



Dekommissionering af Risøs nukleare anlæg - vurdering af opgaver og omkostninger. Dansk sammenfatning

Lauridsen, K.

Publication date:
2001

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):

Lauridsen, K. (2001). *Dekommissionering af Risøs nukleare anlæg - vurdering af opgaver og omkostninger. Dansk sammenfatning*. Risø National Laboratory. Denmark. Forskningscenter Risoe. Risoe-R No. 1251 (DA)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Dekommissionering af Risøs nukleare anlæg - vurdering af opgaver og omkostninger

Dansk sammenfatning

Kurt Lauridsen

Resume Rapporten er en sammenfatning af den engelsksprogede rapport "Decommissioning of the nuclear facilities at Risø National Laboratory. Descriptions and cost assessment", og giver en kort beskrivelse af relevante forhold vedrørende dekommissionering af Risøs nukleare anlæg, herunder de arbejdsoperationer, der er nødvendige, samt de skønnede udgifter ved fuldstændig dekommissionering af samtlige anlæg. Rapporten udgør sammen med en mere detaljeret rapport på engelsk resultatet af et projekt, som Risø iværksatte i sommeren 2000 på opdrag af forskningsministeren. Den engelsksprogede rapport har været underkastet en international evaluering, og resultatet af denne evaluering er beskrevet i nærværende rapport.

ISBN 87-550-2845-4; 87-550-2847-0 (Internet)
ISSN 0106-2840

Print: Danka Services International A/S, 2001.

Indhold

Forord	4
1 Indledning	5
2 Generelt om dekommissionering	6
3 Risøs nukleare anlæg	7
4 Angrebsvinkel til vurdering af omkostninger	9
4.1 Scenarier	10
4.2 Metoder anvendt til vurdering af arbejdsomfang og priser	11
5 Relevante forhold vedrørende lovgivning og myndighedsgodkendelse	11
6 Samlede omkostninger	12
7 Krav til lagerkapacitet i et dansk slutdepot for radioaktivt affald	17
7.1 Mængder og aktivitetsindhold	17
7.2 Lagerkapacitet i slutdepotet	18
8 International evaluering af projektet	18
9 Konklusion	19
Bilag 1	21
Bilag 2	23

Forord

Udredningsrapporten over de tekniske og økonomiske aspekter ved dekommissionering af de nukleare anlæg på Forskningscenter Risø skal tjene som grundlag for den videre planlægnings- og analyseproces i forbindelse med afviklingen af Risøs nukleare aktiviteter.

Rapporten foreligger alene i en engelsksproget udgave¹, og der er derfor udarbejdet nærværende danske resumé af rapporten.

Rapporten er udarbejdet på foranledning af IT- og forskningsministeren, som bad Risø om at begynde forberedelsen af den langvarige og komplicerede proces med at afvikle Danmarks forsøgsreaktorer. En projektgruppe blev nedsat på Risø, og arbejdet gik i gang i juni 2000, således at rapporten kunne afleveres til IT- og forskningsministeren ved udgangen af marts 2001.

Baggrunden for ministerens initiativ var primært, at Risøs største reaktor - forskningsreaktoren DR 3 - efterhånden var blevet ca. 40 år gammel, hvilket betød, at overvejelserne om udfasningen af Risøs nukleare aktiviteter i stigende grad blev aktualiseret. Samtidig var reaktoren i april 2000 taget ud af drift, da der skulle foretages særlige undersøgelser af reaktorens tilstand. Resultatet af de tekniske undersøgelser betød, at Risøs bestyrelse i september 2000 traf den beslutning, at DR 3 ikke skulle i drift igen, da omkostningerne derved, sammenholdt med reaktorens begrænsede levetid, ikke stod i rimelig forhold til det forskningsfaglige udbytte ved fortsat drift.

Rapporten indeholder en beskrivelse af de relevante tekniske og økonomiske problemstillinger, som skal indgå i et senere beslutningsgrundlag for selve dekommissioneringen, herunder

- Valg af afviklingsscenario, herunder hvor lang tid skal dekommissioneringen tage (20, 35 eller 50 år)
- Konkretisering af de sikkerhedsmæssige, miljømæssige, tekniske og økonomiske aspekter ved dekommissioneringen af de nukleare anlæg
- Vurdering af behovet for og krav til deponeringen af det radioaktive affald.

En analyse af de nødvendige rammer for en slutdeponering indgår ikke i rapporten; men vurderingerne af affaldets karakter og volumen er en del af grundlaget for en sådan analyse, som vil blive foretaget særskilt.

Da der ikke tidligere har været foretaget en egentlig dekommissionering i Danmark, blev der nedsat et panel af internationalt anerkendte eksperter inden for dekommissionering, som skulle evaluere rapporten inden færdiggørelsen.

Denne evaluering fandt sted i februar 2001 og var generelt meget positiv. Panelet fandt at udredningsarbejdet var velgennemført, og at alle relevante aspekter blev taget i betragtning; men der var enighed i panelet om, at rapportens omkostningsvurdering i denne tidlige planlægningsfase naturligvis måtte være behæftet med betydelig usikkerhed.

Den meget positive evaluering af udredningsrapporten giver et solidt grundlag for det videre planlægnings- og analysearbejde, og rapporten vil være fundamentet for det næste års arbejde med at gennemføre den nødvendige detaljering af dekommissioneringsopgaverne.

På denne måde sikres det bedst mulige beslutningsgrundlag for Folketinget samtidig med, at hensynet til sikkerheden og miljøet får afgørende prioritet, når selve dekommissioneringen af de nukleare aktiviteter kan iværksættes.

1 Decommissioning of the nuclear facilities at Risø National Laboratory. Descriptions and cost assessment. Edited by Kurt Lauridsen. Risø National Laboratory, February 2001.

1 Indledning

Formålet med det projekt, der beskrives her, er at tilvejebringe en oversigt over de tekniske og økonomiske aspekter ved dekommissionering af de nukleare anlæg på Forskningscenter Risø. Dekommissionering skal her forstås som nedlægning af anlæggene og fjernelse af alt radioaktivt materiale ned til "grøn mark" eller til rene bygninger, som kan anvendes til andre formål uden nogen restriktioner. Projektets kommissorium, som er gengivet i sin helhed i Bilag 1, omfattede følgende punkter:

- Fortegnelse over de omhandlede anlæg og beskrivelse af disse
- Detaljeret beskrivelse for hvert anlæg af det arbejde, der skal gøres ved nedlægning
- Detaljeret vurdering af mandskabsindsats med angivelse af typer af medarbejdere, varighed, antal personer pr. operation, etc.
- Vurdering af behov for særlig kostbart specialudstyr til forskellige operationer
- Vurdering af strålingsdoser til det involverede personale (afhængigt af scenarier)
- Vurdering af andre sikkerhedsmæssige forhold (afhængigt af scenarier, fx. risici som følge af tidspres for at undgå for høje strålingsdoser)
- Vurdering af de frembragte mængder af radioaktivt affald og behandlingen af dette
- Vurdering af behov for og krav til et dansk slutdepot for radioaktivt affald
- Vurdering af ikke-nukleare miljøforhold ved nedlægningen
- Vurdering af behovet for myndighedsbehandling
- Vurdering af de økonomiske omkostninger ved de enkelte aktiviteter
- Vurdering af de samlede økonomiske omkostninger over årene ved de betragtede afviklingsscenarier.

Projektet blev gennemført af en lille projektgruppe på fire personer, som fik bidrag til den engelske rapport fra en række Risø-medarbejdere. Endvidere har det rådgivende firma DEMEX A/S virket som konsulent med henblik på vurdering af omkostninger ved nedrivning af bygninger.

Projektet blev fulgt af en styregruppe med følgende medlemmer:

- Adm. direktør, lic.techn. Jørgen Kjems
- Sekretariatschef, cand. jur. Lisbeth Grønberg
- Anlægsleder, civ.ing. Knud Brodersen, Behandlingsstationen
- Afdelingschef, civ.ing. Mogens Bagger Hansen, Afdelingen for Nukleare Anlæg
- Sektionsleder, ingeniør Per Hedemann Jensen, Anlægshelsefysik og Beredskaber
- Afdelingschef, lic.techn. Benny Majborn, Afdelingen for Nuklear Sikkerhedsforskning
- Professor, civ.ing. Povl L. Ølgaard, Afdelingen for Nuklear Sikkerhedsforskning

Efter dannelsen af Dansk Dekommissionering (DD) i december 2000 har endvidere DD's direktør, Knud Larsen deltaget i styregruppens møder.

Projektgruppen bestod af:

- Seniorforsker, lic.techn. Kurt Lauridsen, Afdelingen for Systemanalyse (projektleder)
- Driftsingeniør Nils Hegaard, Afdelingen for Nukleare Anlæg
- Civ.ing. Klaus Iversen, Afdelingen for Nukleare Anlæg
- Seniorforsker, lic.techn. Erik Nonbøl, Afdelingen for Nuklear Sikkerhedsforskning

Ud over projektgruppen har følgende medarbejdere bidraget til udredningen:

- Maskinmester Jørgen Aukdal (pensioneret)
- Civ.ing. Per E. Becher
- Produktionsleder, akademiingeniør Jan Borring
- Anlægsleder, civ.ing. Knud Brodersen
- Civ. ing. Ulf Jacobsen
- Sektionsleder, ingeniør Per Hedemann Jensen
- Professor, civ.ing. Povl L. Ølgaard

I starten af projektet blev der gennemført besøg på tre udenlandske forskningscentre, hvor man har dekommissioneringsarbejder i gang, nemlig Paul Scherrer Institut i Schweiz, Forschungszentrum Karlsruhe i Tyskland og United Kingdom Atomic Energy Authority i Harwell, England. I alle tre besøg deltog Mogens Bagger Hansen og Kurt Lauridsen. Ved besøget i Harwell deltog endvidere Erik Nonbøl samt fuldmægtig Martha Brenfors og direktør Rudolf Straarup, Forskningsministeriet. Ved disse besøg blev indhentet værdifulde erfaringer vedrørende dekommissionering af anlæg, der ligner Risøs. I den engelske rapport er erfaringerne fra disse besøg beskrevet i et kapitel, der også giver et overblik over den internationale situation. Endvidere blev de tre eksperter, der foretog den faglige evaluering af den engelske rapport, rekrutteret fra de besøgte anlæg.

2 Generelt om dekommissionering

På EU kommissionens hjemmeside på Internettet vedrørende dekommissionering af nukleare installationer² kan man finde følgende definition på dekommissionering: "All the administrative and technical operations allowing to withdraw a facility from the list of licensed facilities".

