

---

# **KBS** TEKNISK RAPPORT

---

**41**

## **Säkerhet och strålskydd inom kärnkraftområdet. Lagar, normer och bedömningsgrunder**

Christina Gyllander  
Siegfried F Johnson  
Stig Rolandson

AB Atomenergi och ASEA-ATOM  
1977-10-13

SÄKERHET OCH STRÅLSKYDD INOM KÄRNKRAFT-  
OMRÅDET. LAGAR, NORMER OCH BEDÖMNINGS-  
GRUNDER

Cristina Gyllander

Siegried F Johnson

Stig Rolandson

AB Atomenergi och ASEA-ATOM 1977-10-13

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.

SÄKERHET OCH STRÅLSKYDD INOM KÄRNKRAFTOMRÅDET

LAGAR, NORMER OCH BEDÖMNINGSGRUNDER

Ch Gyllander, S F Johnson, S Rolandson  
AB Atomenergi och ASEA-ATOM

Objekt P11.09

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

1977-10-13

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		Sid
1.	SAMMANFATTNING	1
	1.1 Allmänt	1
	1.2 Lagar och föreskrifter	2
	1.3 Internationella rekommendationer	3
	1.4 Svenska strålskyddsnormer och kriterier	4
	1.5 Konstruktionsnormer	5
	1.6 Bedömningsgrunder avseende slutförvaring	6
2.	LAGAR OCH FÖRESKRIFTER, SAFEGUARD, KRITICITETSSÄKERHET, TRANSPORT OCH FYSISKT SKYDD AVSEENDE UTBRÄNT BRÄNSLE	8
	2.1 Allmänt	8
	2.2 Laginnehåll	9
	2.2.1 Atomenergilagen	9
	2.2.2 Villkorslagen	9
	2.2.3 Beredskapslagen	10
	2.2.4 Atomansvarighetslagen	10
	2.2.5 Arbetarskyddslagen	11
	2.2.6 Byggnadslagen	11
	2.2.7 Vattenlagen	12
	2.2.8 Strålskyddslagen	12
	2.2.9 Miljöskyddslagen	13
	2.3 Övriga normer och bestämmelser	13
	2.3.1 Safeguards	13
	2.3.2 Kriticitetssäkerhet	15
	2.3.3 Transport	15
	2.3.4 Fysiskt skydd	18
	2.4 Referenser	18
3.	INTERNATIONELLA OCH NATIONELLA NORMER AVSEENDE BEGRÄNSNING AV STRÅLDOSER TILL OMGIVNINGEN	22
	3.1 Allmänt	22

1977-10-13

3.2	Internationella rekommendationer	22
3.2.1	Allmänna riktlinjer	22
3.2.2	Dos-effekt-samband- "viktad helkroppsdos"	23
3.2.3	Dosinteckning	26
3.2.4	Individdos	26
3.2.5	Kollektivdos	27
3.2.6	Statistiska skador	28
3.3	Svenska normer och kriterier	29
3.3.1	Referensvärden	29
3.3.2	Begreppet "kritisk grupp"	30
3.3.3	Utsläpps- och dos- beräkningar	31
3.3.4	Övriga bestämmelser	31
3.4	Internationella tillämpningar avseende normer och kriterier	31
3.4.1	Norden	31
3.4.2	Övriga länder	32
3.5	Storheter och enheter för stråldos	35
3.5.1	Aktivitet	35
3.5.2	Absorberad dos D	35
3.5.3	Dosekvivalent H	35
3.5.4	Dosinteckning ("dose commitment") $D_c$	36
3.5.5	Dosekvivalentsin- teckning $H_c$	36
3.5.6	Kollektivdos S	37
3.5.6	Kollektivdosinteck- ning $S_c$	37
3.5.8	Högsta dosvärde D	37
3.5.9	Detriment G	38
3.6	Referenser	39

1977-10-13

4.	EN INVENTERING AV KONSTRUKTIONSSTYRANDE NORMER FÖR FÖRVARING AV UTBRÄNT BRÄNSLE OCH RADIOAKTIVT AVFALL	40
4.1	Allmänt	40
4.2	Normer i USA	42
4.2.1	Lagringsanläggningar för utbränt bränsle inom en kärnkraft- anläggning	42
4.2.2	Lagringsanläggningar för radioaktivt ma- terial lokaliserade vid en upparbeitungs- anläggning	43
4.2.3	Lagringsanläggningar för utbränt bränsle som är fristående från andra anlägg- ningar	43
4.3	Normer i Västtyskland	44
4.3.1	Lagring av använt bränsle i en kärn- kraftanläggning	43
4.4	Norminnehåll	44
4.4.1	ANSI N210 - 1976 "Design Objectives for Light Water Reac- tor Spent Fuel Stor- age Facilities at Nuclear Power Stations"	44
4.4.2	10 CFR 50 Appendix A - General Design Cri- teria for Nuclear Power Stations	47
4.4.3	10 CFR 50 Appendix B - Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing Plants	47
4.4.4	10 CFR 100 Reactor Site Criteria	48
4.4.5	Regulatory Guide 1.13 rev 1 (dec 1975) - Spent Fuel Storage Facility Design Basis	48

1977-10-13

4.4.6	Regulatory Guide 1.25 "Assumptions Used for Evaluating the Potent- ial Radiological Con- sequences of a Fuel Handling Accident in the Fuel Handling and Storage Facility for Boiling and Pressuri- zed Water Reactors"	48
4.4.7	Regulatory Guide 1.27 "Ultimate Heat Sink for Nuclear Power Plants" (Jan 1976)	48
4.4.8	ANSI N305 - 1975 "Design Objectives for Highly Radio- active Solid Material Handling and Storage Facilities in a Re- processing Plant"	49
4.4.9	10 CFR 50 Appendix P - General Design Cri- teria for Fuel Repro- cessing Plants (draft)	52
4.4.10	10 CFR 50 Appendix Q - Design Criteria for the Protection of Fuel Reprocessing Plants and the Lincensed Ma- terial therin (draft)	53
4.4.11	Regulatory Guide 3.24 Guidance on the License Application, Siting, Design and Plant Protection for an Independent Spent Fuel Storage Installation	53
4.4.12	DIN 25 428 Lager- becken für Brenn- elementbündel von wassergekühlten Leistungsreaktoren	55

Bilaga

#### SUMMARY

This report gives a short presentation of the most important conventions, laws, standards and regulations which govern safeguards, criticality safety, transport and physical protection of spent fuel at the back-end of the fuel cycle. New international recommendations - ICRP No 26 - have been published regarding radiological protection. National standards for release limitation are issued by the National Radiation Protection Institute and these have been accepted by the Swedish Government. A joint statement has been published by the Nordic radiation protection institutes.

In this report a summary is given of recommendations and standards as well as basic principles for the system of dose limitations. New radiological units and concepts are defined. Codes and standards concerning the design of storage facilities for spent reactor fuel and highly radioactive wastes exist in the USA and West Germany.

American codes and standards and a regulatory guide related to the design of intermediate storage facilities of spent fuel and radioactive wastes are listed, and their application to Swedish conditions is discussed. In a similar way a description and a brief evaluation are given for a West German DIN-norm concerning the design of storage basins for spent fuel.

A brief survey is also given of the current work in the United States concerning codes and standards covering other activities of the later parts of the fuel cycle.



1977-10-13

## 1. SAMMANFATTNING

### 1.1 Allmänt

För kärnkraftteknisk verksamhet tillämpas generellt sett mycket rigorösa säkerhetsregler, vilket medför att kärnkraftens hälso- och miljöpåverkan ligger på en betryggande låg nivå. Grunden för detta resultat har varit dels det omfattande kriterie- och normarbete för att skapa säkra konstruktioner som utvecklats främst i USA och som i stor utsträckning tillämpas i de flesta länder, bl a Sverige, dels de stränga strålskyddsrekommendationer för personal och omkringboende som den Internationella strålskyddskommissionen (ICRP) utfärdar och vars principer blivit allmänt accepterade.

Även andra organs arbete, t ex Världshälsoorganisationen (WHO) och den Internationella atomenergikommissionen (IAEA) samt nationella myndigheter har på olika sätt bidragit till att det fredliga utnyttjandet av kärnkraften sker på ett säkert och miljövänligt sätt.

Skadeståndsansvaret på atomenergins område regleras i de flesta västeuropeiska länder av Pariskonventionen.

Pariskonventionen och tilläggskonventionen till denna kompletteras av Brysselkonventionen som reglerar skadeståndsansvaret vid sjötransport av bl a kärnbränsle.

Nukleär verksamhet i Skandinavien kommer dessutom att rätta sig efter Nordiska Miljöskyddskonventionen. Konventionen har av Sverige ratificerats 1976.

Dumpning av avfall inklusive radioaktivt avfall i havet regleras av Londonkonventionen. För Sveriges del har riksdagen förbjudit detta.

1977-10-13

## 1.2 Lagar och föreskrifter

I Sverige och andra länder regleras kärnteknisk verksamhet av flera olika och kompletterande lagar som avser att ge säkerhet och skydd för personal och omkringboende samt miljön i övrigt. Den centrala lagen inom kärnkraftområdet är i Sverige atomenergilagen som bl a anger att tillstånd krävs av regeringen eller av regeringen utsedd myndighet för uppförande och drift av kärnkraftverk eller anläggning för bearbetning av kärnbränsle.

Tillsynsmyndighet enligt atomenergilagen är Statens Kärnkraftinspektion, som bl a handhar granskning av kärntekniska anläggningars säkerhet och utformningen av olika säkerhetssystem. Safeguard och tillståndsfrågor rörande transporter av radioaktivt material behandlas också av inspektionen.

Strålskyddslagen innehåller bestämmelser för verksamhet med bl a radioaktiva ämnen. Tillstånd för sådan verksamhet krävs från tillsynsmyndigheten, Statens Strålskyddsinstitut.

Därvid anvisas också de villkor och föreskrifter som skall gälla. Frågor rörande strålskydd i såväl arbetsmiljö som omgivande miljö behandlas av institutet som ger föreskrifter om bland annat

- högsta tillåtna stråldoser för personal i radiologiskt arbete samt mätning och redovisning av detta
- högsta tillåtna utsläpp av radioaktiva ämnen och hur dessa skall mätas och redovisas
- omgivningskontroll med provtagning och analys av olika typer av prover samt direkta mätningar

Andra lagar, som berör vissa delar av kärnteknisk verksamhet, är

- miljöskyddslagen
- arbetarskyddslagen
- byggnadslagen
- beredskapslagen
- atomansvarighetslagen

1977-10-13

### 1.3 Internationella rekommendationer

Internationella organisationer såsom ICRP, IAEA, NEA och WHO är eniga avseende följande grundläggande principer:

- Ingen verksamhet, som medför stråldos, skall accepteras förrän den kan visas innebära större fördelar än nackdelar ur samhällets synpunkt.
- Verksamheten måste vara försvarbar med hänsyn till strålriskerna.
- Alla stråldoser skall hållas så låga som kan anses rimligt med hänsyn till ekonomiska och samhälleliga överväganden.
- Ingen individ skall erhålla stråldoser, som överskrider av ICRP rekommenderade dosgränser, vare sig nu eller i framtiden.

Den senaste uppdaterade utgåvan av ICRPs rekommendationer [1] utkom 1977 och intentionerna i denna och tidigare relevanta publikationer har legat till grund för arbetet i projektet.

Rekommendationerna avseende högsta tillåtna stråldos har inte ändrats. Således gäller fortfarande följande dosgränser:

- Dos till personal i radiologiskt arbete  
5 rem (50 mSv) per år
- Dos till individer i den kritiska gruppen  
0.5 rem (5 mSv) per år

Begreppet "viktad helkroppsdos" har införts. Syftet härmed är att risken skall vara densamma, om hela kroppen bestrålas eller något speciellt organ.

Begreppet "dosinteckning" ("dose commitment") har införts. Med dosbeteckning avses tidsintegralen över oändlig tid av den resulterande medeldosraten i en given grupp eller befolkning.

