augusti 1977
- 18 Rörelser och instabilitet i den svenska berggrunden
Nils-Axel Mörner
Stockholms Universitet augusti 1977
- 19 Studier av neotektonisk aktivitet i mellersta och norra Sverige, flygbildsgenomgång och geofysisk tolkning av recenta förkastningar
Robert Lagerbäck
Herbert Henkel
Sveriges Geologiska Undersökning september 1977

- 20 Tektonisk analys av södra Sverige, Vättern - Norra Skåne
Kennert Röshoff
Erik Lagerlund
Lunds Universitet och Högskolan Luleå september 1977
- 21 Earthquakes of Sweden 1891 - 1957, 1963 - 1972
Ota Kulhánek
Rutger Wahlström
Uppsala Universitet september 1977
- 22 The influence of rock movement on the stress/strain
situation in tunnels or bore holes with radioactive con-
sistors embedded in a bentonite/quartz buffer mass
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22
- 23 Water uptake in a bentonite buffer mass
A model study
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22
- 24 Beräkning av utlakning av vissa fissionsprodukter och akti-
nider från en cylinder av franskt glas
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 1977-07-27
- 25 Blekinge kustgnejs, Geologi och hydrogeologi
Ingemar Larsson KTH
Tom Lundgren SGI
Ulf Wiklander SGU
Stockholm, augusti 1977
- 26 Bedömning av risken för fördröjt brott i titan
Kjell Pettersson
AB Atomenergi 1977-08-25
- 27 A short review of the formation, stability and cementing
properties of natural zeolites
Arvid Jacobsson
Högskolan i Luleå 1977-10-03
- 28 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av bentonit/pitesilt
Sven Knutsson
Högskolan i Luleå 1977-09-20
- 29 Deformationer i sprickigt berg
Ove Stephansson
Högskolan i Luleå 1977-09-28
- 30 Retardation of escaping nuclides from a final depository
Ivars Neretnieks
Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm 1977-09-14
- 31 Bedömning av korrosionsbeständigheten hos material avsedda
för kapsling av kärnbränsleavfall. Lägesrapport 1977-09-27
samt kompletterande yttranden.
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp

- 32 Long term mineralogical properties of bentonite/quartz
buffer substance
Preliminär rapport november 1977
Slutrapport februari 1978
Roland Pusch
Arvid Jacobsson
Högskolan i Luleå
- 33 Required physical and mechanical properties of buffer masses
Roland Pusch
Högskolan Luleå 1977-10-19
- 34 Tillverkning av bly-titan kapsel
Folke Sandelin AB
VBB
ASEA-Kabel
Institutet för metallforskning
Stockholm november 1977
- 35 Project for the handling and storage of vitrified high-level
waste
Saint Gobain Techniques Nouvelles October, 1977
- 36 Sammansättning av grundvatten på större djup i granitisk
berggrund
Jan Rennerfelt
Orrje & Co, Stockholm 1977-11-07
- 37 Hantering av buffertmaterial av bentonit och kvarts
Hans Fagerström, VBB
Björn Lundahl, Stabilator
Stockholm oktober 1977
- 38 Utformning av bergrumsanläggningar
Arne Finné, KBS
Alf Engelbrektson, VBB
Stockholm december 1977
- 39 Konstruktionsstudier, direktdeponering
ASEA-ATOM
VBB
Västerås
- 40 Ekologisk transport och stråldoser från grundvattenburna
radioaktiva ämnen
Ronny Bergman
Ulla Bergström
Sverker Evans
AB Atomenergi
- 41 Säkerhet och strålskydd inom kärnkraftområdet.
Lagar, normer och bedömningsgrunder
Christina Gyllander
Siegfried F Johnson
Stig Rolandson
AB Atomenergi och ASEA-ATOM

- 42 Säkerhet vid hantering, lagring och transport av använt kärnbränsle och förglasat högaktivt avfall
Ann Margret Ericsson
Kemakta november 1977
- 43 Transport av radioaktiva ämnen med grundvatten från ett bergförvar
Bertil Grundfelt
Kemakta november 1977
- 44 Beständighet hos borsilikatglas
Tibor Lakatos
Glasteknisk Utveckling AB
- 45 Beräkning av temperaturer i ett envånings slutförvar i berg för förglasat radioaktivt avfall Rapport 3
Roland Blomquist
AB Atomenergi 1977-10-19
- 46 Temperaturberäkningar för använt bränsle
Taivo Tarandi
VBB
- 47 Teoretiska studier av grundvattenrörelser
Preliminär rapport oktober 1977
Slutrapport februari 1978
Lars Y Nilsson
John Stokes
Roger Thunvik
Inst för kulturteknik KTH
- 48 The mechanical properties of the rocks in Stripa, Kråkemåla, Finnsjön and Blekinge
Graham Swan
Högskolan i Luleå 1977-09-14
- 49 Bergspänningsmätningar i Stripa gruva
Hans Carlsson
Högskolan i Luleå 1977-08-29
- 50 Lakningsförsök med högaktivt franskt glas i Studsvik
Göran Blomqvist
AB Atomenergi november 1977
- 51 Seismotectonic risk modelling for nuclear waste disposal in the Swedish bedrock
F Ringdal
H Gjöystdal
E S Hysebye
Royal Norwegian Council for scientific and industrial research
- 52 Calculations of nuclide migration in rock and porous media, penetrated by water
H Häggblom
AB Atomenergi 1977-09-14

- 53 Mätning av diffusionshastighet för silver i lera-sand-blandning
Bert Allard
Heino Kipatsi
Chalmers tekniska högskola 1977-10-15
- 54 Groundwater movements around a repository
- 54:01 Geological and geotechnical conditions
Håkan Stille
Anthony Burgess
Ulf E Lindblom
Hagconsult AB september 1977
- 54:02 Thermal analyses
Part 1 Conduction heat transfer
Part 2 Advective heat transfer
Joe L Ratigan
Hagconsult AB september 1977
- 54:03 Regional groundwater flow analyses
Part 1 Initial conditions
Part 2 Long term residual conditions
Anthony Burgess
Hagconsult AB oktober 1977
- 54:04 Rock mechanics analyses
Joe L Ratigan
Hagconsult AB september 1977
- 54:05 Repository domain groundwater flow analyses
Part 1 Permeability perturbations
Part 2 Inflow to repository
Part 3 Thermally induced flow
Joe L Ratigan
Anthony S Burgess
Edward L Skiba
Robin Charlwood
- 54:06 Final report
Ulf Lindblom et al
Hagconsult AB oktober 1977
- 55 Sorption av långlivade radionuklider i lera och berg
Del 1 Bestämning av fördelningskoefficienter
Del 2 Litteraturgenomgång
Bert Allard
Heino Kipatsi
Jan Rydberg
Chalmers tekniska högskola 1977-10-10
- 56 Radiolys av utfyllnadsmaterial
Bert Allard
Heino Kipatsi
Jan Rydberg
Chalmers tekniska högskola 1977-10-15

- 57 Stråldoser vid haveri under sjötransport av kärnbränsle
Anders Appelgren
Ulla Bergström
Lennart Devell
AB Atomenergi
- 58 Strålrisker och högsta tillåtliga stråldoser för människan
Gunnar Walinder
FOA 4 november 1977
- 59 Tectonic lineaments in the Baltic from Gävle to Simrishamn
Tom Flodén
Stockholms Universitet 1977-12-15