Dekommissionering, af et nukleart anlæg gennemføres sædvanligvis i et antal faser eller trin. Det Internationale Atomenergiagentur, IAEA, har opstillet en definition på dekommissionering, der omfatter 3 faser:

- Fase 1 Opbevaring under opsyn ("Storage with surveillance")
- Fase 2 Begrænset brug af området ("Restricted site use")
- Fase 3 Ubegrænset brug af området ("Unrestricted site use" eller "green field")

Ved "green field" forstås, at alle radioaktive dele er fjernet, mens selve reaktorbygningen f.eks., ikke behøver at blive revet ned, hvis alle målinger viser, at bygningen kan frigives til andet brug.

For at bringe et anlæg til fase 1 foretages en vis rengøring - dekontaminering - af radioaktivt forurenede overflader, dræning af systemer med væsker, afbrydelse af driftssystemer og etablering af fysiske og administrative systemer til sikring af overvågning og adgangskontrol. For reaktorer skal endvidere det brugte brændsel fjernes fra anlægget.

For at bringe et anlæg til fase 2 skal alt udstyr og alle bygninger, som let kan demonteres eller nedrives, fjernes - eller dekontamineres, således at det kan overgå til anden anvendelse. For reaktorer skal den biologiske afskærmning (sædvanligvis beton, eventuelt suppleret med bly) forøges og lukkes for helt at indeslutte selve reaktorstrukturen. Overvågning af anlægget kan herefter reduceres; men der bør foretages periodiske kontroller og overvågning af omgivelserne.

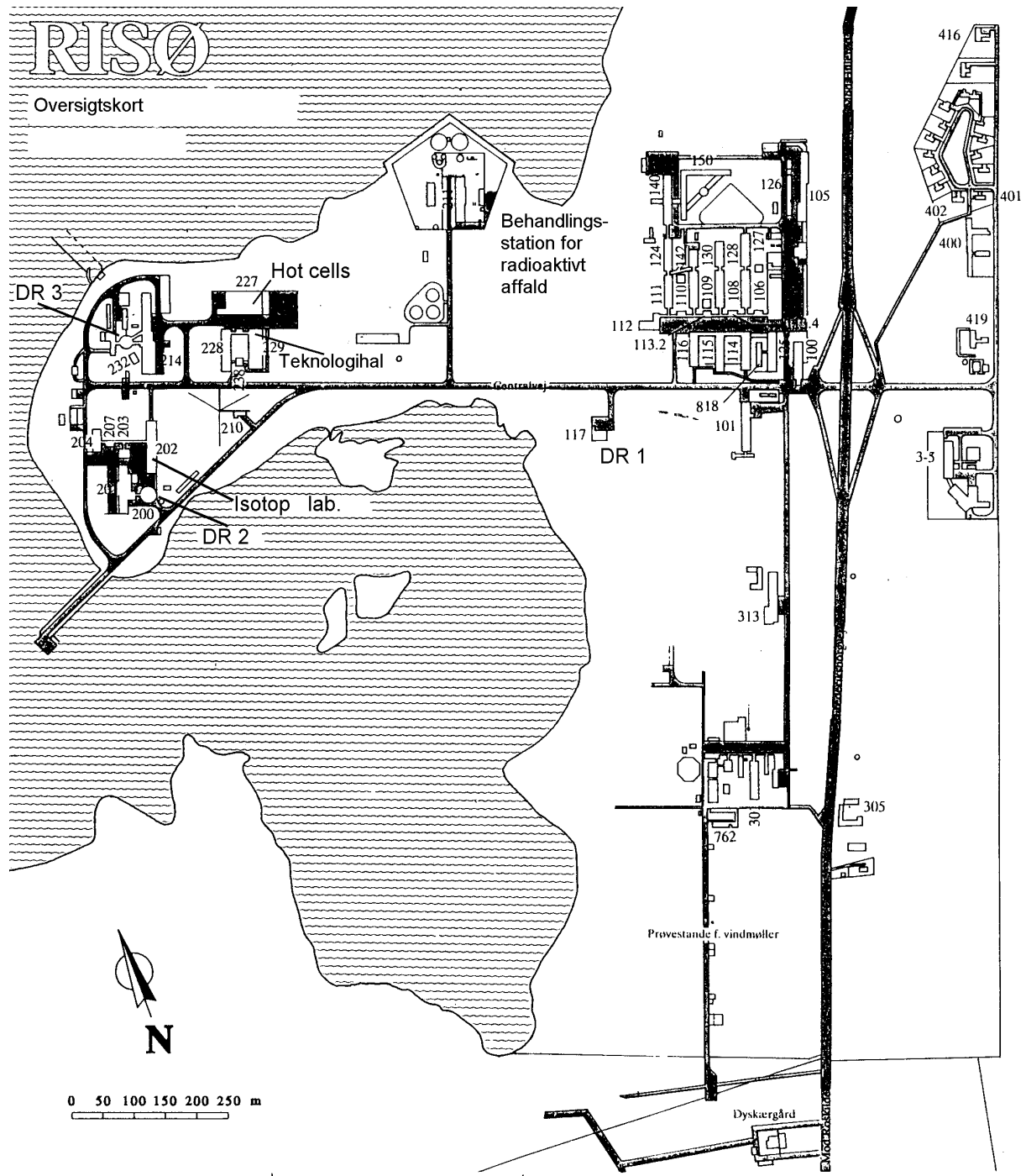
Fase 3 nås ved at fjerne alle bygninger og alt udstyr, som ikke kan dekontamineres til et niveau, der opfylder gældende regler for frigivelse. De tilbageværende bygninger og anlægsdele samt området kan herefter frigives for anvendelse uden nogen restriktioner (for så vidt angår radioaktivitet).

Mellem de ovennævnte trin kan der være en årrække, hvor der ikke foregår noget dekommissioneringsarbejde; men hvor anlægget blot henstår medens indholdet af radioaktive stoffer formindskes ved radioaktivt henfald. Reduktion af radioaktiviteten er den primære årsag til, at man nogle steder i udlandet har planer om at lade anlæg stå i 50 år eller mere, førend man går i gang med nedrivning af de mest radioaktive dele. Herved forventer man at kunne reducere strålingsdoserne til medarbejderne. Der er imidlertid andre forhold, der taler for at afstå fra en lang "køletid" og i stedet foretage en relativt hurtig dekommissionering. Således vil det være lettere at udnytte eksisterende viden og veluddannet personale, hvis man starter kort tid efter lukning og gennemfører hele processen fortløbende. De potentielt højere strålingsdoser til personalet kan i vid udstrækning forhindres ved anvendelse af fjernbetjent udstyr eller egentlige robotter til arbejde på de mest aktive dele af anlæggene. Endvidere undgås overvågning og vedligeholdelse af anlæggene i en lang hvileperiode. For lande som Danmark uden andre nukleare programmer, skal der endvidere tages hensyn til at den sidste fase i et langt dekommissioneringsscenario antagelig vil skulle gennemføres med udenlandsk hjælp til såvel projektstyring som dele af det manuelle arbejde.

² <http://www.sckcen.be/eccdecommissioning/>

3 Risø nukleare anlæg

I den engelske rapport er givet en forholdsvis detaljeret beskrivelse af de nukleare anlæg, der er tale om. I nærværende rapport vil der blot blive givet en kort omtale af anlæggene. Placeringen af anlæggene på området fremgår af nedenstående kort.



DR 1 er en laveffekt reaktor (maksimalt 2 kW), hvorfor den indeholdte aktivitet er beskednen. Reaktorkernen består af en kugleformet ståltank med et volumen på ca. 20 l, som indeholder en vandig opløsning af uranylulfat. Uranet er 20% beriget. Kernen er omgivet af en grafitcylinder, der er 1,5 m i diameter og 1,2 m høj. Uden om reflektoren findes en betonafskærmning. Reaktoren indeholder ca. 1 kg uran-235. DR 1 har i de seneste mange år primært været anvendt som undervisningsfacilitet for

studerende fra DTU og andre højere læreanstalter samt for gymnasieklasser. Enkelte bestrålingsforsøg er også blevet gennemført nu og da, i nogle tilfælde på kommerciel basis. Reaktoren er fortsat funktionsklar og kan eventuelt finde anvendelse i de første faser af dekommissioneringen til materialeundersøgelser.

Hovedproblemet ved nedlæggelse af DR1 vil være håndtering af kernens uranysulfatopløsning. Opløsningen må muligvis håndteres på Risø, og de resulterende affaldsprodukter opbevares her. Der foreligger ingen aftale om mulig returnering af uranet til USA.

DR 2 var en 5 MW letvandsreaktor af "pool-typen", dvs. åben opadtil, således at man kunne se ned til reaktorkernen gennem nogle meter vand, som udgjorde dels kølemiddel dels moderator og strålingsafskærmning. DR 2 blev taget ud af drift i 1975 og dekommissioneret til fase 2 i de følgende år. I 1997 iværksattes et projekt, som skulle forberede en endelig dekommissionering, medens der stadig var folk på Risø, som havde arbejdet ved reaktoren og således havde en erindring om anlægget. Projektet, som stadig er i gang, skal fastlægge det nuværende indhold af radioaktive materialer, opdatere beskrivelsen af anlægget og identificere eventuelle vanskelige operationer.

Kontaminationen af det primære kølekredsløb er i følge målinger på ydersiden af rørene ganske ringe. En stor del af aktiviteten i anlægget forventes at befinde sig i letfjernelige dele. Et specielt problem er reaktorens beryllium-reflektorelementer p.g.a. berylliums kemiske giftighed. Resultatet af det igangværende studieprojekt forventes at blive, at reaktoren kan nedlægges til "grøn mark" uden de store problemer i løbet af nogle år.

DR 3 var en 10 MW tungtvandskølet reaktor af PLUTO typen (efter reaktoren på det engelske forskningscenter Harwell). Efter en længere periode med eftersyn som følge af mistanke om lækage i reaktorens primære kølesystem blev det i september 2000 besluttet ikke at tage DR 3 i drift igen. Siden da er brændslet udtaget og det tunge vand drænet fra det primære kølesystem. Brændslet befinder sig nu i lagerfaciliteter og afventer afskibning til USA i henhold til aftalen om tilbagesøgning af brugt brændsel. Anvendelserne af DR 3 har været som neutronkilde til videnskabelige undersøgelser, til isotopproduktion, blandt andet til medicinske og industrielle anvendelser, og til bestrålinger, herunder dotering af silicium til brug i halvlederindustrien. DR 3's reaktortank og de omkringliggende strukturer er kraftigt radioaktive og frembyder strålingsmæssigt de vanskeligste dekommissioneringsopgaver.