Begreppet kollektivdos avser summan av alla individers doser inom en viss befolkning. Syftet med att begränsa kollektiv-

1977-10-13

dosen är att begränsa den framtida medeldosen - och därmed antalet skadefall - vid en tidpunkt, då antalet reaktorer kan beräknas vara avsevärt större.

ICRPs rekommendationer omfattar ej gränsvärden avseende kollektivdosen.

#### 1.4 Svenska strålskyddsnormer och kriterier

Nya föreskrifter avseende utsläpp av radioaktiva ämnen från kärnkraftverk har nyligen fastställts av regeringen efter förslag från Statens strålskyddsinstitut. De kommer att tillämpas från 1981 med övergångsbestämmelser till dess.

Föreskrifterna gäller förhållandena under normal drift.

#### Referensvärden

- Dos till kritisk grupp  
Summan av de viktade organdoserna bör underskrida  
10 mrem (0.1 mSv) per år
- Kollektivdos  
Den globala viktade kollektivdosin-  
teckningen bör underskrida  
0.5 manrem (0.005 mansievert) per år och MW<sub>e</sub>  
installerad effekt

Dessa bestämmelser innebär en väsentlig skärpning i förhållande till tidigare.

Om dessa krav uppfylls är direkta akuta skador helt uteslutna. I själva verket är marginalen till direkt hälso-  
påverkan flera tiopotenser.

Kraven syftar allmänt till att begränsa risken för sena effekter (såväl somatiska som genetiska) avseende såväl närboende som större befolkningsgrupper till ytterst låga värden. Gränsvärdet 10 mrem (0.1 mSv) per år utgör en förhöjning av vår naturliga strålmiljö med mindre än 10 %.

1977-10-13

Till strålskyddsmyndigheten skall redovisas beräkningar avseende utsläppstakt och nuklidsammansättning, spridning samt doser för varje nuklid av betydelse.

Bestämmelser finns vidare intagna avseende:

- Förhöjda utsläpp
- Kontroll och rapportering
- Omgivningsundersökningar
- Övergångsbestämmelser

#### 1.5 Konstruktionsnormer

Denna inventering av konstruktionsstyrande normer för förvaring av utbränt bränsle och radioaktivt avfall visar att sådana normer för närvarande finns i USA och även i Västtyskland.

De normer och guider som finns i USA gäller temporär förvaring av använt bränsle och högaktivt avfall. Vissa av dessa normkrav bedöms som tillämpbara för ett svenskt centrallager andra icke. Till de senare hör sådana krav som härrör från att avfallslagret är beläget inom en reaktorstation eller inom en uppberedningsanläggning. I vissa stycken, såsom fysiskt skydd, hänvisar normerna till specifika amerikanska förhållanden. Det dokument som äger den största tillämpbarheten för ett svenskt centrallager för använt kärnbränsle och aktivt avfall är NRC Regulatory Guide 3.24 "Guidance on the License Application, Siting, Design and Plant Protection for an Independent Spent Fuel Storage Installation". Enligt indikationer från NRC väntas dock en väsentligt reviderad utgåva av denna guide inom överskådlig tid.

För övriga aktiviteter som ingår i kärnbränslecykelns senare del, inklusive slutförvaring av högaktivt avfall, pågår för närvarande ett brett upplagt normarbete hos den amerikanska tillståndsmyndigheten NRC. Detta arbete beräknas vara avslutat i början av 80-talet.

1977-10-13

I Västtyskland finns en DIN-norm som gäller förvaring av kärnbränsle inom en reaktoranläggning. Tillämpbarheten av denna norm för ett svenskt centrallager är begränsad.

#### 1.6 Bedömningsgrunder avseende slutförvaring

Särskilda regler för andra kärntekniska anläggningar än kärnkraftverk t ex centralt lager för använt bränsle, mellanlager för högaktivt avfall eller inkapslat använt bränsle, finns inte utarbetat i Sverige ännu.

För skyddsåtgärder och vid bedömningen av säkerhet och miljöfrågor avseende anläggningar och processer för hantering av använt bränsle och avfall torde emellertid de huvudprinciper kunna tillämpas som etablerats för kärnkraftverken men med de modifieringar som behövs med anledning av karaktären på anläggningar och processer. Transporter av använt bränsle eller förglasat högaktivt avfall, lagring och bearbetning av sådant material är således verksamheter för vilka de allmänna skyddsprinciperna redan etablerats.

Säkerhetskriterier för slutlig förvaring har däremot inte fastställts ännu men i olika länder och i internationell samverkan pågår arbete inom detta område.

För slutlig förvaring av långlivat radioaktivt avfall tillkommer kravet att tillse att miljöbelastningen på lång sikt inte blir oacceptabel.

För slutförvaret måste således särskilt beaktas ICRPs regel att ingen individ vare sig nu eller i framtiden skall erhålla stråldoser som överstiger de av ICRP rekommenderade dosgränserna. För närvarande gäller därvid 500 mrem (5 mSV) per år. På basis av cost-benefitöväväganden har nationella bestämmelser utfärdats för kärnkraftverken om storleksordningen 10 - 50 mrem (0.1 - 0.5 mSV) per år för närboende. Ett annat skäl för begränsning har varit de additiva effekter som kan uppstå från ett stort antal kärnkraftverk vilket inte är

1977-10-13

aktuellt för enstaka slutförvar. En spridning av radioaktiva ämnen från ett slutförvar skall alltså för all framtid högst ge 500 mrem (5 mSv) per år till närboende. Därutöver skall gälla den vanliga regeln om att rimliga åtgärder skall vidtagas som minskar utsläpp och dosbelastningar. Detta blir en senare optimeringsfråga och avvägning mellan insatserna för ytterligare inkapsling och eventuell inbesparad dosbelastning.

För att på lång sikt skydda stora befolkningsgrupper mot genetiska effekter bör även en regel om begränsning av kollektivdoser tillämpas, som motsvarar den som nu gäller för kärnkraftverken.

Sverige och de övriga nordiska länderna har här gått i spetsen för en regel för kärnkraften som anger en dosbegränsning per effektenhet, nämligen 1 manrem (0.01 mansievert)/MWe år. Enbart för kärnkraftverken har regeringen på förslag från strålskyddsinstitutet fastlagt 0.5 manrem (0.005 mansievert)/MWe år, vilket innebär en marginal om 0.5 manrem (0.005 mansievert)/MWe år för övriga delar av bränslecykeln inklusive slutförvaret. Hänsyn skall tas till alla dosbelastningar under hela kärnkraftepoken, vanligen summerad över 500 år. Bakom valet av nivån i manrem/MWe år ligger antagandet om en genomsnittlig global elkonsumtion av 10 kW per person som vida överskrider även i-ländernas nuvarande konsumtion och sannolikt innebär att en stor säkerhetsmarginal införts.

För extremt långlivade radioaktiva ämnen bör gälla att dosraterna skall förbli låga i förhållande till vad vi har i den naturliga strålmiljön.

1977-10-13

2. LAGAR OCH FÖRESKRIFTER FÖR SAFEGUARD, KRITICITETSSÄKERHET, TRANSPORT OCH FYSKISKT SKYDD AV UTBRÄNT BRÄNSLE

2.1 Allmänt

Lagar och bestämmelser som reglerar bränsletillverkning, byggande och drift av kärnkraftverk i Sverige gäller även för hantering och transport av utbränt bränsle samt transport av radioaktivt avfall till slutlig deponering.

De två viktigaste lagarna är Atomenergilagen (1), Villkorslagen (2) och Strålskyddslagen (3), men även Miljöskyddslagen (4), Arbetarskyddslagen (5), en del av Byggnadslagen (6) och en del av Vattenlagen (7) måste beaktas. Beredskapslagen (8) och Atomansvarighetslagen (9) reglerar åtgärder och skadeståndsansvar vid olyckor. Central förvaltningsmyndighet enligt Atomenergi- och Atomansvarighetslagen är Statens Kärnkraftinspektion (SKI) och enligt Strålskyddslagen, Statens Strålskyddsinstitut (SSI).

Atomansvarighetslagen trädde i kraft samtidigt med Sveriges ratificering av Pariskonventionen (10). Pariskonventionen reglerar skadeståndsansvaret på atomenergins område för de flesta västeuropeiska länder. Pariskonventionen och tilläggskonventionen till denna (11) kompletteras av Brysselkonventionen som reglerar skadeståndsansvaret vid sjötransport av atomsubstans (12).

Nukleär verksamhet i Skandinavien kommer dessutom att rätta sig efter Nordiska Miljöskyddskonventionen (13). Konventionen har av Sverige ratificerats 1976.

Dumpning av avfall inklusive radioaktivt avfall i havet regleras av Londonkonventionen (14). Konventionen har ratificerats av Sverige.

Lagen om förbud mot dumpning av avfall i vatten (SFS. 1971: 1154) förbjuder utförsel ur Sverige av avfall som är avsett att dumpas i det fria havet.



1977-10-13

2.2 Laginnehåll2.2.1 Atomenergilagen

Atomenergilagen, (1) som är den centrala lagen inom kärnkraftsområdet, säger att

- tillstånd av regeringen eller av regeringen utsedd myndighet krävs för den som vill förvärva, inneha, överlåta, bearbeta eller på annat sätt ta befattning med bränsle för utvinning av atomenergi
- tillstånd av regeringen eller av regeringen utsedd myndighet krävs för den som vill uppföra, inneha eller driva atomreaktor eller anläggning för bearbetning av atombränsle
- tillstånd av regeringen eller av regeringen utsedd myndighet krävs för den som vill föra atombränsle och viss utrustning för bearbetning, användning eller framställning av atombränsle ut ur landet
- dessa tillstånd kan tidsbegränsas och villkor kan uppställas i samband med tillståndet liksom senare under tillståndets giltighetstid
- en av regeringen utsedd tillsynsmyndighet (SKI) efter regeringens bemyndigande kan uppställa sådana villkor
- tillsynsmyndigheten har att övervaka efterlevnaden av lagen samt uppställda villkor.

2.2.2 Lag om särskilt tillstånd att tillföra kärnreaktor kärnbränsle mm (Villkorlagen)

Lagen (2) innebär att frågor om hanteringen av använt kärnbränsle och högaktivt avfall skall vara lösta innan en reaktor får tas i drift. Lagen är tillämplig på reaktor för vilken tillstånd har meddelats enligt atomenergilagen och som inte har tillförts kärnbränsle före den 8 oktober 1976.

Särskilt tillstånd meddelas av regeringen. Sådant tillstånd får meddelas endast om reaktorinnehavaren har företett avtal som på ett betryggande sätt tillgodoser behovet av uppabet-

1977-10-13

ningen av använt kärnbränsle och har visat hur och var en helt säker slutlig förvaring av det vid uppbearbetningen erhållna högaktiva avfallet kan ske. Om använt kärnbränsle inte avses bli upparbetat krävs för tillstånd att reaktorinnehavaren har visat hur och var en helt säker slutlig förvaring av det kan ske.

### 2.2.3 Beredskapslagen

Denna lag (8) behandlar de skyddsåtgärder som skall vidtagas för att minska konsekvenserna vid olycka i atomanläggning.

Det åläggs respektive Länsstyrelse att upprätta en organisationsplan som syftar till att skydda allmänheten och att vidta åtgärder, t ex evakuering av befolkning, skydd av djur och livsmedel samt inskränkning av nyttjandet av mark, vatten, naturprodukter och egendom. De planerade åtgärderna skall vidtagas så snart det finns anledning att misstänka radioaktivitetsutsläpp innebärande fara för allmänheten.

I en förordning (av 1973-06-05) krävs att en speciell beredskapsnämnd (Beredskapsnämnden mot atomskador, BNA) skall finnas. Den är organisatoriskt knuten till Statens Strålskyddsinstitut (SSI) och i den ingår representanter för SKI och SSI samt ett antal experter inom andra berörda områden. Till SSI skall rapporteras när en olycka i en kärnkraftanläggning skett för att SSI med bistånd av en s k "akutgrupp" inom beredskapsnämnden skall kunna bistå länsstyrelsen och anläggningens organisation med sin sakkunskap. SSI har också regeringens uppdrag att ge Länsstyrelsen råd och anvisningar om hur beredskapsplanerna skall utformas. Härvid är BNA rådgivande organ till SSI.