Som eksempler på systemer, der skal fjernes eller ændres frem til fase 1, kan nævnes:

- Heliumsystem med beholdere frem til reaktorblokken
- Grafitdækgassystemet med beholder frem til reaktorblokken
- Sekundære kølekredsløb frem til varmeveksler til primærkølekredsløb
- Blykølekredsløb frem til reaktorblok
- Styresystemer til kontrolelementer
- Instrumentering og sikkerhedssystemer incl. kontrolrum
- Ventilationssystemet reduceres til et minimum
- Elektrisk kraftforsyning fjernes (dog undtagen til kran og lys)
- Adgangskontrol, herunder alarmsystem ændres
- Ikke aktive hjælpesystemer i diverse bygninger
- Spektrometre m.v. i reaktorhal og neutronhus

Som eksempler på arbejdsopgaver frem til fase 2 kan nævnes:

- Intern lagerblok fjernes
- Alle kontrolelementer udtages (stærkt radioaktive)
- Alle forsøgsrør vandret og lodret tømmes så kun "liner/thimble" er tilbage
- AH-hal inkl. lagre og skærebassin
- Evt. fjernes det primære kølesystem i tungtvandsrum inkl. nødkølesystem

I fase 3 fjernes reaktorblokken med indhold:

- Topafskærmning
- Reaktortank
- Grafitreflektor
- Ståltank med blyafskærmning

- Biologisk (beton) afskærmning med diverse rørgennemføringer.

Teknologihallen med faciliteter til fabrikation af brændsel for DR 3 er en bygning, hvor der også foregår andre, ikke-nukleare, aktiviteter. Efter beslutningen om at lukke DR 3 er brændselsproduktionen til reaktoren ophørt. Det forudses, at fabrikationsfaciliteterne relativt let kan renses, således at hele bygningen kan frigives til andre formål.

Isotoplaboratoriet fremstillede radioaktive materialer til teknisk-videnskabelig anvendelse og til undervisning. Dette foregik bl.a. ved at bestråle materialer i DR3, som blev bearbejdet i celler og stinkskebe på Isotoplaboratoriet. Disse faciliteter kan rengøres, og de udgør ikke noget nedlægningsproblem. En del af Isotoplaboratoriets virksomhed vil fortsætte nogen tid endnu.

Hot Cell anlægget har status af nukleart anlæg under nedlæggelse og er i fase 2. Størstedelen af bygningen uden om betoncellerne er indrettet til andre formål. Betoncellerne blev efter en foreløbig rengøring i 1993 forsejlet og henstår nu med et indhold af langlivet aktivitet, der sidder spredt diffust over gulve, borde og vægge som små fastsiddende partikler. Inden en nedbrydning af betoncellerne kan påbegyndes, skal hovedparten af aktiviteten i cellerne fjernes ved en massiv rengøring, således at der kan arbejdes uden tidspres, når tunge komponenter fra cellerne skal fjernes.

På toppen af betoncellerækken er der anbragt lettere kontaminerede genstande fra Hot Cell anlæggets tekniske systemer. Det drejer sig om dele fra ventilationsanlægget, diverse rør og andre genstande, der skal fjernes og deponeres som lavaktivt affald, inden en nedbrydning kan påbegyndes. I betonceller og cellesluse er der en del tungt udstyr, der efter rengøringen af cellerne skal fjernes, inden en nedbrydning kan påbegyndes. Det drejer sig bl.a. om de meget store og tunge ”shutter”-døre og stålbeklædte blydøre mellem cellerne samt dele af ventilationssystemet. Når alt det tunge materiel er fjernet, kan nedbrydningen af betoncellerækken påbegyndes. Loftet over cellerne består af 100 cm beton, ydervæggene af mindst 170 cm beton og væggene mellem cellerne af 100 cm tungt beton. Der vil således blive frembragt store mængder betonskrot, hvoraf en lille del måske er kontamineret.

Eftersom aktiviteten i Hot Cell anlægget er langlivet vindes der ikke så meget ved en udskydelse af den endelige nedlæggelse. Hvornår overgangen til fase 3 vil være mest hensigtsmæssig skal vurderes i forhold til den øvrige brug af den omkringliggende bygning.

Behandlingsstationen for radioaktivt affald varetager rensning af Risøs radioaktive spildevand samt pakning og komprimering af fast affald fra Risø og fra andre danske brugere af radioaktive isotoper. Procesudstyret benyttet hertil vil være kontamineret, men ikke til et niveau der gør nedlæggelse problematisk. Behandlingsstationens virksomhed i den nuværende eller evt. i modificeret form vil imidlertid være nødvendig også under nedlæggelsen af de øvrige nukleare anlæg på Risø, og Behandlingsstationen må derfor nedlægges som det sidste af anlæggene. Det skal nævnes, at der også efter bortfald af den nukleare virksomhed på Risø vil være behov for et anlæg til håndtering af dansk radioaktivt affald fra anden virksomhed.

Risøs lagre til midlertidig opbevaring af dansk radioaktivt affald hører under Behandlingsstationen. Hovedparten af affaldet kan umiddelbart overføres til et fremtidigt dansk overfladenært slutdepot for lav- og mellemaktivt affald, hvorefter lagerbygningerne kan deklassificeres. En mindre mængde affald med højt indhold af langlivede isotoper vil ikke kunne bortskaffes på denne måde. Affaldet befinder sig i det såkaldte Centralvejslager, og det kan blive nødvendigt at opretholde denne eller en tilsvarende facilitet i en længere periode fremover.

4 Angrebsvinkel til vurdering af omkostninger

Risøs anlæg er meget forskellige med hensyn til størrelse og kompleksitet. Derfor har måden at vurdere omkostningerne ved dekommissionering af anlæggene også været forskellige. Selv om en standardiseret fremgangsmåde kan have sine fordele, har det ikke været fundet hensigtsmæssigt at anvende den samme metode på fx DR 3 og DR 1.

Den grundlæggende fremgangsmåde har været for hvert anlæg at identificere de nødvendige arbejdsoperationer, mandskabsindsatsen hertil og eventuelle investeringer til udstyr. Omkostningerne er herefter beregnet i faste priser (år 2000). Tre tidsmæssige scenarier har været betragtet, som beskrevet nedenfor. Ved identifikation af arbejdsoperationer er det blevet noteret, såfremt der vil være forskellige omkostninger i forskellige scenarier som følge af lavere strålingsniveauer eller længere tidsforløb. Det må understreges, at vurderingen af arbejdsomfang og anskaffelser af udstyr på dette tidlige stadium er behæftet med en betydelig usikkerhed.

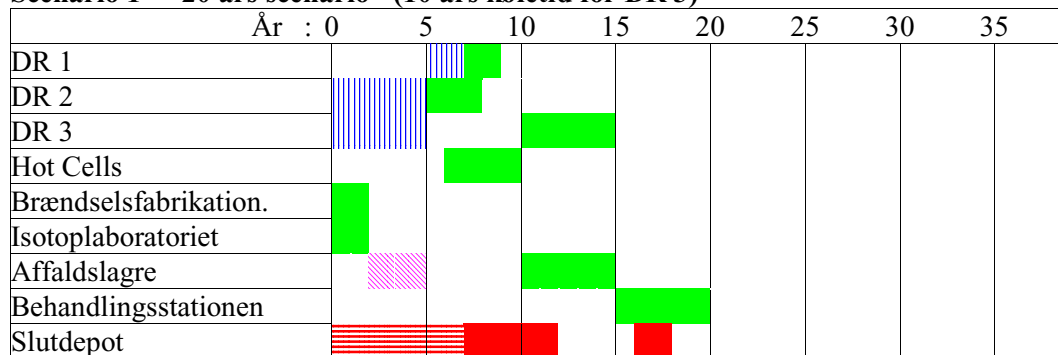
4.1 Scenarier

Da radioaktiviteten i anlæggene aftager med tiden, kan det, som omtalt tidligere, være en fordel at lade anlæggene stå nogle år, inden man går i gang med den endelige nedbrydning. En radioaktiv isotop, som ofte dominerer strålingsniveauet i nukleare anlæg, specielt reaktorer, er kobolt-60 (^{60}Co). Den har en halveringstid på ca. 5,3 år, hvilket eksempelvis medfører, at efter 10 halveringstider = 53 år er niveauet faldet til en tusindedel af det oprindelige. Det blev derfor ved projektets start fundet interessant at se på tre forskellige tidsforløb med køletider for DR 3 på henholdsvis 10, 25 og 40 år. De nedenfor viste skemaer indeholder således et bud på, hvordan dekommissioneringen af de enkelte anlæg kunne tilrettelægges, således at man har en rimelig jævn aktivitet i de perioder, hvor der foregår noget.

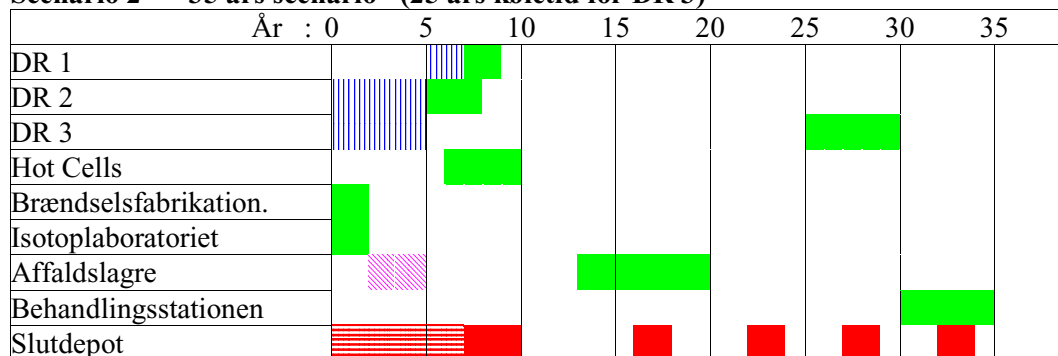
Det bemærkes, at selv om bygning af et slutdepot for radioaktivt affald ikke er del af dette projekt, er planlægning og bygning af depotet skitseret for at markere behovet.

Som det ses, vil det korte scenario kunne gennemføres med en kontinuert aktivitet over de 20 år, som det er vurderet til at ville vare. De to længere scenarier indeholder perioder, hvor den væsentligste aktivitet er overvågning af anlæggene og vedligeholdelse af bygningerne.

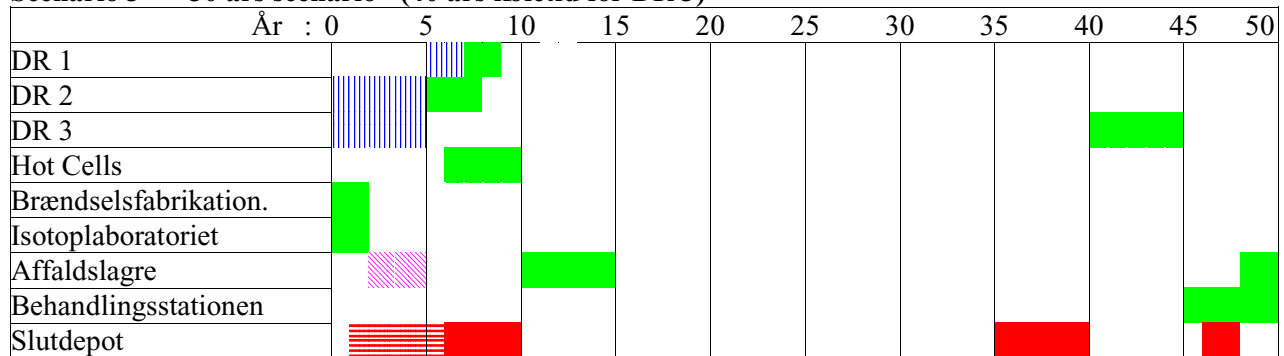
Scenario 1 - "20 års scenario" (10 års køletid for DR 3)








Scenario 2 - "35 års scenario" (25 års køletid for DR 3)



Scenario 3 - "50 års scenario" (40 års køletid for DR 3)



-  : Demontering af ydre kredsløb m.v.
-  : Endelig nedbrydning af reaktorblok m.v.
-  : Etablering af midlertidig lager- og/eller håndteringsfacilitet
-  : Identifikation af lokalitet for slutdepot og godkendelsesproces for bygning
-  : Bygning af slutdepot (i et antal trin)

4.2 Metoder anvendt til vurdering af arbejdsomfang og priser

Det internationale atomenergiagentur (IAEA), OECD's Nuclear Energy Agency (OECD/NEA) og EU's forskningsprogram for nuklear energi har alle tre i mange år haft forsknings- og udredningsvirksomhed vedrørende dekommissionering af nukleare anlæg. Dette resulterede i 1999 i et udkast til en fælles liste³ over arbejdsoperationer og investeringer, som man skal overveje, når man skal vurdere prisen på dekommissionering af et givet anlæg. Denne liste blev anvendt som udgangspunkt for gennemgangen af de enkelte anlæg, og for et meget komplekst anlæg som DR 3 blev listen anvendt konsekvent og konverteret til et Excel regneark, hvor priserne blev lagt ind.

Et andet værktøj, som blev anvendt, specielt for DR 1, DR 2 og Hot Cells, var PRICE programmet, som er udviklet af United Kingdom Atomic Energy Authority (UKAEA). Programmet har en database, der indeholder oplysninger om nødvendig arbejdstid til en lang række dekommissioneringsopgaver, baseret på erfaringer fra UKAEA's egne anlæg. Den arbejdstid, som PRICE gav for de enkelte operationer, blev herefter ganget med en gennemsnitlig timepris (231 kr.) for at få prisen. Hertil blev så lagt eventuelle udgifter til specialudstyr.

Mere generelle arbejdsopgaver, så som helsefysisk planlægning og overvågning, administration, kvalitetskontrol og bygningsdrift og vedligeholdelse, blev vurderet separat på basis af kendskab til nødvendigt antal medarbejdere og erfaringer med driftsomkostninger fra Risøs drift.

Endelig har projektgruppen haft assistance fra det rådgivende ingeniørfirma DEMEX ved vurdering af omkostningerne ved nedrivning af bygninger.

5 Relevante forhold vedrørende lovgivning og myndighedsgodkendelse

De nukleare anlæg på Risø er underlagt bestemmelserne i lov 170 af 16. Maj 1962 om nukleare anlæg med senere ændringer. Dette indebærer, at forandringer i anlæggene, herunder også

³ A proposed standardised list of items for costing purposes in the decommissioning of nuclear installations. Interim technical document. OECD/NEA 1999.

dekommissionering, skal godkendes af Indenrigsministeriet (Beredskabsstyrelsen). I praksis skal arbejdets forskellige faser godkendes af begge de nukleare tilsynsmyndigheder: Nukleart kontor (NUC), under Beredskabsstyrelsen, og Statens Institut for Strålehygiejne (SIS) under Sundhedsstyrelsen.

Arbejdstilsynets regler for almen sikkerhed og arbejdsforhold vil være gældende, og nogle af miljøbeskyttelseslovens bestemmelser kan muligvis være relevante for dele af arbejdet. Lokale myndigheder fra amt og kommune vil skulle involveres i hvert fald i de senere faser af arbejdet.

Rapporten nævner, men omfatter ikke etablering af et slutlager. Et sådant vil formentlig kræve nyt lovgrundlag og tillige være omfattet af blandt andet planlovens bestemmelser om udarbejdelse af en vurdering af virkninger på miljøet som følge af projektets gennemførelse – en såkaldt VVM redegørelse. En tilsvarende redegørelse for nedlægningsarbejdet kræves ikke i Danmark, men er ved at være almindelig ved store dekommissioneringsprojekter i udlandet.

EU og internationale organisationer, primært IAEA vil skulle orienteres om arbejdet.

6 Samlede omkostninger

I tabellerne og figurene på side 14-16 er de vurderede omkostninger i 5-års perioder for de enkelte anlæg og i alt anskueliggjort. Scenarierne fra kapitel 4.1 er indlagt til orientering.

Som det fremgår er scenarierne dyrere jo længere de varer. Forklaringen herpå er, at der ikke har kunnet identificeres arbejdsopgaver, som vinder ved at vente - i den forstand at strålingen er aftaget så meget, at man kan arbejde direkte med emnerne frem for at bruge fjernbetjening. Selv efter 40 års henfaldstid vil de dele af DR 3, som i dag kræver fjernbetjening, stadigvæk kræve fjernbetjening. Men strålingsdoserne til personalet må formodes at blive noget lavere efter 40 år. Forskellen i pris mellem de tre scenarier udgøres derfor af omkostningerne til at holde en (lille) organisation i gang og til drift og vedligeholdelse af bygninger og overvågning af anlæggene, som sikrer, at myndighedskrav er overholdt.

Der indgår i tabeller og figurer tre kategorier af generel art, som ikke direkte kan henføres til dekommissionering af et bestemt anlæg: driftsomkostninger (i den engelske tekst kaldet "general costs"), administration og AHF+QM, som dækker over Anlægshelsefysik og den centrale Kvalitetsstyringsafdeling. Omkostningerne til disse kategorier er baseret på en ekstrapolation af det forventede budget for 2001. En lidt mere detaljeret specifikation af disse udgifter er givet i Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Årlige driftsomkostninger og lønudgifter

	Driftsomko stninger mio. kr.	Lønudgif ter mio. kr.	Antal medarbej dere
Bevogtning	0,8		
Eftersyn og vedligehold	5		
Services fra Risø	3		
Drift af anlæg	3		
Driftsomkostninger			
Løn, Administration		4,0	10
Løn, Kvalitetsstyringsafd.		1,0	3
Løn, Anlægshelsefysikafd.		3,2	9
Løn Behandlingsstationen		5,6	16
Løn Planlægningsafdelingen*		2,8	8
Løn, Driftsafdelingen*		8,4	24
I alt	11,8	25,0	70

* lønomkostninger inkluderet i dekommissioneringsopgaver

Som det fremgår, er den samlede pris vurderet til at ligge i intervallet 1080-1180 millioner kroner, svarende til ca. 55 millioner kroner pr. år i de år, hvor der foregår egentligt dekommissioneringsarbejde. Det må dog understreges, at disse beløb er behæftet med en ikke ubetydelig usikkerhed. Endvidere vil fordelingen af udgifter over de enkelte år afhænge af en mere detaljeret planlægning af dekommissioneringen. Som det fremgår af figurerne med scenarier, er dekommissionering af de enkelte anlæg lagt inden for 5-års perioder. Dette har den lidt uheldige konsekvens, at der i tabellerne og figurerne er nogle "spidser", som ikke ville være der, hvis arbejdet på et anlæg foregik fx fra år 8 til år 13 i stedet for fra år 10 til 15.

Til omkostningerne vedrørende DR 3, skal knyttes følgende bemærkninger. Omkostningerne er sammensat af lønudgifter til udførelse af de relativt detaljerede arbejdsoperationer, der er beskrevet i den engelsksprogede rapport, samt udgifter til anskaffelser eller assistance udefra. De sidstnævnte udgifter udgør den største del af summen, men må anses at være behæftet med stor usikkerhed, eftersom det ikke i indeværende projekt har været muligt i detaljer at specificere behovet for og omfanget af specialudstyr, som skal anvendes om måske 10 år eller mere. Det vil derfor være en opgave for Dansk Dekommissionering at gå i yderligere detaljer med at raffinere disse vurderinger, fx ved nedbrydning af arbejdsopgaverne i delprojekter.