### 2.2.4 Atomansvarighetslagen

Denna lag (9) reglerar ansvarigheten och ersättningsfrågor för skada som uppstått vid atomolycka. Anläggningsinnehavaren ersätter oavsett vållande skador till följd av olycka i atomenergianläggning upp till 50 miljoner kronor. Täcker

1977-10-13

ej detta skadan ersätter staten resterande belopp. Vid transport av atomsubstans eller radioaktivt avfall övergår ansvarigheten vid eventuell olycka till mottagaren vid övertagandet om annan tidpunkt ej skriftligen avtalats.

Innehavaren av atomanläggning i Sverige skall vara försäkrad för att täcka sin ansvarighet för atomskada.

#### 2.2.5 Arbetarskyddslagen

Arbetarskyddslagen (5) ger grund för föreskrifter rörande arbetarskydd. Tillsynsmyndighet är Arbetarskyddsstyrelsen (ASS) som genom Yrkesinspektioner utför tillsynsarbetet på plats. ASS utfärdar normer och anvisningar för produkter och arbeten (t ex montage). Speciellt viktiga för kärnkraftanläggningar är de normer och anvisningar som rör tryck-kärl och lyftanordningar.

#### 2.2.6 Byggnadslagen

Byggnadslagen (6) ger med sina §§ 81 och 82 en Länsstyrelse möjligheter att reglera bebyggelsen i närheten av kärnkraftverk. SKI och SSI ger som säkerhetsmyndigheter generella riktlinjer för planeringen av zonen 2 - 10 km runt kärnkraftanläggningen. Inom zonen mindre än 2 km får nybyggnad företas endast efter särskilt tillstånd från Länsstyrelsen. SKI har förordat stor restriktivitet vid denna dispensgivning.

Vid lokalisering av en kärnkraftanläggning till en ny plats är byggnadslagens § 136a tillämplig. Den paragrafen ger att prövningen skall ske vid nyanläggning av en viss angiven industriell verksamhet, däribland kärnkraftanläggningar, som är av väsentlig betydelse för hushållningen med energi eller med landets samlade mark- och vattentillgångar. Prövningen göres av Bostadsdepartementet.

Den kommun som är berörd måste tillstyrka industrietableringen för att den skall få komma till stånd. Koncessionsnämnden för miljöskydd meddelar de villkor och föreskrifter som skall gälla.

1977-10-13

### 2.2.7 Vattenlagen

I vattenlagen (7) är det speciellt 2:a kapitlet om byggande i vatten som blir aktuellt för vattenkylda kärnkraftverk.

Byggande i vatten som leder till intrång eller skada på annans egendom eller näringsfång får inte ske utan tillstånd från vattendomstol, som reglerar frågor om ersättning för sådan skada eller sådant intrång. I vissa fall måste tillstånd sökas hos regeringen.

Frågor rörande utsläpp av radioaktiva ämnen till vatten handlägges fr o m 1969-05-29 (SFS 337) ej av Vattendomstolen utan av SSI.

### 2.2.8 Strålskyddslagen

Strålskyddlagen (3) innehåller bestämmelser för verksamhet där joniserande strålning förekommer. Tillstånd för sådan verksamhet krävs av tillsynsmyndigheten SSI. Vid tillståndsgivning ger SSI också de villkor och föreskrifter som skall gälla. Dessa kan ändras om behovet så påkallar.

Då tillstånd ges enligt atomenergilagen fordras inte särskilt tillstånd enligt strålskyddslagen. SSI granskar och godkänner dock anläggningen ur strålskyddssynpunkt samt meddelar de föreskrifter som erfordras med hänsyn till kontinuerlig övervakning av strålmiljö i och omkring anläggningen under normal drift.

SSI svarar för strålskyddsmässiga aspekter på avfallshandlingen inklusive frågor om omgivningsskydd och lämnar föreskrifter för hantering och omhändertagande av radioaktivt avfall.

SSI utövar tillsyn att givna föreskrifter efterlevs.

1977-10-13

### 2.2.9 Miljöskyddslagen

Denna lag (4) är tillämplig då

- utsläpp av avloppsvatten sker
- fara föreligger för föroreningar av vattendrag, sjöar och hav
- fara föreligger för störning på omgivningen genom luftförorening, bullerskakning, ljus etc

Tillstånd enligt miljöskyddslagen lämnas av Koncessionsnämnden för miljöskydd.

För nukleära anläggningar är denna lag tillämplig då det gäller sådan störningsverkan på omgivningen som inte har särskilt med den nukleära driften att göra, t ex ickeradioaktiva utsläpp, buller och andra störningar i miljön.

Tillsynsmyndighet är Statens Naturvårdsverk (SNV).

### 2.3 Övriga normer och bestämmelser

Vid hantering av utbränt bränsle fram till avfallsdeponering måste, som vid all nukleär verksamhet, följande beaktas:

- Safeguardsbestämmelser
- Kriticitetssäkerhet
- Transportbestämmelser för farligt gods
- Fysiskt skydd

#### 2.3.1 Safeguards

Sverige har den 9 januari 1970 ratificerat NPT-fördraget om icke-spridning av kärnvapen (15). Därmed hade Sverige i princip underkastat hela sitt innehav av nukleärt material internationell kontroll (Safeguards). Men nukleärt material kan i praktiken inte ställas under IAEAs kontroll förrän ett kontrollavtal har slutits mellan den ratificierande staten och IAEA.

1977-10-13

Ett sådant kontrollavtal (16) har i april 1975 slutits mellan IAEA och Sverige och har trätt i kraft den 14 april 1975.

Detta avtal har efterträtt det s k trepartsavtalet från 1972 mellan IAEA, USA och Sverige enligt vilket IAEA övertog kontrollen av enbart USA-material, som tidigare utövats av USA. Kontrollavtalet har utarbetats efter ett modellavtal (17) från IAEA.

Till ett kontrollavtal hör tre dokument, som bildar underlag till avtalet (36).

- 1) "Agreement", överenskommelse mellan IAEA och berörda landet enligt vilken landet underkastar sig av IAEA under vissa principvillkor (modellavtal /14/) utövad safeguards-kontroll.
- 2) "Subsidiary Arrangement" är en detaljerad överenskommelse om tillämpningen av "Agreement".
- 3) "Facility Attachment" är en för varje enskild anläggning (facility) gällande anläggningsbeskrivning, Design Information, så detaljerad som anses nödvändigt för kontrollens praktiska genomförande.

Sverige liksom varje land under IAEAs kontroll, har delats in i s k MBA (Material Balance Area), så valda att nukleärt material, som ankommer till eller lämnar området, kan kontrolleras och bokföras.

Varje MBA rapporterar omgående till Statens Kärnkraftinspektion (SKI) varje överföring till eller från sitt MBA. SKI har i myndighetsinstruktionen SFS 1974:427 ålagts ansvaret för utformningen av safeguards-kontrollen i Sverige. SKI representerar Sverige gentemot IAEA och är bl a skyldig att i förväg rapportera till IAEA internationella överföringar av större kvantiteter nukleärt material. Utöver rapportering av överföringar sker periodiska redovisningar av det totala innehavet från alla MBA till SKI och från SKI till IAEA.

IAEA gör frekventa inspektioner av alla MBA.

1977-10-13

Safeguards-kontrollen får upphöra när det nukleära materialet har övergått till avfall som rimligtvis inte kan återvinnas.

### 2.3.2 Kriticitetssäkerhet

Allmänt gäller att anordningar för hantering av klyvbart material redovisas för kontrollmyndigheten (SKI) som efter granskning kan lämna tillstånd för verksamheten ifråga.

Bestämmelserna för transport av radioaktivt material (20-23, 26) innehåller föreskrifter för utformning av emballage och det klyvbara innehållets mängd och beskaffenhet. Dessa föreskrifter, som bygger på IAEAs rekommendationer (18) för transport av klyvbart material, innehåller inga normer för de beräkningar av kriticitetssäkerheten, som krävs för att kunna uppfylla de ställda kraven.

Att korrekt fastställa de villkor som måste uppfyllas för att uppnå kriticitetssäkerhet är i regel mycket komplicerat och därför kan inte ens en mycket kortfattad redogörelse för principer och åtgärder, som skall vidtagas för att förebygga kriticitet i bränslecykelns tekniska processer och vid transporter, lämnas på det begränsade utrymme, som strå till buds i denna redogörelse.

### 2.3.3 Transport

Sedan 1959 har ett intimt internationellt samarbete bedrivits i IAEAs regi för att utforma rekommendationer till medlemsländerna beträffande de krav, som skall ställas på utformningen av emballage och på själva transporten av allt radioaktivt material. Dessa transportregler har getts ut i IAEAs Safety Series som nr 6, första gången 1961. Sedan dess har denna rekommendation reviderats tre gånger, senast 1973 (18).

Målsättningen vid arbetet med transportreglerna har varit att ställa så höga krav på emballagens beskaffenhet, speciellt på emballage för utbränt bränsle och högaktivt avfall,

1977-10-13

att även efter svåra transportolyckor, den utläckande radioaktiviteten inte skall kunna förorsaka högre stråldoser för omgivningen än de av ICRP rekommenderade (19).

Ett emballage för utbränt reaktorbränsle och högaktivt avfall måste vara ett s k Typ-B-emballage. Ett sådant emballage skall bli klara följande prov utan att läckage av betydelse uppstår

- a) fritt fall från 9 m mot ett specificerat hårt underlag och därefter
- b) brand i 30 minuter vid 800°C
- c) nedsänkning i vatten till minst 15 meters djup i 8 timmar.

IAEAs transportregler har accepterats av nästan alla medlemsstater och av internationella organisationer, som sysslar med transporter. I stater, som har lagfäst transportbestämmelser för farligt gods, bildar IAEAs regler grundstommen i bestämmelserna om radioaktivt material.

Vid transport av radioaktivt material och annat farligt gods till, inom och från Sverige gäller följande bestämmelser:

#### Järnvägstransporter

Vid internationella transporter av farligt gods tillämpas de s k RID-bestämmelserna (20).

I Sverige regleras järnvägstransporter generellt av Järnvägstrafikstadgan (24) och av Kungörelsen om internationell järnvägstransport (25) som för transport av farligt gods kompletteras med SJs Föreskrifter om transport av farligt gods (26) och som i sin tur bygger på RID-bestämmelserna.



1977-10-13

### Flygtransport

Internationella flygtransporter av farligt gods sker enligt bestämmelser i Restricted Articles Regulations (RAR) utgivna av IATA (21). I Sverige gäller i första hand Luftfartslagen (27) tillsammans med två kungörelser (28, 29). Som bestämmelser för farligt gods även vid inrikesflyg tillämpas IATAs bestämmelser (RAR) i sin helhet (30).

### Sjötransport

IMDG-koden utgiven av IMCO (22) måste tillämpas både vid internationella som nationella transporter av farligt gods. Denna kod har av Sjöfartsverket kungjorts gälla i sin helhet även för svenska fartyg (31). Sjöfartsverkets kungörelse kompletterar Lagen om säkerheten på fartyg (32) samt en kungörelse (33) med tillämpningsföreskrifter till ovan nämnda lag.

### Vägtransport

Vid transport av farligt gods till och från Sverige skall enligt kungörelse (34) ADR bestämmelserna (23) tillämpas. Vid transport inom Sverige gäller för närvarande endast de generella anvisningarna i Lagen om inrikes vägtransport (35). Under 1978 väntas de detaljerade ADR bestämmelserna träda i kraft även för inrikestransporter.

De svenska behöriga tillsynsmyndigheterna SKI och SSI tillämpar under tiden IAEAs transportregler (18).

Enligt dessa bestämmelser kräver transporter av utbränt bränsle från kärnkraftverk till upparbetningsanläggning samt av avfall därifrån till slutlig deponering godkända emballage och transporttillstånd.

För att få ett tillstånd av behöriga myndigheter, måste emballagets konstruktör i detalj redogöra för emballagets konstruktion och tilltänkta innehåll samt visa att alla krav i bestämmelserna uppfyllts.