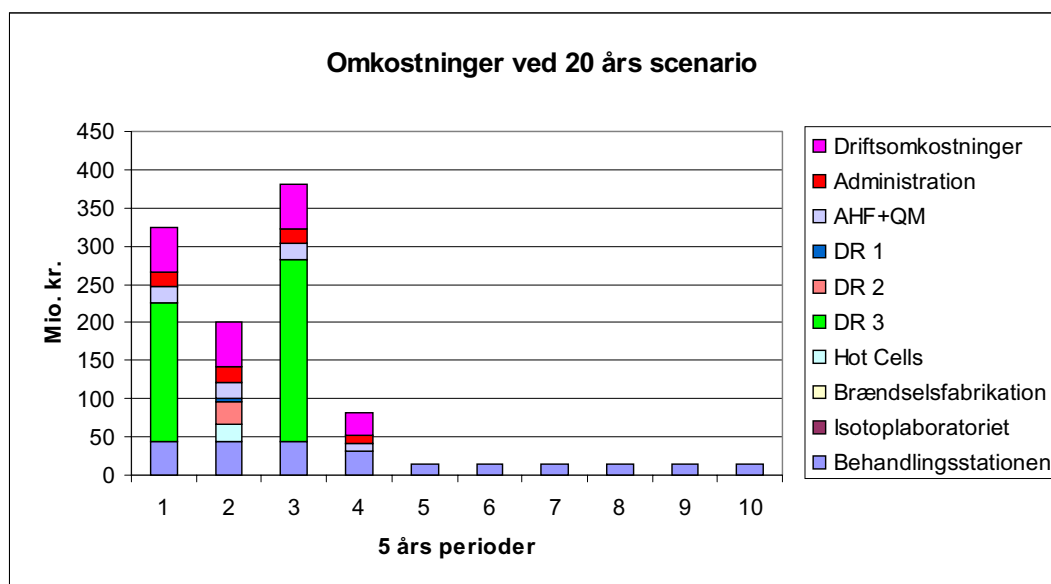
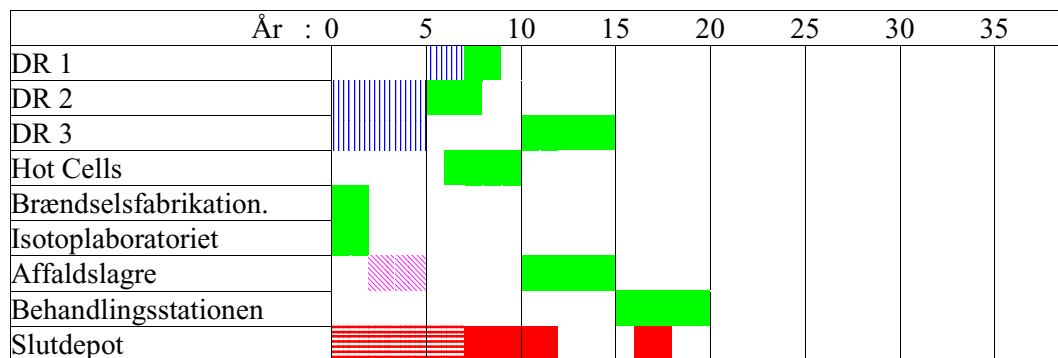
Til DR 3 tallene skal det endvidere bemærkes, at udgiften til bortskaffelse af reaktorens brugte brændselementer til USA indgår i det samlede beløb med 68,4 millioner kr. Denne udgift, som forventes at skulle realiseres i løbet af de kommende ca. fem år, må anses for rimeligt korrekt vurderet, idet den er baseret på mangeårige erfaringer med transport af brugt brændsel. Transporten kræver specialcontainere, som lejes, og meget papirarbejde samt - især - betaling til USA for at modtage det brugte brændsel. Prisen bliver derfor høj.

Det kan endvidere bemærkes, at der er en udgift til Behandlingsstationen, som fortsætter selv efter afslutningen på scenarierne. Den har egentlig ikke noget med dekommissioneringen at gøre, men er medtaget her, for at erindre om, at der fortsat vil være en udgift til at håndtere det radioaktive affald, der kommer fra andre steder i Danmark, så som medicinske og industrielle kilder.

I den vurdering af omkostningerne ved dekommissionering, som gik forud for nærværende projekt, nåede man frem til et skøn på den samlede omkostning i intervallet 300-600 millioner kroner. Dette skøn - der af den daværende arbejdsgruppe blev karakteriseret som meget groft - blev nået ved ekstrapolation af tal fra udenlandske projekter med tilsvarende anlæg. Forskellen på det tidligere og det nuværende skøn er dog ikke så stor, som det umiddelbart kunne se ud til. I nærværende projekt er der gået væsentlig mere i detaljer med Risøs anlæg, end der var mulighed for i det tidligere projekt, og der er blandt andet medtaget omkostninger til drift af dekommissioneringsorganisationen og af Behandlingsstationen for radioaktivt affald. Der er grund til at formode, at sådanne omkostninger ikke har indgået i de udenlandske tal, som lå til grund for det første skøn. Endelig indeholder den nuværende vurdering udgiften på godt 68 millioner kroner til bortskaffelse af det brugte brændsel fra DR 3, hvilket det første skøn ikke gjorde.

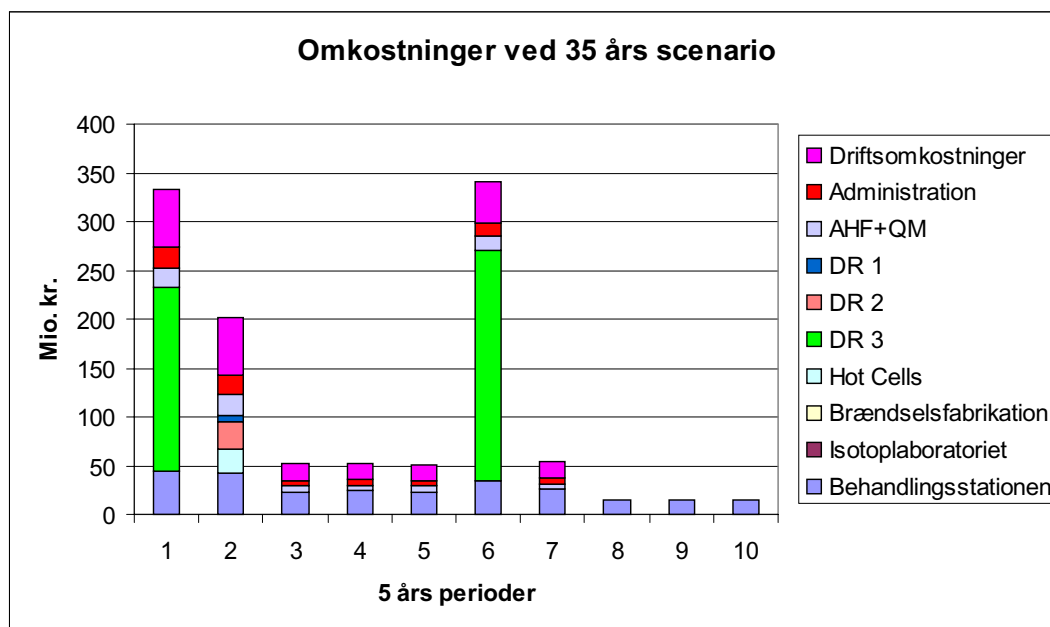
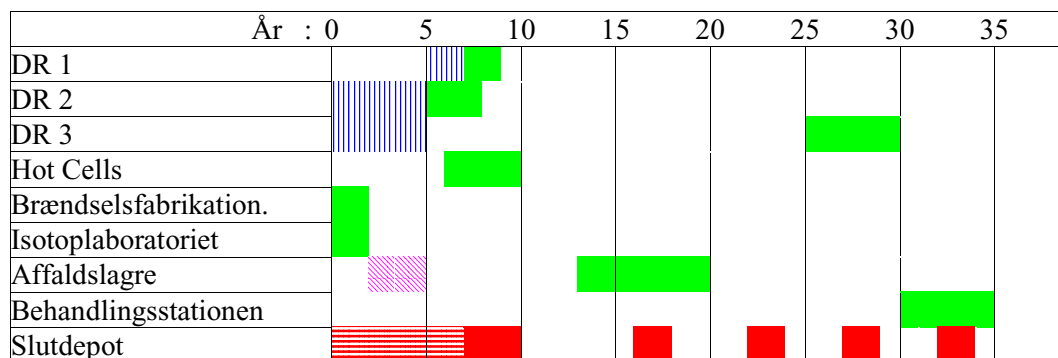
Scenario 1 - "20 års scenario" (10 års køletid for DR 3)

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total mio. kr.
År	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	
Stab pr. år	70	70	70	35							
Driftsomkostn.	59	59	59	29,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	206,5
Administration	20,0	20,0	20,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,0
AHF+QM	21,0	21,0	21,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,5
DR 1	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6
DR 2	0,0	27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,9
DR 3	181,3	0,0	237,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	419,0
Hot Cells	0,0	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7
Brændselsfab.	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Isotoplab.	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Behandlingsst.	43,7	43,0	44,2	31,6	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	252,5
Total, mio. kr.	325,3	201,2	381,9	81,6	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	1080,0
Lønandel	125,0	125,0	125,0	62,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	437,5



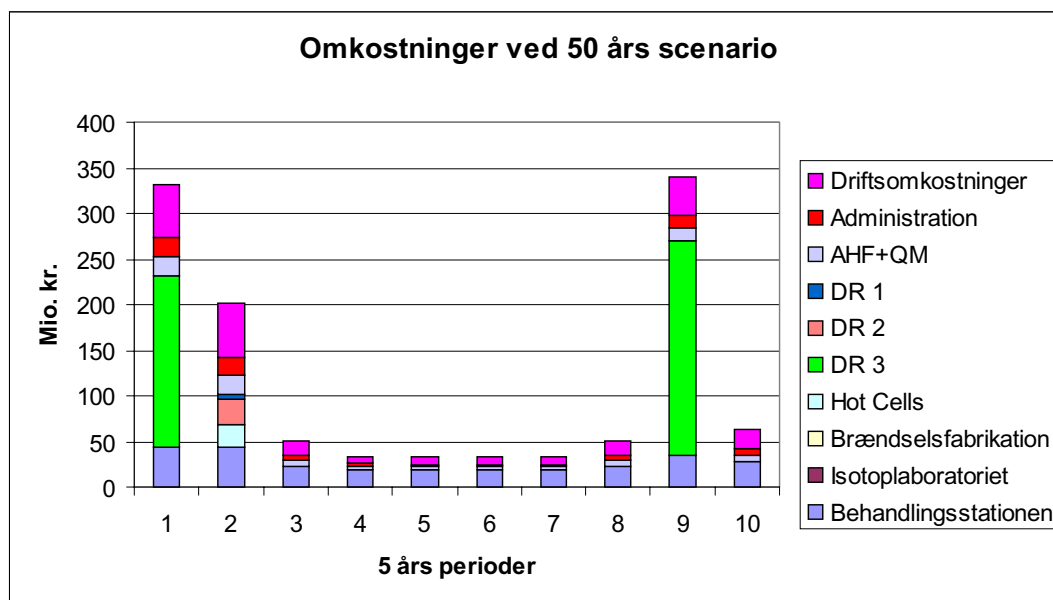
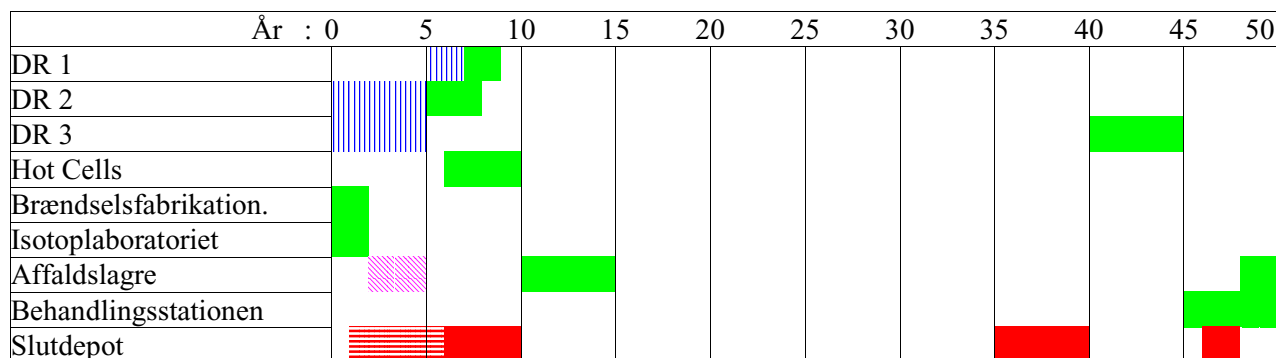
Scenario 2 - "35 års scenario" (25 års køletid for DR 3)

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total mio. kr.
År	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	
Stab pr. år	70	70	20	20	20	50	20				
Driftsomkostn.	59,0	59,0	16,9	16,9	16,9	42,1	16,9	0,0	0,0	0,0	227,6
Administration	20,0	20,0	5,7	5,7	5,7	14,3	5,7	0,0	0,0	0,0	77,1
AHF+QM	21,0	21,0	6,0	6,0	6,0	15,0	6,0	0,0	0,0	0,0	81,0
DR 1	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6
DR 2	0,0	27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,9
DR 3	188,2	0,0	0,0	0,0	0,0	234,7	0,0	0,0	0,0	0,0	422,9
Hot Cells	0,0	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7
Brændselsfab.	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Isotoplab.	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Behandlingsst.	43,6	43,0	23,4	23,9	23,0	35,0	25,6	15,0	15,0	15,0	262,5
Total, mio. kr.	332,1	201,2	52,0	52,5	51,6	341,1	54,2	15,0	15,0	15,0	1129,6
Lønandel	125,0	125,0	35,7	35,7	35,7	89,3	35,7	0,0	0,0	0,0	482,1



Scenario 3 - "50 års scenario" (40 års køletid for DR 3)

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total mio. kr.
År	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	
Stab pr. år	70	70	20	10	10	10	10	20	50	25	
Driftsomkostn.	59,0	59,0	16,9	8,4	8,4	8,4	8,4	16,9	42,1	21,1	248,6
Administration	20,0	20,0	5,7	2,9	2,9	2,9	2,9	5,7	14,3	7,1	84,3
AHF+QM	21,0	21,0	6,0	3,0	3,0	3,0	3,0	6,0	15,0	7,5	88,5
DR 1	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6
DR 2	0,0	27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,9
DR 3	188,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	234,7	0,0	422,9
Hot Cells	0,0	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7
Brændselsfab.	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Isotoplab.	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Behandlingsst.	43,6	43,0	23,0	19,9	19,0	19,0	19,0	23,0	35,0	28,0	272,5
Total, mio. kr.	332,1	201,2	51,6	34,2	33,3	33,3	33,3	51,6	341,1	63,7	1175,4
Lønandel	125,0	125,0	35,7	17,9	17,9	17,9	17,9	35,7	89,3	44,6	526,8



7 Krav til lagerkapacitet i et dansk slutdepot for radioaktivt affald

Det affald, der fremkommer ved dekommissionering af Risøs nukleare anlæg samt det allerede oplagrede affald, vil med enkelte undtagelser - som omtalt nedenfor - være at karakterisere som lav- og mellemaktivt affald. Hovedparten af det radioaktive indhold hidrører fra radioaktive stoffer med halveringstider under 30 år, men der vil også forekomme langlivede radioaktive stoffer, både α - og β -emittere, som man skal tage hensyn til ved udformning af slutdepotet..

7.1 Mængder og aktivitetsindhold

Det volumen af affald, der skal anbringes i et slutdepot afhænger af krav til strålingsafskærmning og af hvor effektivt, det er muligt at pakke affaldet. Ved de vurderinger, der er gengivet i Tabel 7.1, er det antaget, at tætheden i middel er 1 ton/m³.

Tabel 7.1 Volumenestimer og aktivitetsinventorier for affald fra dekommissionering af Risøs nukleare anlæg samt eksisterende, oplagret affald

	Volumen af konditioneret radioaktivt affald	$\beta\gamma$ -aktivitet kortlivet (+ tritium)	β -aktivitet langlivet ($T_{1/2}>30$ år)	α -aktivitet langlivet actinider	Masse af næsten inaktivt og inaktivt affald	
	m ³	GBq			tons	
DR1	2	1	lav	lav	200	+ 1000
DR2	120	60	lav	~0	300	+ 600
DR3- komplekset	1000	13600* (+20000*)	1100*	~0	1800	+ 11000
Brændselsfab.	1	-	-	lav	-	-
Isotoplab.	5	-	lav	-	-	10
Hot cells	50	3300	lav	100	2500	-
Behandlingsst.	50	1	lav	lav	100	+ 3600
Affaldstromler	1800	25000	1000	1000		
Totalt, ca.:	3000	42000 (+20000)	2100	1100	5000	16000
UP malm og affald**	3400	datterprod.	-	100	1000	-

* denne foreløbige vurdering kan være noget for høj

** hidrørende fra "Uran Pilotanlægget", et projekt vedrørende udvinding af uran fra grønlandsk malm

Et usikkerhedsmoment i vurderingen af de mængder, der skal deponeres, er spørgsmålet om hvor meget af nedrivningsaffaldet, der i praksis vil kunne deklassificeres og genbruges eller bortskaffes som ikke-aktivt materiale. Denne mængde er estimeret i næstsidste kolonne i Tabel 7.1. Sidste kolonne i tabellen er de estimerede mængder af almindeligt bygningsaffald, som forventes at kunne bortskaffes som sådant.

Nogle af de oplagrede affaldstromler indeholder kasserede bestrålingskilder af forskellig art, fx gamle radiumkilder fra hospitaler. Selv om nogle af disse kilder er relativt store, forventes de ikke at bidrage på signifikant måde til de i Tabel 7.1 angivne aktivitetsmængder. Ca. en tredjedel af det i øjeblikket oplagrede radioaktive affald hidrører fra andre steder end Risø.

To kategorier af affald indeholdende fissilt materiale er specielle: kerneopløsningen fra DR 1 og omkring 230 kg bestrålet brændsel, der i form af ituskårne brændselsspinde (kraftreaktorbrændsel) har været genstand for undersøgelser i Hot Cells. Aktivitetsindholdet i disse materialer er vist i Tabel 7.2.

Tabel 7.2 Bestrålet fissilt materiale

	Vægt af fissilt materiale:	$\beta\gamma$ -aktivitet kortlivet $T_{1/2} < 30$ år	β -aktivitet langlivet	α -aktivitet langlivet actinider
	kg		GBq	
DR1 kerneopløsning	5	300	1	3
Bestrålet brændsel fra Hot cell undersøgelser	230	1300 000	8000	47 000

Aktiviteten af DR 1's kerneopløsning er ikke signifikant forskellig fra det, der forekommer i nogle af de ovenfor nævnte affaldsstrømmer, og kernen kunne efter passende konditionering deponeres sammen med disse. Den kunne imidlertid også sendes til oparbejdning i udlandet; affald som returneres fra en sådan behandling, vil uden problemer kunne deponeres.

Det bestrålede brændsel fra Hot cell undersøgelserne er af en anden karakter. Mængden er dog så lille, at det kan lagres uden problemer med varmeproduktion. Mulighederne for på længere sigt at komme af med dette materiale undersøges i anden sammenhæng.

De omkring 15 m³ tungt vand fra DR 3 indeholder en betydelig mængde af den tunge brintisotop, tritium (ca. 3×10^{15} Bq). Det er ikke egnet til deponering, men kan muligvis sælges til andre reaktoranlæg, som anvender tungt vand.

7.2 Lagerkapacitet i slutdepotet

Der eksisterer kun præliminære koncepter for et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald. Som det imidlertid fremgår af Tabel 7.1, kan det være forholdsvis lille. En kapacitet på 3000-10.000 m³ vil være tilstrækkeligt, afhængig af mulighederne for at deklassificere dele af affaldet.

Ud over radioaktivt affald må depotet også kunne modtage en vis mængde kemisk giftigt materiale, rangerende fra beryllium til ikke-bestrålet uran og andre tungmetaller som kadmium samt en betragtelig mængde bly.

Forslag til placering og design af et slutdepot indgår ikke i nærværende projekts opgave, og der er derfor ikke foretaget nogen vurdering af prisen på deponering. De ovenfor angivne vurderinger af type og mængde af affald fra dekommissioneringen vil imidlertid udgøre en vigtig del af grundlaget for den kommende planlægning af en sådan facilitet.

Sluttelig skal det erindres, at slutdepotet ud over at modtage affaldet fra dekommissionering af Risø anlæg også skal modtage radioaktivt affald andetsteds fra, fx fra medicinsk og industriel anvendelse af radioaktive kilder.

8 International evaluering af projektet

Med henblik på bedst muligt at sikre kvaliteten i projektets konklusioner blev det fra starten bestemt, at arbejdet skulle underkastes en evaluering af udenlandske sagkyndige. Projektets hovedrapport blev derfor udfærdiget på engelsk. Som evaluatore blev udpeget fremtrædende medarbejdere på de tre institutioner, der var blevet besøgt i projektets første fase. Disse tre steder har man flere års praktisk erfaring med planlægning og gennemførelse af dekommissionering af anlæg, som ligner Risø. De tre evaluatore var:

Dr. Roger Andres, Chef for helsefysikafdelingen, Paul Scherrer Institut, Schweiz
 Wolfgang Pfeifer, Teknisk/administrativ leder af dekommissionering, Forschungszentrum
 Karlsruhe, Tyskland

Dr. John Williams, Programme manager, Fusion Decommissioning, United Kingdom Atomic Energy Authority, Culham

Rapporten blev sendt til evaluatorene i begyndelsen af januar 2001, og resultatet af evalueringen blev drøftet mellem evaluatorene og Risøs projekt- og styregruppe på et seminar den 14. februar. Et resume på engelsk af seminaret er vedlagt i Bilag 2 tillige med rapporter fra evaluatorene. Generelt fandt evaluatorene, at det beskrevne arbejde var vel gennemført, og at alle relevante aspekter var blevet taget i betragtning. To af evaluatorene fandt at de skønnede omkostninger for dekommissionering af DR 3 var for høje; men der var enighed om, at usikkerheden på omkostningsskøn i denne tidlige fase vil være meget stor. Det blev anbefalet, at man i det videre arbejde - som forventes at finde sted i Dansk Dekommissionerings regi - går mere i detalje med at specificere arbejdsoperationer og omkostninger for DR 3. Evaluatorene havde endvidere en række forslag til mere specifikke ændringer i teksten, således at denne bliver lettere forståelig for udenforstående. Disse rettelser er blevet foretaget i den foreliggende endelige udgave af den engelsksprogede rapport.