1977-10-13

### 2.3.4 Fysiskt skydd

SKI har utfärdat bestämmelser för fysiskt skydd av atomanläggningar och för transport av visst nukleärt material. Dessa föreskrifter är för närvarande hemligstämplade och i stor utsträckning preliminära. Syftet med bestämmelserna är att förhindra sabotage och försvåra terroristaktioner mot atomanläggningar. Detta innebär bl a att bevakningen har skärpts, och antalet personer som får beträda strategiskt viktiga delar av anläggningarna har reducerats kraftigt.

Den svagaste punkten i hela bränslecykeln där sabotage mot nukleärt material kan utföras eller själva materialet bortföras är transporten. De hittills utfärdade bestämmelserna för fysiskt skydd av nukleärt material under transport i Sverige bygger huvudsakligen på täta och goda kommunikationer mellan fordonet och avsändaren eller mottagaren. Härigenom kan transportens färdväg följas och motåtgärder snabbt sättas in vid avvikelser från den i förväg fastställda färdplanen.

## 2.4 Referenser

### 2.4.1 Svenska lagar som reglerar nukleär verksamhet

1. Lag om rätt att utvinna atomenergi mm (atomenergilag) SFS 1956:306 + ändringar samt instruktion för Statens Kärnkraftinspektion.
2. Lag om särskilt tillstånd att tillföra kärnreaktor kärnbränsle mm (villkorslag) SFS 1977:140.
3. Strålskyddslag SFS 1958:110 + ändringar samt instruktion för Statens Strålskyddsinstitut.
4. Miljöskyddslag SFS 1969:387 + ändringar samt instruktion för Koncessionsnämnden för Miljöskydd.
5. Arbetarskyddslag SFS 1949:1 + ändringar samt instruktioner för Arbetarskyddsstyrelsen.
6. Byggnadslag SFS 1947:385 + ändringar.
7. Vattenlag 2:a kap, SFS 1964:110.

1977-10-13

8. Lag om skyddsåtgärder vid olyckor i atomanläggningar mm (beredskapslag) SFS 1960:331 + ändringar.
9. Atomansvarighetslag SFS 1968:45 + ändringar.

#### 2.4.2 Internationella konventioner, som Sverige har -----ratificerat eller undertecknat-----

10. Convention on Third Part Liability in the Field on Nuclear Energy (Pariskonventionen) 1960.
11. Convention Supplementary to the Paris Convention on Third Part Liability of Nuclear Energy, 1963.
12. Convention Relating to Civil Liability in the Field of Maritime Carriage of Nuclear Material (Brüsselkonventionen) 1971.
13. Nordisk miljöskyddskonvention 1974.
14. Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and other Matter (Londonkonventionen) 1972.
15. Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT, icke-spridningsfördraget) 1968.

#### 2.4.3 Safeguardsbestämmelser

16. Safeguardsavtal mellan IAEA och Sverige av den 14 april 1975.
17. IAEA, INFCRIC/153.  
The Structure and Content of Agreements between the Agency and States Required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons.

#### 2.4.4 Internationella rekommendationer

18. IAEA Safety Series No 6, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials, 1973 Revised Edition.
19. The International Commission on Radiological Protection (ICRP Publications) Pergamon Press.

1977-10-13

2.4.5      Internationella bestämmelser för transport av  
            farligt gods

---

20.   RID    Reglément international concernat le transport  
          des marchandises dangereuses par chemins de fer.  
          (Internationella bestämmelser angående befordran  
          av farligt gods på järnväg.)  
          Bilaga I till CIM (Internationellt fördrag an-  
          gående godsbefordran på järnväg).
21.   RAR    Restricted Artickles Regulations, utgiven av IATA  
          (International Air Transport Association).
22.   IMDG  International Maritime Dangerous Goods Code,  
          utgiven av IMCO (Inter-governmental Maritime  
          Consultative Organization).
23.   ADR    Accord européen relatif au transport international  
          des marchandises dangereuses par route (Europeisk  
          överenskommelse om internationell transport av  
          farligt gods på väg).

2.4.6      Svenska lagar och bestämmelser för transport av  
            farligt gods

---

24.           Kungl Majts järnvägstrafikstadga SFS 1966:202.
25.           Kungl Majts kungörelse om internationell järn-  
          vågstransport SFS 1974:478.
26.           Föreskrifter om transport av farligt gods (Gtff)  
          Statens Järnvägars författningar SJF 621, Utgåva 2.
27.           Luftfartslag SFS 1957:297.
28.           Luftfartskungörelse SFS 1961:558.
29.           Kungl Majts kungörelse angående trafikregler för  
          luftfarten, SFS 1961:563.
30.           Bestämmelser för civil luftfart. Driftbestämmel-  
          ser D 1.8. Luftfartsverket.
31.           Sjöfartsverket, kungörelse 1970:A10 om transport  
          av farligt gods.
32.           Lag om säkerhet på fartyg. SFS 1965:719.
33.           Kungl Majts kungörelse SFS 1965:908 med tillämp-  
          ningsföreskrifter till Lag om säkerheten på  
          fartyg.
34.           Kungl Majts kungörelse om internationell väg-  
          transport av farligt gods. SFS 1974:35.
35.           Lag om inrikes vägtransport SFS 1974:610.

1977-10-13

2.4.7 Övrigt

36. Safeguards, internationell kontroll av nukleärt material. S Hagsgård, Reaktorn nr 3, oktober 1973, årgång 17.
37. Kärnkraftinspektionens och Strålskyddsinstitutets uppgifter som myndigheter inom kärnkraftområdet. 1977-03-16.

1977-10-13

### 3. INTERNATIONELLA OCH NATIONELLA NORMER AVSEENDE BEGRÄNSNING AV STRÅLDOSER TILL OMGIVNINGEN

#### 3.1 Allmänt

Inom ramen för detta projekt har en genomgång gjorts med hänsyn till nuläget avseende normer och kriterier gällande följande anläggningar inom bränslecykeln:

- Kapslingsanläggningar
- Centrallager för aktivt avfall (CLAB)
- Anläggningar för slutförvar

Resultatet av denna inventering är i korthet följande:

- Nya internationella normer föreligger - ICRP No 26. Svenska normer har utarbetats av Statens strålskyddsinstitut och godkänts av regeringen.  
  
Dessa normer omfattar emellertid endast kärnkraftverken. För närvarande gäller för Sverige ett referensvärde avseende dosen till kritisk grupp av 10 mrem/år (0.1 mSv/år), för kollektivdosen 0.5 manrem/MW<sub>e</sub>år (0.005 mansievert/år). Motsvarande normer har ännu ej definierats avseende andra kärntekniska anläggningar.

Storheter och enheter för stråldos har med utgångspunkt från ICRP 26 och SSI FS 1977:2, sammanställts under punkt 3.5.

#### 3.2 Internationella rekommendationer

[1]

##### 3.2.1 Allmänna riktlinjer

Internationella organisationer såsom ICRP, IAEA, NEA och WHO är eniga avseende följande grundläggande principer:

- Ingen verksamhet, som medför stråldos, skall accepteras förrän den kan visas innebära större fördelar än nackdelar ur samhällets synpunkt.
- Verksamheten måste vara försvarbar med hänsyn till strålriskerna.

1977-10-13

- Alla stråldoser skall hållas så låga som kan anses rimligt med hänsyn till ekonomiska och samhälleliga överväganden.
- Ingen individ skall erhålla stråldoser, som över-  
skrider av ICRP rekommenderade dosgränser, vare sig nu eller i framtiden.

ICRPs rekommendationer avser att begränsa somatiska effekter hos individen, ärftliga effekter i de närmaste generationerna och ärftliga och somatiska effekter inom befolkningen som helhet. Det är därför nödvändigt att ta hänsyn till expositionen av både individer och befolkning.

Rekommendationerna avseende högsta tillåtna stråldos har inte ändrats. Således gäller fortfarande följande dosgränser:

- Dos till personal i radiologiskt arbete 5 rem (50 mSv) per år
- Dos till individer i den kritiska gruppen 0.5 rem (5 mSv) per år

UNSCEAR [2] [3] har definierat en referensfördelning avseende yrkesdosen (helkroppsexponering), så att genomsnittsdosen är 0.5 rem och fördelningen log-normal med 0.1 % av personalen i radiologiskt arbete över dosgränsen 5 rem per år. Vidare introducerar UNSCEAR en faktor  $F^*$  som den del av kollektivdosen, som erhålles från årsdoser över 1.5 rem. För att åstadkomma en normalisering definierar UNSCEAR även en dimensionslös storhet  $G$  såsom förhållandet mellan den observerade fördelningen och referensfördelningen. Ett högt  $G$ -värde är en indikation på att en liten del av personalen erhåller relativt höga doser.

### 3.2.2 Dos-effekt-samband - "viktad helkroppsdos"

Med beteckningen dos avses i det följande dosekvivalent.

Ett av de grundläggande antagandena bakom ICRPs rekommendationer är, att ett lineärt samband - utan tröskevärde - gäller mellan dos och sannolikheten för en effekt inom det intervall avseende strålningsexposition som förekommer i radiologiskt arbete.

1977-10-13

En enkel summation av doser, som erhålls av en vävnad eller ett organ som ett mått på den totala risken samt beräkning av kollektivdosen som ett index på totalt "detriment" i befolkningen baseras på detta antagande.

Lineär extrapolation från frekvensen av effekter observerade vid höga doser torde innebära ansättningen av en övre gräns avseende risken.

I tidigare rekommendationer har ICRP använt begreppet "kritiskt organ", och dosgränsen för individen bestämdes av dosgränsen för detta organ. Antagandet beträffande kritiskt organ tillåter emellertid inte summation av detriment i enlighet med den relativa känsligheten hos bestrålade vävnader. ICRP rekommenderar därför i stället en procedur, som tar hänsyn till den totala risken till följd av exposition av alla vävnader.

Sålunda har begreppet "viktad helkroppsdos" införts. Syftet därmed är att risken skall vara densamma, om hela kroppen bestrålas eller något speciellt organ.

Detta villkor uppfylls om

$$\sum_T w_T H_T \leq H_{wb,L}$$

där

$w_T$  är en viktningsfaktor, som representerar proportionen mellan den stokastiska risken avseende vävnad (T) och den totala risken, när hela kroppen bestrålas

$H_T$  = årsdosen i vävnad (T)

$H_{wb,L}$  = rekommenderad årsdosgräns för likformig bestrålning av hela kroppen, dvs 5 rem (50 mSv).



1977-10-13

Värdet av viktningsfaktorn  $w_T$ , som rekommenderas av ICRP, framgår nedan:

Vävnad	Viktningsfaktorn $w_T$
Gonader	0.25
Bröst	0.15
Röd benmärg	0.12
Lungvävnad	0.12
Sköldkörtel	0.03
Benvävnad (enbart endosteum)	0.03
5 därnäst högst bestrålade organ	0.30/5

Värdet  $w_T = 0.06$  är tillämpligt på vart och ett av resterande fem organ eller vävnader som får den högsta dosen. Vid beräkningen skall magtarmkanalen räknas som fyra organ: magsäcken, tunntarmen samt övre och nedre grovtarmen. Viktningsfaktorerna gäller oavsett ålder och kön och motsvarar således en genomsnittsrisk.

Inga organ utöver de elva som anvisas i tabellen behöver medräknas.

I praktiska tillämpningar är det emellertid vanligen tillräckligt att använda de två gränsvärden, som avser extern exposition respektive maximalt årligt intag ("Annual Limits of Intake", "ALI").

Vid beräkning av dosen till individer i befolkningen från intag måste hänsyn även tas till differenser i organstorlek och metaboliska egenskaper hos barn. Data beträffande sådana differenser återfinns i rapporten beträffande "The Reference Man" [4].

1977-10-31

### 3.2.3 Dosinteckning

Begreppet "dosinteckning" eller "dose commitment" har införts. Med dosinteckning avses tidsintegralen över oändlig tid av den resulterande medeldosraten i en given grupp eller befolkning. Målsättningen är, att man skall kunna säkerställa, att alla dosgränser, inklusive begränsningen av den globala stråldosen per capita, skall kunna respekteras även i framtiden. Man bör därför tillämpa gränsvärdena på de årliga dosinteckningarna i stället för på de faktiska årliga stråldoserna.

### 3.2.4 Individdos

Basantaganden, som lagts till grund för tidigare rekommendationer, är fortfarande giltiga. Således gäller fortfarande följande dosgränser:

- Dos till personal i radiologiskt arbete 5 rem (50 mSv)/år
- Dos till individer i den kritiska gruppen 0.5 rem (5 mSv)/år

Om ett arbete varje år medför en personaldos av 5 rem (50 mSv), föreligger emellertid en ur strålningshygienisk synpunkt icke acceptabel situation.

På samma sätt gäller, att 0.5 rem (5 mSv) till personer i omgivningen är att betrakta som ett randvillkor och endast kan accepteras under enstaka år. Den högsta dos, som bör ges till personer i den kritiska gruppen under en följd av år, uppgår till endast 100 mrem (1 mSv) per år.

Ej heller tillämpas längre dosgränsen 5 rem (50 mSv) per 30 år med avseende på genetiska effekter.

Samhället uppvisar icke samma fördelning och fördelar och risker över den totala populationen, och dosgränsen är en garanti för att inte någon person blir exponerad för en icke tillåtlig stråldos.

1977-10-13

Nationella och regionala myndigheter kontrollerar att ingen källa eller verksamhet bidrar på ett icke försvarbart sätt till den totala expositionen, och att ingen individ erhåller en icke tillåtlig dos genom att han tillhör ett antal kritiska grupper.

Situationer kan uppstå under normal drift, då det kan bli nödvändigt att tillåta några få personer att ta doser utöver rekommenderade värden. Under sådana förhållanden kan externexponering eller intag tillåtas under förutsättning att dosekvivalentinteckningen ej överskrider två årsdoser vid ett enstaka tillfälle eller 5 årsdoser under livstiden.

### 3.2.5 Kollektivdos

Begreppet "kollektivdos" avser summan av alla individers doser inom en viss befolkning. Syftet med att begränsa kollektivdosen är att begränsa den framtida medeldosen - och därmed antalet skadefall - vid en tidpunkt, då antalet reaktorer kan beräknas vara avsevärt större.

Det är ofta icke nödvändigt att ta hänsyn till låga dosvärden, under förutsättning att en uppskattning av en övre gräns visar, att ett sådant bidrag icke skulle innebära någon signifikant ökning av den totala integralen.

Enligt definitionen av "detriment" är skadan proportionell mot värdet av kollektivdosen. Giltigheten av denna relation mellan detriment och kollektivdos är beroende av giltigheten hos antagandet om linearitet - utan tröskelvärde - mellan risk och dos. ICRP har framhållit, att detta är ett försiktigt antagande, och att tillförlitligheten därav ännu ej har bevisats.

Om tillämpning, som medför optimering av kollektivdosen, skulle förorsaka, att gränsvärdet för individen överskrides, är det nödvändigt att fixera kollektivdosen på en sådan nivå, att den individuella dosgränsen respekteras.

1977-10-13

ICRPs rekommendationer omfattar ej gränsvärden avseende kollektivdosen. I stället framhålls, att varje bidrag till befolkningsdosen måste vara försvarbart genom de fördelar eller den nytta som kan vinnas, och att dosgränser för individer inom befolkningen baseras på den totala dos som erhålles genom summation av bidragen från samtliga strålkällor, med angivna undantag (medicinsk behandling och naturlig strålning).

### 3.2.6 Statistiska skador

Riskfaktorerna för olika vävnader har baserats på uppskattad sannolikhet avseende inducerande av maligna förändringar med dödlig utgång eller genetiska defekter. ICRP anger följande riskfaktorer för olika organ:

Gonader	$0.4 \cdot 10^{-4} \text{ rem}^{-1}$	$(40 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1})$
Bröst	$0.25 \cdot 10^{-4} \text{ rem}^{-1}$	$(25 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1})$
För benmärg (leukemi)	$0.2 \cdot 10^{-4} \text{ rem}^{-1}$	$(20 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1})$
Lunga	$0.2 \cdot 10^{-4} \text{ rem}^{-1}$	$(20 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1})$
Sköldkörtel	$0.05 \cdot 10^{-4} \text{ rem}^{-1}$	$(5 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1})$
Benvävnad	$0.05 \cdot 10^{-4} \text{ rem}^{-1}$	$(5 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1})$
Övrig cancer	$0.5 \cdot 10^{-4} \text{ rem}^{-1}$	$(50 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1})$
<hr/>		
Total riskfaktor	$1.65 \cdot 10^{-4} \text{ rem}^{-1}$	$(165 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1})$

Mortalitetsrisken avseende strålningsinducerad cancer vid likformig helkroppsbestrålning sålunda ca  $1 \cdot 10^{-4} \text{ rem}^{-1}$   $(100 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1})$

Den totala skadan i populationen till följd av en given exposition anses vara ca två gånger risken i det två första generationerna.

ICRP förbereder för närvarande en rapport beträffande skadeindex ("Index of Harm").

1977-10-13

### 3.3 Svenska normer och kriterier

Dessa nya föreskrifter avseende utsläpp av radioaktiva ämnen från kärnkraftverk har nyligen fastställts av regeringen efter förslag från Statens strålskyddsinstitut [5]. De kommer att tillämpas från 1981 med övergångsbestämmelser till dess.

Föreskrifterna gäller förhållandena under normal drift.

Beträffande storheter och enheter för stråldos, se under pkt 3.5 som är en kort sammanfattning av definitioner upptagna i ICRP 26 och SSI FS 1977:2.

#### 3.3.1 Referensvärden

-	<u>Dos till kritisk grupp</u> Summan av de viktade organ- doserna bör underskrida	<u>10 mrem (0.1 mSv)/år</u>
-	<u>Kollektivdos</u> Den globala viktade kollek- tivdosinteckningen bör under- skrida	<u>0.5 manrem (0.005 man- sievert)/år och MW<sub>e</sub> installerad effekt</u>

För mycket långlivade radioaktiva ämnen har Strålskyddsinsti-  
tutet följt förslag från de nordiska strålskyddsinstitut  
att tillämpa en integrationstid av 500 år för beräkning av  
dosinteckningen.

Angivet referensvärde avseende dosen till individer skall  
gälla den kritiska gruppen och avse summan av dosbidragen  
från samtliga utsläpp av radioaktiva ämnen, såväl till luft  
som vatten.

Angivet referensvärde avseende kollektivdosen skall gälla  
hela jordens befolkning, däremot ej stråldoser till personal  
i radiologiskt arbete eller dosbidrag från andra delar av  
bränslecykeln.

1977-10-13

Med hänsyn till att det är den totala stråldosen över en följd av år, som är av betydelse ur risksynpunkt, kan Strålskyddsinstitutet, om särskilda omständigheter föreligger, ge dispens för fortsatt drift även om årsutsläppet skulle bli högre, varvid dock ICRPs dosgränser för icke yrkes-exponerade individer innebär en övre gräns.

Utsläpp av radioaktiva ämnen kan ske under en begränsad del av året i en högre takt, under förutsättning att utsläppet sker på sätt och under tid som i förväg godkänts av Strålskyddsinstitutet. Beräkningen av det sannolika sambandet mellan utsläpp och stråldos kommer därvid att göras med hänsyn tagen till säsongsmässiga förhållanden.

### 3.3.2 Begreppet "kritisk grupp"

Den kritiska gruppen skall vara representativ för de individer i befolkningen, som förväntas erhålla den största dosen, och ICRP anser det rimligt att tillämpa dosgränsen för individer i befolkningen på den viktade medeldosen till denna grupp.

Enligt föreskrifterna skall stråldoserna per utsläppt enhetsmängd av olika radioaktiva nuklider beräknas för den grupp av personer, som för varje nuklid bildar en kritisk grupp. Olika nuklider kan ha olika kritiska grupper. För de förekommande utsläppen, vilka utgörs av en blandning av olika radioaktiva ämnen, beräknas varje ämnes dosbidrag i den grupp av personer som utgör den kritiska gruppen för just det ämnet. Summan av dessa dosbidrag är sannolikt påtagligt större än dosen till den av de olika grupperna som i verkligheten får den högsta stråldosen.

Genom att begränsa den totala dosen inför man därför oftast en extra säkerhet. Den kritiska gruppen behöver för övrigt inte nödvändigtvis vara en existerande grupp.

1977-10-13

3.3.3 Utsläpps- och dosberäkningar

För varje aggregat skall till Statens strålskyddsinstitut redovisas:

- Utsläppstakt och nuklidsammansättning
- Spridning och transport
- Dosbidrag från varje nuklid av betydelse:
  - Dos till kritisk grupp
  - Global kollektivdosinteckning

För långlivade nuklider integreras dosen över 500 år.

3.3.4 Övriga bestämmelser

Bestämmelser finns intagna avseende:

- Förhöjda utsläpp
- Kontroll och rapportering
- Omgivningsundersökningar
- Övergångsbestämmelser

Fram till den 31 december 1980 gäller vissa övergångsbestämmelser: Utsläppsgränserna baseras på att ej någon organdos skall uppgå till mer än 50 mrem (0.5 mSv) per år från luftburna respektive vattenburna utsläpp.

Om nuklidsammansättningen är sådan att sköldkörtel eller lungor bestrålas och övriga organ får mycket små stråldoser, fastställs utsläppsgränser motsvarande dosen 150 mrem (1.5 mSv).

### 3.4 Internationella tillämpningar avseende normer och kriterier

---

3.4.1 Norden

På grundval av det internationella arbetet har strålskyddsinstitutet i Danmark, Finland, Island, Norge och Sverige utarbetat gemensamma rekommendationer avseende begränsning av utsläpp av radioaktiva ämnen från kärnkraftverk. Det nor-

1977-10-13

diska samarbetet har spänt över hela området och har resulterat i en gemensam skrift, som publicerades under 1976 [6]. Ett kapitel, "Basic principles for the limitation of releases of radioactive substances from nuclear power stations" innehåller även rekommendationer avseende begränsning av utsläpp.

Rekommendationerna i ICRP Publication 9 [7] och 22 [8] gäller fortfarande. De rekommendationer, som antagits av de nordiska länderna ansluter sig till andemeningen i nya ICRP (No 26) och överensstämmer nästan helt med de svenska föreskrifterna. Sålunda gäller följande:

- Som operativ dosgräns har angivits att total helkroppsdos till den kritiska gruppen ej bör överskrida 10 % av ICRPs dosgräns, dvs  
50 mrem (0.5 mSv) per år  
 Därvid skall alla bidrag inräknas från utsläpp till luft och vatten från samtliga reaktorer vid stationen.
- Den framtida globala per caput-dosen från kärnkraften skall ej överskrida 10 % av den naturliga bakgrundsstrålningen, dvs  
10 mrem (0.1 mSv) per år
- Tidsintegralen över 500 år avseende den globala kollektivdosen skall för hela bränslecykeln ej överskrida 1 manrem (0.01 mansievert) per MW<sub>e</sub> år

fördelat på:

Upparbetningsanläggningar:	0.5 manrem (0.005 mansievert) per MW <sub>e</sub> år
Kärnkraftverk:	<u>0.5 manrem (0.005 mansievert) per MW<sub>e</sub> år</u>

#### 3.4.2 Övriga länder

Inventering har utförts gällande normer och kriterier i vissa andra länder. Då detta emellertid är ett område under snabb utveckling och nya bestämmelser och tillägg ständigt införes i guider och rekommendationer, skulle en sådan redovisning varken bli heltäckande eller helt up-to-date. Insatsen har därför koncentrerats på de internationella rekommendationerna samt svenska normer och kriterier.



1977-10-13

Gemensamt för samtliga länder är, att normer och kriterier avseende dosbelastning lokalt och globalt nästan uteslutande avser kärnkraftverken.

Internationellt pågår emellertid ett intensivt arbete för framtagande av guider, rekommendationer och normer avseende bränslecykelns senare del, dvs upparbetning, avfallshantering, interimslager och förvar samt i anslutning därtill förekommande transporter.