9 Konklusion

I det projekt, der er beskrevet i nærværende rapport og i den mere detaljerede engelsksprogede rapport⁴, er der udarbejdet en beskrivelse af de nukleare anlæg på Risø og en vurdering af den tilbageværende mængde af radioaktivt materiale i anlæggene. Endvidere er de arbejdsoperationer, der skal indgå i en total dekommissionering af anlæggene, beskrevet i den detaljeringsgrad, det har været muligt at opnå på nuværende tidspunkt. Ud fra de identificerede arbejdsoperationer er der foretaget en vurdering af de samlede omkostninger ved dekommissioneringen, idet der er set på tre tidsmæssige scenarier.

Den samlede pris er vurderet til at ligge på ca. 1100 millioner kroner, svarende til ca. 55 millioner kroner pr. år i de år, hvor der foregår egentligt dekommissioneringsarbejde (det korte scenario). Det må dog understreges, at dette beløb er behæftet med en ikke ubetydelig usikkerhed, idet der, specielt vedrørende det største anlæg DR 3, indgår vurderinger af anskaffelser af dyrt specialudstyr, som det ikke har været muligt at gå i detaljer med inden for projektet. Det var evaluatorernes opfattelse, at specielt DR 3 omkostningerne var vurderet for højt, men at man på nuværende tidspunkt ikke kan foretage en mere sikker vurdering.

Ved gennemgangen af de nødvendige arbejdsoperationer og vurderingen af aktivitetsindholdet i specielt DR 3 er det blevet erkendt, at der antagelig ikke vil være noget vundet ved at lade DR 3 henstå i 25 eller 40 år, før den sidste del af dekommissioneringen iværksættes. Der vil selv efter disse forholdsvis lange køletider være så megen aktivitet i reaktorens centrale dele, at operationer, som efter 10 år skal udføres fjernbetjent, også skal det efter 25 eller 40 år. Der er derfor ikke noget at spare på arbejdstid og udstyr ved at vente. Derimod vil der ved de to lange scenarier være udgifter til opretholdelse af en (lille) driftsorganisation og til drift og vedligeholdelse af bygninger m.v.

Ud over vurdering af prisen på dekommissionering af Risøs anlæg har projektet resulteret i en vurdering af de mængder af radioaktivt materiale, der skal deponeres i et kommende dansk slutdepot for radioaktivt affald. En depotkapacitet på op til 10.000 m³ vurderes som tilstrækkeligt, afhængig af mulighederne for at deklassificere dele af affaldet. Ud over radioaktivt affald må depotet også kunne modtage en vis mængde kemisk giftigt materiale, så som beryllium, ikke-bestrålet uran og andre tungmetaller som kadmium og en betragtelig mængde bly. Endelig skal det erindres, at depotet også i fremtiden skal være dansk depot for radioaktivt affald fra medicinsk og industriel anvendelse af radioaktive kilder

4 Decommissioning of the nuclear facilities at Risø National Laboratory. Descriptions and cost assessment. Edited by Kurt Lauridsen. Risø National Laboratory, February 2001.

Bilag 1

08-09-00, KL/LG
J.nr. NUA-2000-011

Kommissorium for udredningsprojekt vedrørende plan for nedlægning af Risøs nukleare anlæg

Baggrund

Med henblik på at tilvejebringe en oversigt over de tekniske og økonomiske forhold forbundet med afviklingen af Risøs nukleare anlæg iværksætter Risø efter aftale med Forskningsministeriet et udredningsprojekt. Udredningen skal omfatte nedlægningsprocessen for alle Risøs nukleare faciliteter frem til "grøn mark" og skal give en oversigt over de nødvendige personalemæssige og økonomiske ressourcer samt en vurdering af de mængder radioaktivt affald, der vil være behov for at deponere. Udredningen vil ikke indeholde beskrivelser af etableringen af et dansk slutdepot.

Udredningen skal tjene som grundlag for

1. valg af tidsforløbet i nedlægningen af de forskellige anlæg (nedlægningsscenario),
2. etablering af den organisation, der skal forestå nedlæggelsen,
3. fastlæggelse af finansieringsbehov for hele forløbet, som vil strække sig over en længere årrække samt
4. fastsættelse af kravene til et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald

Udredningen tager sit udgangspunkt i "Langtidsplan for Risøs nukleare anlæg" udsendt af Direktionen 11. maj 2000. Udredningen skal betragte de aktiviteter, der følger efter selve lukningen af anlæggene og den første oprydning (så som fjernelse af brændsel og tungt vand fra DR 3).

Udredningens indhold

Forskellige scenarier - specielt med hensyn til det tidsmæssige forløb i en nedlægning - skal undersøges. I udredningen skal indgå:

- § Fortegnelse over de omhandlede anlæg og beskrivelse af disse
- § Detaljeret beskrivelse for hvert anlæg af det arbejde, der skal gøres ved nedlægning
- § Detaljeret vurdering af mandskabsindsats med angivelse af typer af medarbejdere, varighed, antal personer pr. operation, etc.
- § Vurdering af behov for særlig kostbart specialudstyr til forskellige operationer
- § Vurdering af strålingsdoser til det involverede personale (afhængigt af scenarier)
- § Vurdering af andre sikkerhedsmæssige forhold (afhængigt af scenarier, fx. risici som følge af tidspres for at undgå for høje strålingsdoser)
- § Vurdering af de frembragte mængder af radioaktivt affald og behandlingen af dette
- § Vurdering af behov for og krav til et dansk slutdepot for radioaktivt affald
- § Vurdering af ikke-nukleare miljøforhold ved nedlægningen
- § Vurdering af behovet for myndighedsbehandling
- § Vurdering af de økonomiske omkostninger ved de enkelte aktiviteter
- § Vurdering af de samlede økonomiske omkostninger over årene ved de betragtede afviklingsscenarier.

Udredningen skal endvidere vurdere mulighederne for genbrug af bygninger og anlægsdele, som er ikke-radioaktive.

Endelig skal udredningen beskrive den mest hensigtsmæssige organisation af arbejdet med afviklingen.

Arbejdsgruppe og styregruppe

Projektet udføres af en lille projektgruppe med ret til at trække på relevant ekspertise på Risø og eksternt. Projektet følges på Risø af en intern styregruppe med deltagelse fra Risøs direktion og relevante tekniske eksperter.

Arbejds måde

Detaljeringsgraden i beskrivelserne af nedlægningsaktiviteter skal være sådan, at der kan gives en rimelig sikker vurdering af omkostningerne. Erfaringer med metoder til valg af rette detaljeringsgrad indhentes eventuelt eksternt.

Projektet skal ved litteraturstudier og besøg inddrage erfaringer fra udenlandske anlæg, hvor nedlægninger allerede er i gang eller gennemført.

Udredningen tilrettelægges således, at den kan danne grundlag for videre planlægning.

Den teknisk detaljerede del af udredningen affattes på engelsk af hensyn til muligheden for at lade udenlandske sagkyndige vurdere den. Udledningens konklusioner rapporteres desuden på dansk.

Ved projektets start foretages en vurdering af ekspertisebehov og -tilgængelighed, internt på Risø og eksternt

Der skal etableres en procedure for kvalitetssikring af bidrag til udredningen.

Tidsplan og økonomi

Udredningen skal foreligge ved udgangen af marts 2001 med første udkast klar til ekstern kommentering ved udgangen af år 2000.

Dækning af omkostninger i forbindelse med udredningen aftales mellem Forskningsministeriet og Risø.

Bilag 2

Resume af evalueringsseminar samt Evalueringsrapporter

(Identisk med Appendix 6 i den engelsksprogede rapport)

Summary of discussions at the review seminar 14 February 2001

Participants:

Reviewers:

Roger Andres (RA), Paul Scherrer Institut, Wolfgang Pfeifer (WP), Forschungszentrum Karlsruhe, John Williams (JW), UKAEA

Danish Decommissioning

Knud Larsen (KnL), managing director

Risø National Laboratory:

Jørgen Kjems (JK), managing director, Lisbeth Grønberg (LG), Knud Brodersen (KB), Mogens Bagger Hansen (MBH), Benny Majborn (BM), Lisbeth Warming (LW), Nils Hegaard (NH), Klaus Iversen (KI), Kurt Lauridsen KL)

The discussions at the seminar were structured in order to have the reviewers' comments to the following items:

- the approach to the work
- the scenarios - possibly recommendations as to which one to choose
- the technical decommissioning tasks identified
- the estimated costs
- how to proceed in refining the cost assessment

plus, of course, other items the reviewers wished to comment on.

The approach to the work

The reviewers agreed that the report is well written and structured, easy to navigate in.

JW noted that his main issue of concern is that more emphasis should be put on the waste issues, including the approval and licensing aspects for the treatment and disposal, which to his experience may be very time and resource consuming. The other reviewers agreed to this point of view.

RA drew the attention to the need for acceptance criteria for waste containers, and WP pointed to the necessity of identifying a repository for radioactive waste, as the specifications of the waste containers depended on the repository design.

Furthermore, RA recommended that the Danish regulatory system be described in the report, also for the benefit of readers in neighbouring countries.

The scenarios - possibly recommendations as to which one to choose

There was general agreement between the three reviewers that a short decommissioning scenario should be preferred, even though radiation levels will be higher than after a long cooling period (but for the timescales for the three scenarios the differences will not allow significantly different dismantling procedures to be used). Among the arguments for a short scenario the following were underlined:

- the availability of skilled personnel (especially relevant in Denmark, since there are no other places in the country working with nuclear technology)
- the waste management facility needs to have a reasonably continuous flow of work without prolonged periods with little or no influx of waste

In addition, WP mentioned that the larger costs for the long scenarios may be even larger than indicated in the report if discounting of the costs were applied, and as JW added, the Danish authorities need to maintain relevant knowledge as the liability still exists.

RA mentioned that some cooling time would be achieved even in the short scenario, since it would take at the least 10 years to dismantle and check the external equipment at DR 3.

The reviewers expressed general concern about the possible loss of expertise in long scenarios, and shared the common view, that utilisation of foreign expertise sometime in the future would be much more expensive, than using the existing expertise now. The reviewers recommended the short scenario. JW suggested considering a common approach for the DIDO/PLUTO users in Germany, Australia, the UK and Denmark.