Som exempel redovisas i nedanstående förteckning projekt, som planeras för utförande inom EPA, ERDA respektive NRC, USA, avseende utarbetande av rekommendationer och normer beträffande avfallshantering.

EPA	Modell för avfallshanteringssystem
	Tekniskt underlag för omgivningsnormer avseende högaktivt avfall
	Omgivningsundersökning avseende den del av bränslecykeln, som avser upparbetning och avfallshantering
	Bestämning av kriterier för högaktivt solidifierat avfall
	Utvärdering av risker avseende förvaring av avfall
	Studier avseende avfallshantering
	Säkerhetsaspekter avseende avfallshantering
	Bestämning av säkerheten avseende avfallsisolering
	Avfallshantering EIS
	Alternativ avseende hantering på lång sikt av vapenavfall
	Transportsäkerhet
ERDA	Utvärdering av olika typer av geologiska formationer
	Avfallets kemiska och fysikaliska form
	Interimslager

1977-10-13

NRC Normer specifikt avsedda för licensiering av anläggningar för avfallshantering. Ramarna härför publiceras Sommaren 1977

Kriterier för solidifierat högaktivt avfall

Kriterier avseende val av förläggningsplatser för lagring av högaktivt avfall.  
Förslag avseende sådana kriterier torde komma att publiceras Mitten 1978

Kriterier avseende "acceptable risk".

För färdigställande inom loppet av 2 - 5 år planeras:

Metoder för beräkning av risker i samband med långtidsförvaring i geologiska formationer av högaktivt avfall och transuraner.

Projekt i samarbete med US Geodetic Survey för bestämning av migrationen av aktivitet i jordlager.

Säkerhetsaspekter och kostnader i samband med dekontamination och avveckling av nukleära anläggningar för varje mera betydande del av bränslecykeln.

Utvärdering av fördelarna med samlokalisering av nukleära anläggningar i syfte att reducera potentialen för transport-olyckor.

Tekniska aspekter samt skada/nytta avseende lagring av Kr 85 från upparbetningsanläggningar i stället för frigörelse till atmosfären.

Eftersom avfallsmängderna kommer att öka och licensieringsansökningarna därmed, kommer prioritering av insatserna att göras med hänsyn till problemen på längre sikt.

1977-10-13

3.5 Storheter och enheter för stråldos3.5.1 Aktivitet

Enhet för aktivitet: 1 Becquerel (Bq) = 1 dps = 27 pCi.

3.5.2 Absorberad dos D

Enhet för absorberad dos: 1 Gray (Gy) = 1 J/kg = 100 rad.

Med absorberad dos avses den energi, som av joniserande strålning överförs per massenhet av det bestrålade materialet.

3.5.3 Dosekvivalent H

Enhet för dosekvivalent: 1 Sievert (Sv) = 1 J/kg = 100 rem

Lika stora absorberade doser i biologisk vävnad förorsakar inte alltid samma grad av skada eller risk för skada, bl a på grund av olikheter i strålningens jonisationstäthet. För strålskyddsändamål föreskrivs särskilt angivna viktningsfaktorer. Dosekvivalenten skall alltid beräknas med användande av de viktningsfaktorer som rekommenderas av ICRP.

Kvalitetsfaktorn Q tar hänsyn till effekten av fördelningen av absorberad energi. För ett spektrum av strålning kan ett effektivt värde  $\bar{Q}$  av Q beräknas [9].

ICRP rekommenderar följande värden på  $\bar{Q}$ :

-	Röntgenstrålning, gammastrålning och elektronstrålning (betastrålning)	1
-	Neutroner, protoner och enkelladdade partiklar med en vilomassa större än massenheten, okänd energi	10
-	$\alpha$ -partiklar och partiklar med flera eller okända laddningar, okänd energi	20

Den storhet, som erhålles sedan de olika bidragen till den absorberade dosen har viktats med dessa faktorer, kallas dosekvivalent.

1977-10-13

I alla här aktuella fall består viktningsfaktorn enbart av den sk kvalitetsfaktorn (Q)

$$H = Q \cdot D \quad (\text{gray eller sievert})$$

D = absorberad dos  
 H = dosekvivalent  
 Q = kvalitetsfaktor

#### 3.5.4 Dosinteckning ("dose commitment") $D_c$

---

Med dosinteckning avses tidsintegralen över oändlig tid av den resulterande medeldosraten i en given befolkning:

$$D_c = \int_0^{\infty} \overline{D(t)} dt$$

där

$D_c$  = dosinteckning

$\overline{D(t)}$  = medeldosraten

#### 3.5.5 Dosekvivalentensinteckning $H_c$

---

$$H_c = \int_0^{\infty} \overline{H(t)} dt$$

där

$H_c$  = dosekvivalentinteckning

$\overline{H(t)}$  = medeldosekvivalenttraten

Den framtida årsdosen vid jämvikt är numeriskt lika med den dosinteckning, som kan beräknas för vart och ett av årsutsläppen.

1977-10-13

### 3.5.6 Kollektivdos S

Med kollektivdos avses summan av alla individers doser inom en viss befolkning.

$$S = \sum_n N_n \cdot D_n$$

där

S = kollektivdos  
 n = grupp  
 N<sub>n</sub> = antal personer i grupp n  
 D<sub>n</sub> = medeldosen i grupp n

### 3.5.7 Kollektivdosinteckning S<sub>c</sub>

$$S_c = N \int_0^{\infty} \overline{D(t)} dt = N D_c \quad (\text{Befolkningen ändras ej med tiden})$$

$$S_c = \int_0^{\infty} N(t) \overline{D(t)} dt \quad (\text{Befolkningen ändras med tiden})$$

Pessimistisk uppskattning av S<sub>c</sub> vid divergerande integral:

$$S_c < N_{\max} \cdot T \cdot D_o$$

där

N<sub>max</sub> = maximal befolkning i framtiden  
 T = dosratens medelvaraktighet, år  
 D<sub>o</sub> = årsmedeldosen det första året efter utsläppet

### 3.5.8 Högsta dosvärde D<sub>max</sub>

Om den verksamhet som i genomsnitt varje år ger dosinteckningen D<sub>c</sub> endast kommer att fortsätta under en period τ som ej är mycket längre än T (medelvaraktigheten), kommer den framtida årliga medelstråldosen aldrig att nå värdet D<sub>c</sub>.

1977-10-13

Det högsta värdet,  $D_{\max}$ , av den framtida årliga medelstråldosen kan då beräknas som

$$D_{\max} = \int_0^{\tau} D(t) dt$$

För det fall att  $T \ll \tau$  är denna tidsintegral identisk med dosinteckningen av ett årsutsläpp.

### 3.5.9 Detriment G

ICRP har introducerat begreppet "detriment" för att identifiera och om möjligt kvantifiera samtliga skade-effekter. Generellt är detriment i en befolkning definierat som matematisk förväntan av den skada, som kan komma att uppstå av bestrålning. Man tar därvid icke endast hänsyn till sannolikheten av varje skadlig effekt utan även svårighetsgraden därav.

$$G = P \sum_i p_i g_i$$

där

G = detriment  
 P = grupp av individer  
 $p_i$  = sannolikheten för viss effekt i  
 $g_i$  = viktningsfaktor avseende svårighetsgraden

1977-10-13

3.6 Referenser

1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publ 26. Ann. ICRP 1(1977):3.
2. Report to the UN General Assembly, 1977. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR).
3. New Trends in Radiation Protection, 1977. Lindell B. (SSI:1977-032)
4. Report on the Task Group on Reference Man. [Ed By] W S Snyder. Publ for International Commission on Radiological Protection. Oxford 1975. (ICRP publ 23).
5. Begränsning av utsläpp av radioaktiva ämnen från kärnkraftstationer. Statens stråldkyddsinstitutets föreskrifter om begränsning av utsläpp av radioaktiva ämnen från kärnkraftstationer. 1977. (SSI FS 1977:2).
6. Report on the Applicability of International Radiation Protection Recommendations in the Nordic Countries. The Radiation Protection Institutes in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden. Ed by B Lindell, Stockholm 1976.
7. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. (Adopted Sep 17, 1965). Oxford 1966. (ICRP publ 9).
8. Implications of Commission. Recommendations that Doses be kept as Low as Readily Achievable. ICRP Publication 22 (1973).
9. Dose Equivalent. International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington 1973. (ICRU Rep 19) Suppl.

1977-10-13

#### 4. EN INVENTERING AV KONSTRUKTIONSSTYRANDE NORMER FÖR FÖRVARING AV UTBRÄNT BRÄNSLE OCH RADIOAKTIVT AVFALL

##### 4.1 Allmänt

Konstruktionsstyrande normer rörande förvaring av utbränt kärnbränsle och radioaktivt avfall finns i USA och även i Västtyskland. Dessa normer gäller för temporär förvaring (storage, Lagerung). Det pågår även för närvarande ett normarbete i dessa länder som berör andra aktiviteter inom den senare delen av kärnbränslecykeln, inklusive slutförvaring av högaktivt avfall.

I USA är det NRC (Nuclear Regulatory Commission) som i ett brett upplagt program håller på att utarbeta normer och licensieringskrav avseende placering, konstruktion och handhavande av anläggningar för radioaktivt avfall. Detta program innehåller bland annat kriterier för ingjutet fast högaktivt avfall som skall trygga omgivningssäkerhet och personalens säkerhet vid förvaring av avfallet. Resultaten från detta arbete väntas bli publicerade under andra hälften av 1977.

Arbete pågår även med konstruktionskriterier för förvaringsrum för högaktivt avfall. Dessa kriterier förväntas beröra bland annat följande punkter:

- kvalitetsstyrningskrav under konstruktion och utförande
- skydd mot yttre påverkan
- krav på de olika barriärernas förmåga att innesluta avfallet
- krav på kompatibilitet mellan avfallet och kapslingsmaterialet
- krav på radiologisk säkerhet
- fysiskt skydd

Dessa kommande licensieringskrav på avfallsområdet har fått arbetsnamnet 10 CFR 60 "Licensing of Radioactive Waste



1977-10-13

Management Facilities" vars tidplan och uppbyggnad framgår av Bil 1. Mera detaljerade konstruktionsanvisningar i anslutning härtill väntas presenteras i Regulatory Guides.

De redan existerande normerna i USA för lagring, (storage) av använt bränsle och högaktivt avfall, skiljer på tre olika typer av förlägningsplatser, nämligen

- i anslutning till en kraftproducerande reaktor
- i anslutning till en uppberedningsanläggning
- en från dessa anläggningar fristående förvaringsplats

Nedan följer en förteckning över gällande normer i USA enligt indelningen ovan, och i Västtyskland.

Det bör här understrykas att många av dessa normer ej är strikt tillämpliga för en anläggning i Sverige, men de har ändå medtagits här dels för att vidga perspektivet och ge en uppfattning om de normer som existerar för likartade anläggningar, dels för att det ofta förekommer att normer för olika typer av förvaringsplatser hänvisar till varandra.

I det följande ges i vissa fall en indikation på i vilken mån normkraven är tillämpliga på en anläggning i Sverige.

En mer detaljerad bedömning får anstå då en sådan ligger utanför omfattningen av denna utredning.

Som framgår ovan existerar för närvarande inget färdigt normsystem inom området avfallshantering i USA trots att man där verkar ha kommit längst, och ett målinriktat arbete pågår för att erhålla ett sådant normpaket. Detta innebär att åtminstone vissa av de redan existerande normerna för avfallshantering kan förväntas ändras och kompletteras när hela normbilden klarnar. Enligt muntlig uppgift från NRC

1977-10-13

gäller detta t ex den nedan nämnda Regulatory Guide 3.24, som väntas revideras inom kort på så sätt att vissa av kraven mildras.

#### 4.2 Normer i USA

Nedan följer en uppräknig av kriterier, guider och normer i USA som gäller för olika typer av förvaringsanläggningar för använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. USA-dokumentet kan indelas i tre olika nivåer nämligen

- Lagtext. Detta gäller för titel 10 i Codes of Federal Register (10 CFR).
- Myndighetsrekommendationer. Exempel på detta är Regulatory Guides. Följer en tillståndssökare aktuella Regulatory Guides underlättas licensieringsprocessen, men det finns ofta möjlighet att använda konstruktiva lösningar som ej följer Regulatory Guides, men härvid faller en betydligt större dokumentations- och verifikationsbörda på tillståndssökaren för att visa att konstruktionen är i enlighet med tillämplig amerikansk lag.
- Industristandard. Exempel på detta är ANSI standards.

För svenska kärnkraftverk har i regel gällt att uppfyllandet av intentionerna enligt 10 CFR och Regulatory Guides är tillfyllest.

Liknande förhållanden kan antas komma att gälla även för rubricerade anläggningar.

##### 4.2.1 Lagringsanläggningar för utbränt bränsle inom en kärnkraftanläggning

---

- ANSI N210-1976 - Design Objectives for Light Water Reactor Spent Fuel Storage Facilities at Nuclear Power Stations
- 10 CFR 50 - Appendix A. General Design Criteria for Nuclear Power Plants. Speciellt avdelning VI - Fuel and Radioactivity Control, som innehåller följande kriterier:
  - Criterion 60 - Control of Releases of Radioactive Materials to the Environment
  - Criterion 61 - Fuel Storage and Handling and Radioactivity Control

1977-10-13

Criterion 62 - Prevention of Criticality in Fuel Storage and Handling

Criterion 63 - Monitoring Fuel and Waste

Criterion 64 - Monitoring Radioactivity Releases

- 10 CFR 50 Appendix B. Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing Plants.
- 10 CFR 100 Reactor Site Criteria.
- Regulatory Guide 1.13 - Spent Fuel Storage Facility Design Bases
- Regulatory Guide 1.25 - Assumptions used for Evaluating the Potential Radiological Consequences of a Fuel Handling Accident in the Fuel Handling and Storage Facility for Boiling and Pressurized Water Reactors.
- Regulatory Guide 1.27 - Ultimate Heat Sink for Nuclear Power Plants.

#### 4.2.2 Lagringsanläggningar för radioaktivt material ----- lokaliserade vid en upparbetningsanläggning

- ANSI N305 - 1975 - Design Objectives for Highly Radioactive Solid Material Handling and Storage Facilities in a Reprocessing Plant.
- 10 CFR 50 Appendix B - Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing Plants.
- 10 CFR 50 Appendix P - General Design Criteria for Fuel Reprocessing Plants (draft) speciellt avdelningen "Fuel and Radioactive Waste Storage" som omfattar följande kriterier:  
  
Criterion 25 - Fuel and Radioactive Waste System  
  
Criterion 26 - Waste Disposal Systems
- 10 CFR 50 Appendix Q - Design Criteria for the Protection of Fuel Reprocessing Plants and the Licensed Material Therein (draft).

#### 4.2.3 Lagringsanläggningar för utbränt bränsle som är ----- fristående från andra anläggningar

- Regulatory Guide 3.24 - Guidance on the Licence Application, Siting, Design and Plant Protection for an Independent Spent Fuel Storage Installation.

1977-10-13

Av ovanstående bedöms anläggningar enligt 4.3.3 närmast tillämplig på svenska förhållanden.

#### 4.3 Normer i Västtyskland

##### 4.3.1 Lagring av använt bränsle i en kärnkraftanläggning

- DIN 25 428 - Lagerbecken für Brennelementbündel von wassergekühlten Leistungsreaktoren.

#### 4.4 Norminnehåll

##### 4.4.1 ANSI N210 - 1976 "Design Objectives for Light Water Reactor Spent Fuel Storage Facilities at Nuclear Power Stations"

Standarden innehåller ett antal konstruktionsanvisningar som kortfattat redogörs för nedan. Siffrorna inom parentes i rubrikerna hänvisar till standardens numrering.

Generellt kan sägas att en utvärdering av denna ANSI-standard för ett centralt lager av utbränt bränsle ger vid handen att den är till stora delar icke tillämplig, då lagret ej befinner sig inom en reaktorstation.

#### Allmänna konstruktionskrav (4.2)

Konstruktionsstyrande händelser indelas i fyra olika händelseklasser (I-IV). Detta händelsespektrum sträcker sig från normala driftoperationer (I) till händelser som är mycket osannolika (IV), men som ändå medtas i konstruktionsunderlaget eftersom de skulle kunna medföra utsläpp av oacceptabla mängder av radioaktivitet om ej motåtgärder vidtas. Normen anger hur klassificeringen av olika händelser skall ske, ger exempel på viktiga händelser i de olika händelseklasserna, samt anger krav som konstruktionen skall uppfylla för varje händelseklass.

#### Säkerhetsklassificering av komponenter (4.3)

Komponenter i anläggningen indelas i två grupper - säkerhetsrelaterade (motsvarande säkerhetsklass 3) och icke säkerhetsrelaterade. Normen anger vad som krävs för att

1977-10-13

en komponent skall vara säkerhetsrelaterad, samt vilka normer som gäller för säkerhetsrelaterade och icke säkerhetsrelaterade komponenter.

#### Lagringsbassäng (5.1)

Det får inte förekomma avlopp eller andra permanenta anordningar som kan förorsaka vattenförlust i en lagringsbassäng så att bränsle friläggs.

Nivåhållningssystem och reningssystem för bassängvattnet skall konstrueras så att inget operatörsfel eller annat fel (inklusive säkerhetsjordbävning) kan sänka bassängvattennivån under minimigränsen.

Jordbävningssäkrat påfyllningssystem skall finnas och dessutom ett back-up system för påfyllning av bassängerna från en pålitlig vattentäckt.

Olika konstruktionsstyrande belastningar på bassäng och bassängportar anges, samt konstruktionsförutsättningar för strålskydd.

Ett läckageövervakningssystem med förmåga att lokalisera läckage från bassängen skall finnas och reparation skall kunna utföras. Det rekommenderas att en liner av rostfritt stål används.

Den minsta tillåtna vattennivån skall väljas så att allt lagrat material är vattentäckt under alla konstruktionsstyrande händelser (klass I-IV). Det kan accepteras att vattennivån sjunker under det värde som motsvarar högsta tillåtna strålnivå vid de händelser som är så osannolika att de ej förväntas inträffa (klass IV).

Konstruktionskrav ges för kyl- och reningssystem för bassängvattnet. Strålnivån skall vara under 2.5 mrem/h där personal vistas.

1977-10-13

Bränsleställen skall vara så konstruerade att  $K_{\text{eff}} \leq 0.95$  i vatten varvid hänsyn skall tas till osäkerheter i toleranser och reaktivitetsberäkningar. Vidare anges diverse praktiska detaljer som skall beaktas vid konstruktionsarbetet. Bränsleställen skall vara jordbävningssäkrade.

#### Laddning och hantering av bränsleflaska (5.2)

Det kylsystem som kopplas till flaskan skall kunna detektera radioaktiva föroreningar, kunna kontrollera flaskans innertemperatur samt vara så konstruerat att innertemperaturen är inom acceptabla gränser under alla konstruktionsstyrande betingelser.

#### Lagringsbyggnad (5.3)

Ett nödventilationssystem skall finnas, förutom det normala ventilationssystemet, och skall dimensioneras för konstruktionsstyrande händelser som är mycket osannolika (klass IV). Det normala ventilationssystemet skall rena den inkommande luften, och ventilationsflödet skall riktas mot bränslehanteringsarean. Alla in- och utgångar skall övervakas och vara försedda med lås, som kan övervakas administrativt.

#### Kontrollutrustning och instrumentering (5.4)

Radioaktiv strålning skall mätas för att skydda personalen. Mätning skall åtminstone ske vid bränslehanteringsmaskin och som kontinuerlig mätning av luftaktiviteten. En av mätarna skall även ge indikering i kontrollrummet. Mätarna skall vara kalibrerbara.

Akustiskt hög- och lågnivåalarm skall finnas för vatteninnehållet i lagringsbassängerna. Bassängvattentemperaturen skall mätas.

#### Säkerhetsklassificering (6.1)

Alla vätskesystem som behöver vara jordbävningssäkrade enligt denna standard skall även betraktas som säkerhetsrelaterade.

1977-10-13

## Layout (6.3)

Lagrat bränsle skall så långt möjligt skyddas mot att träffas av tappad last, företrädesvis genom lämplig utformning av layouten hellre än med administrativa åtgärder.

## Tillämpbara normer (6.4)

De olika system och komponenter som skall jordbävnings-säkras anges.

Tillämpliga amerikanska normer för byggnader, kvalitetsstyrning, ventilation och brand anges.

## Konstruktionsparametrar (6.6)

Här görs en upprepning och i vissa fall en kvantifiering av de krav som angivits ovan. Exempelvis bassängtemperaturen skall vara högst 150<sup>o</sup>F (65<sup>o</sup>C) vid normal drift, men vid icke förväntade händelser tillåts bassängerna att koka.

## Test av komponenter (7) och underhållskrav (8)

En uppräknig görs av vilka funktioner som återkommande skall kunna provas. Krav på utbytbarhet av filter och dylikt anges.

4.4.2 10 CFR 50 Appendix A - General Design Criteria  
for Nuclear Power Stations

---

Allmänna riktlinjer ges för konstruktion av kärnkraftverk. Kriterierna 60-64 behandlar speciellt kontroll, lagring och hantering av bränsle och radioaktivt material. Kriterierna är allmänt hållna och återfinns mer detaljerade och specificerade i ANSI N210.

4.4.3 10 CFR 50 Appendix B - Quality Assurance Criteria  
for Nuclear Power Plants and Fuel Reprocessing  
Plants

---

Ett kvalitetsstyrningsprogram skall finnas för konstruktion, tillverkning, montage och provning av byggnader, system och

1977-10-13

komponenter som är av betydelse för säkerheten. Detta program skall vidare uppfylla 18 kriterier som ges i detta appendix.

Dessa kriterier har begränsad tillämpning på ett lager utanför ett kärnkraftverk.

#### 4.4.4 10 CFR 100 Reactor Site Criteria

Olika faktorer anges som skall medtas vid bedömningen av en förläggningsplats för en kärnkraftanläggning, såsom befolkningsfördelning, meteorologi, geologi, seismologi, hydrologi m m.

#### 4.4.5 Regulatory Guide 1.13 rev 1 (dec. 1975) - Spent Fuel Storage Facility Design Basis

De rekommendationer som ges i denna guide återfinns i tillämplig omfattning i ANSI N210 och fordrar därför ej särskild genomgång.

#### 4.4.6 Regulatory Guide 1.25 "Assumptions Used for Evaluating the Potential Radiological Consequences of a Fuel Handling Accident in the Fuel Handling and Storage Facility for Boiling and Pressurized Water Reactors"

March (1972)

Denna guide är överkonservativ men kan användas för beräkningar av omgivningspåverkan för licensieringsändamål.

#### 4.4.7 Regulatory Guide 1.27 "Ultimate Heat Sink for Nuclear Power Plants" (January 1976)

Denna guide berör främst konstruktion av kärnkraftverk och är endast i begränsad omfattning tillämplig på en anläggning för lagring av utbränt bränsle och radioaktivt material.

Av intresse i detta sammanhang är att åtminstone två oberoende vattentäckter krävs för kylning, såvida man inte kan visa att det är extremt låg sannolikhet för kylmedelsförlust



1977-10-13

om endast en vattentäckt används. De säkerhetstekniska föreskrifterna för anläggningen skall innehålla instruktioner för det fall risk för förlust av kylmedel föreligger.

Vid havsförläggning bör det vara tillräckligt med havet som vattentäckt. Eventuellt kan guiden tolkas som att redundanta kylkanaler skall finnas i detta fall.

4.4.8 ANSI N305 - 1975 "Design Objectives for Highly  
Radioactive Solid Material Handling and Storage  
-----  
Facilities in a Reprocessing Plant"-----

Ovanstående standard anger målsättningar för konstruktionen av anläggningar för hantering och lagring av högaktivt material i fast form. Nedan följer en kortfattad redogörelse för innehållet. Siffran inom parentes hänvisar till standardens indelning. Det bör hållas i minnet vid en tillämpning av denna ANSI-standard att den gäller för en avfallsanläggning i anslutning till en upparbetningsanläggning med de där tänkbara stora koncentrationerna av plutonium och andra transuraner som kräver särskild hänsyn.

Hållfasthetskriterier för säkerhetsrelaterade konstruktioner och komponenter (3)

Det anges vilka olika slag av yttre och inre påverkan som skall beaktas samt hur dessa belastningar skall kombineras med övriga belastningar under normal drift, vid extrem omgivningspåverkan och vid konstruktionsstyrande haverier. Vidare anges acceptabla spänningsnivåer för konstruktionsändamål för byggnadselement i stål och betong och för komponenter.

Bassånger och anslutande byggnadselement skall konstrueras så att den funktionella integriteten bibehålls vid varje tänkbar yttre påverkan eller missöde och tänkbar kombination av dessa.

1977-10-13

#### Byggnadselement och hjälpsystem (4)

Byggnader som innehåller lagrings- och hanteringsutrymmen skall utgöra en infångningsbarriär för luftburen aktivitet vid normal drift så att fastställda gränsvärden för omgivningspåverkan ej överskrides.

Krav på infångningsbarriärens effektivitet vid yttre påverkan och vid missöden skall bestämmas genom analys av olika postulerade händelser.

Instrumentering skall finnas för följande uppgifter:

- uppmäta utsläppt radioaktivitet till omgivningen
- uppmäta radioaktivitetsutsläpp för alla de vägar som kan tjäna som oplanerade utsläppsvägar
- uppmäta luftburen aktivitet inom anläggningen
- uppmäta bassängläckage
- uppmäta bassängnivån

Anläggningen skall innehålla en nödkraftmatningskälla så att anläggningen kan hållas i ett säkert tillstånd tills normal kraftförsörjning återfås.

Vidare ges anvisning om brand- och explosionskydd.

#### Bassänger (5)

Varje bassäng skall kunna isoleras från de övriga genom portar och varje bassäng skall tåla, utan att dess funktion som vattenbehållare förloras, att den tyngsta lasten tappas från den högsta tänkbara höjden ner i bassängen.

Kriticitetssäkerhet är en viktig aspekt vid hantering och förvaring av bränsle i bassängerna och främst kvalitativa riktlinjer för detta ges i normen.

1977-10-13

Strålskärming berörs och det hänvisas till ANSI-standarden N101.6 - 1972 "Concrete Radiation Shields". Då vatten används som strålskydd skall ett mät- och kontrollsystem finnas som försäkrar att miniminivån ej underskrids vid normala förhållanden.

Kontaminerat bassängvatten skall inte oavsiktligt kunna släppas ut till omgivningen och bassängernas inneslutande förmåga skall bibehållas vid varje tänkbar yttre händelse och missöde. Rostfri stålbeklädnad rekommenderas för bassängerna.

Bassängernas miniminivå skall tillförsäkra att tillräckligt strålskydd finns under normal drift och förväntade händelser. Dessutom skall anläggningen konstrueras så att den lägsta vattennivå som erfordras vid ett missöde ej underskrids.

Då vatten används som transportmedel vid kylning eller för strålskydd så skall ett spädmatningssystem installeras. Systemet skall tåla varje tänkbar yttre påverkan, om inte så skall ett reservsystem installeras.

Inga permanenta genomföringar får finnas i bassängväggarna nedanför den lägsta bassängnivå som kan tillåtas av säkerhetsskäl. Detta gäller även öppningar på rör som kan tömma bassängerna genom hävertverkan.

#### Hantering av bränsleflaska med innehåll (6)

Allmänna regler ges för hur bränsleflaskan skall mottagas och dess innehåll hanteras. Viktiga parametrar såsom flaskans tryck och temperatur skall kunna mätas.

Konstruktionen av de system som används för hantering av bränsleflaska med innehåll skall grunda sig på en felanalys, som visar vilka krav systemens konstruktion måste uppfylla för att personalens säkerhet skall kunna uppehållas, och att radioaktivitet ej sprids på ett okontrollerat sätt.

1977-10-13

Hanteringssystemen skall vara så konstruerade att kriticitet ej uppstår vid hanteringen.

#### Säkerhetsrelaterade lyftanordningar (7)

Lyftanordningar behöver ej fungera efter varje tänkbart missöde, men skall vid haveri ej påverka andra säkerhetssystem.

Hanteringsutrustning skall vara så konstruerad att det krävs minst två oberoende och osannolika händelser för att kriticitet skall uppstå.

#### Mottagning och lagring i torrt tillstånd (8)

Man kan välja att förvara material i torrt tillstånd för att försäkra sig mot kriticitet eller förhindra reaktion med vatten. I detta fall måste man analysera alla möjligheter som finns för att vattenfylla lagerutrymmena, samt även beakta brand, brandskydd och störningar i kylningen. Kylningen måste vara sådan att brand, fissionsproduktfrigörelse eller bränslesmälta ej inträffar.

#### Kvalitetsstyrning (9)

Här hänvisas till 10 CFR 50 Appendix B.

#### Nedmontage (10)

Här hänvisas till ANSI N101.3 - 1972 "Guide to Principal Design Criteria for Nuclear Fuel Reprocessing Facilities".

#### 4.4.9 10 CFR 50 Appendix P - General Design Criteria ----- for Fuel Reprocessing Plants (draft) -----

Allmänna riktlinjer för konstruktion av upparbetningsanläggningar ges. De krav som är tillämpbara på en förvaringsanläggning för använt bränsle och radioaktivt material finns specificerade och detaljerade i ANSI N305.

1977-10-13

4.4.10 10 CFR 50 Appendix Q - Design Criteria for the  
Protection of Fuel Reprocessing Plants and the  
Licensed Material therein (draft)

Anvisningar ges för fysiskt skydd.

4.4.11 Regulatory Guide 3.24 - Guidance on the License  
Application, Siting, Design and Plant Protection  
for an Independent Spent Fuel Storage Installation

Regulatory Guides är utfärdade av den amerikanska tillsynsmyndigheten NRC och utgör rekommendationer som, om de följs av tillståndssökaren, underlättar licensieringsförfarandet. Nedan följer en kortfattad resumée av avsnitt C - myndighetssynpunkter - i Reg Guide 3.24. Guidens intentioner är på väsentliga punkter tillämpliga för ett centralt lager med vissa undantag t ex då det refereras till specifikt amerikanska förhållanden. Dessutom täcker guiden ganska klart väsentliga krav enligt ovannämnda ANSI-standards, vilka därigenom i viss mån minskar i vikt. Det bör påpekas att guiden endast har interimstatus och att det finns indikationer på att de kvantitativa kraven kommer att mildras i en kommande utgåva.

Licensieringsansökan (1)

Licensansökan skall innehålla bl a ett kvalitetsstyrningsprogram enligt principerna i 10 CFR 50 App. B, konstruktionskriterier i tillämplig mån enligt 10 CFR 50 App. P och Q, konstruktionsförutsättningar med angivande om hur dessa förhåller sig till de viktigare konstruktionskriterierna. Dessutom skall en säkerhetsanalys av anläggningen utföras där bland annat säkerhetsmarginaler vid normal drift och förväntade händelser skall anges samt en utvärdering av anläggningens beteende vid haverier och vid yttre påverkan.

1977-10-13

## Val av förläggningsplats (2)

Allmänna krav på förläggningsplats presenteras. Vidare redogörs för de informationer som skall ingå i ansökan vad gäller geologi, seismologi, meteorologi, hydrologi och vattenförsörjning.

En utvärdering av förläggningsplatsen skall göras för anläggningen i normal drift och under onormala förhållanden inklusive yttre påverkan.

En utredning av befolkningsfördelningen runt förläggningsplatsen skall göras och persondoserna på olika platser skall beräknas efter postulerade missöden.

Följande händelser skall analyseras vad gäller deras påverkan på omgivningen:

- läckande bränsle
- brand
- förlust av kylmedel eller kylkapacitet
- tappad bränsleflaska
- missil som penetrerar byggnaden och skadar lagrat bränsle
- yttre påverkan
- mycket osannolika händelser (typ flygplanskrasch)

## Konstruktionssynpunter (3)

Standarden ANSI N305 rev 7 (draft) - Design Objectives for Highly Radioactive Solid Material Handling and Storage Facilities in a Reprocessing Plant - kan tillämpas med smärre ändringar och tillägg. Bland tilläggen kan nämnas

- Konstruktionen skall utformas så att hantering av bränsleflaskan ej kan ske över lagrat bränsle.

1977-10-13

- Kylsystemet skall ha redundant kraftförsörjning såvida det inte kan visas att under missödes-situationer anläggningen tål bortfall av normal kylning och att inga otillåtet höga stråldoser uppstår, samt att kylning medelst avkokning är acceptabelt.
- En analys av tappad bränsleflaska skall göras. Utfallet av analysen visar om stötdämpare måste installeras i botten på flaskbassängen eller ej.
- Bränslebassängerna skall vara av modultyp, där varje modul får innehålla maximalt 500 ton utbränt bränsle.

#### Fysiskt skydd (5)

Här hänvisas i stort sett till Regulatory Guides 5.7, 5.12, 5.20 och 5.30 samt till de kriterier som gäller för upp-  
betningsanläggningar och finns givna i 10 CFR 50 App. Q.

På denna punkt refererar guiden till specifika amerikanska kriterier och rekommendationer och är således av mindre int-  
resse för svenska förhållanden.

#### 4.4.12 DIN 25 428 Lagerbecken für Brennelementbündel ----- von wassergekühlten Leistungsreaktoren -----

Denna norm behandlar lagring av bränsle i bassänger i an-  
slutning till en kärnreaktor, och tillämpbarheten på t ex  
en fristående förvaringsanläggning är därför begränsad.

#### Belastningar (3.2)

Normala belastningar och missödesbelastningar som skall  
gälla som konstruktionsbelastningar anges.

#### Strålskärming (3.3)

Utrymmen som angränsar till lagringsbassängerna skall ha  
en stråldosrat som ej överstiger 2.5 mrem/h. Anvisningar  
lämnas för hur strålskärmsberäkningen skall utföras.

#### Kriticitetssäkerhet (3.4)

Riktlinjer anges för kriticitetsanalysen.  $K_{\infty}$  får ej över-  
skrida 0.95.

1977-10-13

### Kylning (3.5)

Maximala bassängtemperaturer ges för olika driftfall. Kylsystemet skall vara tvådelat och maximitemperaturen för missödessituationer får ej överskridas ens vid bortfall av det normala kylsystemet.

### Vattenrenhet (3.6)

Krav sätts på mängden radioaktiva föroreningar i bassängvattnet så att vissa definierade dosgränser ej överskrids.

### Konstruktion (5)

Tillämpliga tyska normer för betongkonstruktioner, bassängbeklädning, rörledningar, portar och belysning uppräknas. Konstruktionsanvisningar ges även för uppställningsplats för bränsleflaska, bränsleställ och rör genomföringar. De senare skall utföras så att bassängerna ej töms på vatten vid ett rörbrott.

### Test (6)

Krav specificeras för förhandsgranskning, materialprovning, montageövervakning, täthetsprovning, funktionsprovning av säkerhetsanordningar och dokumentation.



Fig 6. Proposed regulation development summary schedule

	1977	1978	1979	1980	1981	1982
General provisions		X O				
- Administrative Information						
- Licensing Procedures						
- Definitions						
HLW management		X O				
- Requirements for Spent Fuel						
- Waste Form Performance Criteria						
- Site Suitability Criteria						
- General Design Criteria						
- General Licensing Specification Requirements						
LLW management				X	O	
- Disposal Requirements						
- Waste Form Requirements						
- General Licensing Specification Requirements						
Decommissioned facilities					X	O
Post-operational uranium mill tailings management		X O				

X - Draft Rule + EIS (Environmental Impact Statement)  
 O - Final Rule  
 HLW - High Level Waste  
 LLW - Low Level Waste

1977-10-13

B:1 1:1  
 (1)

## 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 Gjøystdal  
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