The technical decommissioning tasks identified

DR 1:

JW noted that the only major problem in his opinion would be the disposal of the fuel solution. RA and WP agreed. WP suggested that the fuel might be treated as radioactive waste.

DR 2:

RA noted that disposal of beryllium, lead and aluminium might pose problems, which should be considered. In this context WP mentioned that experience exist at the FZK with conditioning aluminium waste in concrete.

For DR 2 as well as for the other two reactors it was noted that the disposal of graphite could be difficult. RA mentioned that a Swiss patent exists on the disposal/waste treatment of graphite.

DR 3:

WP mentioned that release of tritium during the decommissioning work might pose a problem.

JK asked whether heavy water could be considered a tradable item. JW informed that the UKAEA had not received any income from the disposal of the heavy water from DIDO, PLUTO and SGHWR. The high tritium content of the Risø Heavy Water may pose a problem, preventing the re-use in power plants without treatment. The receiver of the UKAEA's Heavy Water provided new drums for it to be transported and paid for the transport. The UKAEA packaged the Heavy Water, made the safety cases and disposed of the wastes arising from the transfer and storage process within the UK. Overall the disposal was a cost the UKAEA with no income for the 'sale' of the Heavy Water. The Risø Heavy water might have a lower tritium content than the UKAEA's so it might have some value. The UKAEA collected all its redundant Heavy Water together so only one disposal was made.

WP found the use of the IAEA/OECD/EC list of costing items very useful. But at the FZK the cost estimates usually are made directly in term of money rather than in terms of man-hours. The reason is that it is not FZK personnel but contractors that perform the demolition work; FZK personnel plans the work and is responsible for the safe performance of it.

JW advised to be cautious when dismantling electrical installations; the UKAEA has had some bad experiences with work on electrical cables that were thought to be dead but turned out not to be so.

Replying to a question from KI, both WP and JW confirmed that radioactive material had been found in unexpected locations during decommissioning at FZK and UKAEA.

JK asked the reviewers to inform about their strategy and procedures of radiation protection, for instance with a view to external contractors.

For the UKAEA, JW informed, the people from outside contractors have to be suitably qualified (and trained) with respect to working on any UKAEA licensed site but the UKAEA still has the responsibility for the safety and could not pass on this responsibility to contractors. However, some of the radiation protection service is provided by (different) contractors, but the UKAEA ensured that they satisfied all the safety requirements. JW noted that very much monitoring is necessary.

RA informed that people entering a nuclear facility in Switzerland must be properly instructed in both radiation protection and quality control. He was satisfied to see that an adequate health physics workforce had been foreseen in the report, and advised that the health physicists be involved in the planning of decommissioning operations as well as in the surveillance of the work being performed. He found that Danish dose limits and the ALARA and optimisation principles ought to be mentioned in the report.

WP informed that the organisation in charge of the health physics at FZK is strictly separated from the dismantling staff. There are health physics managers present at all facilities where decommissioning work is going on. Most of the radiation protection work is carried out by external contractors.

KnL put the question to the reviewers: "If you had personnel in-house, would there still be arguments for outsourcing the work?" WP found that it depends on the situation of the staff - also seen from a social point of view. He advised not to be afraid of employing contractors. RA, on the other hand, strongly advised to use own personnel as long as it is available, as they are much cheaper.

RA observed that the report does not mention a quality management system. KL explained that this was due to the fact that the new organisation, Danish Decommissioning, which is being established at present, is in the process of setting up a quality management system. This subject has, therefore, been kept out of the report. RA informed that the PSI uses the ISO system for quality management. JW told that the UKAEA has set up their own, very large, system, which is computer based and available to all staff on all its sites. The FZK also has its own system; it does not put so much emphasis on documentation, since the final goal of the work is the removal of the facilities.

The Isotope laboratory and the Fuel fabrication facility

The reviewers had no comments to the report concerning these small facilities.

Hot cells:

RA found the estimated radiation doses for the Hot cell dismantling very high.

JW commented that using water jets for decontamination of surfaces will not be an adequate method, because it may lead to contamination being moved into cracks and crevices; dry cleaning methods should be used.

JW and WP informed that both the FZK and the UKAEA have much experience with decontaminating and decommissioning hot cells. JW specifically mentioned one case of a hot cell that had been contaminated with hydraulic oil in addition to a large number of cobalt pellets being spilled. This cell suite had been cleaned completely and demolished.

RA pointed to the difficulty in measuring plutonium contamination; this demands a very low background radiation from other radionuclides.

JW drew the attention to the fact that using robots raises the cost with more than just the price of the robot itself. Mock-up facilities and training of the operators adds substantially to the cost. Furthermore, WP added, robots need to be adapted to the individual facility. RA was not very much in favour of using robots at all, but pointed to the ALARA optimisation of cost versus dose (in Switzerland a value of 3000 CHF per person-mSv is used).

WP concluded that there would probably not be any need for actual robots at Risø; normal, fixed manipulator systems will suffice. JW will provide information on the decommissioning of two UKAEA hot cell facilities which involved the use of special handling systems, one being a NEATER Robot which was adapted from a Unimation Commercial Robot and the other an ARTISAN heavy duty hydraulic manipulator.

Waste storage and handling:

WP commented that the decommissioning tasks seemed to be relatively easy. Concerning the possible investments listed, e.g. sandblasting equipment, he drew the attention to the existence of mobile equipment that can be rented. RA added that also mobile facilities for clearance measurements might be rented.

JW commented that, based on UK experience, recovery of waste from underground storage facilities might prove difficult if there is corrosion of the waste containers.

WP mentioned that old documentation has been evaluated due to changed demand on waste containers. (4 million DM / year for re-inspection and re-evaluation)

JK asked for advice as to what to do with the 233 kg of hot cell waste, containing fuel. RA mentioned that a waste management subgroup under the European Atomic Energy Society was planning a meeting in Mol, trying to set up a common strategy for such questions. KB informed that Anne Sørensen from the Waste Management Plant is going to participate in the meeting.

The estimated costs

WP asked whether the cost estimates include waste treatment; at the FZK waste treatment and packaging gives about 20% of the total cost. KB confirmed that waste treatment costs had been taken into account.

Both WP and RA found that the cost estimate for DR 3 was too high; RA mentioned that the cost of decommissioning of the DIORIT reactor will be around 100 million DKK, and WP mentioned that the decommissioning for the MERLIN reactor in Jülich was around 200 million DKK.

Concerning the management costs it was recommended to specify these in more detail, because they comprise activities, which are not normally considered as management, e.g. health physics services.

Furthermore, it was recommended to add more transparency to the costs given in chapter 10, Total costs.

WP presented a comparison of the cost estimate for decommissioning of Risø's waste management plant with that for the corresponding facility at the FZK; a good agreement was found between the costs per ton (Risø: 2600 DKK/t, FZK: 5000 DKK/t), considering the differences in complexity between the two facilities.

As a general remark to the cost estimates JW noted that all estimates in the decommissioning field have large uncertainties, in particular in an early stage. For instance, the UKAEA had experienced that responses to calls for tenders had shown very large ranges of bids from different contractors.

RA mentioned that a major risk to the estimating of the time and cost schedule was delay in response from authorities and politicians.

How to proceed in refining the cost assessment

WP recommended for further iterations that costs be divided into cost blocks, such as preparation, dismantling, waste treatment, health physics etc., and that a work breakdown structure be made for each decommissioning project.

In general it was recommended that the costs for DR 3 should be scrutinised in more detail in order to reduce uncertainty in the estimates.

Other items the reviewers wish to comment on

Referring to chapter 6.9.3, "Research and development of decontamination, radiation measurement and dismantling processes, tools and equipment", RA stated that there in his opinion would not be a need for actual research in order to perform the decommissioning; maybe some development. But R&D-like activities and the maintenance of international contacts and collaboration might be necessary in order to keep the staff motivated.

Regarding the estimated personnel doses WP commented that the estimate for DR 3 seemed very high. In his experience, the doses accumulated during decommissioning in general are lower than those during operation, because work can better be planned and there is less time pressure in the performance of the tasks. Adding to this, JW told that, the UKAEA experience is that doses can be reduced by ensuring only the staff undertaking the work are in the vicinity of the work place and that video systems are used to observe much of the work from a distance. Video recording and training had been a good tool to improve this situation with supervisors able to show the operational staff what they had to do without always having to enter the high radiation areas.

Review of a report:

**Decommissioning of the nuclear facilities
at Risø National Laboratory: Descriptions
and cost assessment (K. Lauridsen, ed.);
Draft**

**Roger Andres
Paul Scherrer Institut
Switzerland**

February 2001

Contents

1. Method of review

2. General comments

2.1. Structure and contents of the report

2.2. Level of detail

3. Specific comments

3.1. Technical points

3.2. Health physics

3.3. Finance

3.4. Intermediate storage and final repository

3.5. Regulatory oversight

3.6. Quality management

4. Management issues

4.1. Flexibility

4.2. Opportunities

4.3. Timeliness

4.3. Research

5. Conclusions

1. Methode of review

Before the onset of the review, a few decisions regarding the procedure of review have been taken. The four main points are:

- It was felt to be advisable that the report should give all the information relevant to the general decisions needed now. It will probably be read by a variety of people not necessarily fully informed in the respective areas of knowledge. It should therefore contain all the relevant information. Consequently, no information in addition to that in the report has been sought regarding the specific situation at the Risø National Laboratory and in Denmark in general, in order to make the review of the document as impartial as possible.
- The contents of the report are compared to the situation in Switzerland, not because this should represent a particularly valuable benchmarking, but it is a comparison to a working system, well known to myself.
- Questions I have asked were, amongst other: Is the report consistent, comprehensive, understandable and correct?
- The issues regarding nuclear fuel have not been reviewed, since my corresponding experience is very limited, and therefore of insufficient relevance.
- It seems a very difficult, if not impossible task, to review such a report without at the same time having my own opinion on certain procedures proposed in the document. No effort was undertaken to filter these opinions out of the statements concerning exclusively the report itself.

2. General comments

2.1. Structure and contents of the report

The report represents a very comprehensive source of information about the situation at the nuclear facilities in Risø. It addresses all the relevant points of the task of decommissioning and dismantling these installations. The most important issues treated in the report are

- Technical procedures and management
- Health physics
- Regulatory issues
- Finance
- Etc.

Reference is made, whenever possible and appropriate, to international guidelines (European Commission, IAEA, etc.) and experience is cited from other places, that have gone through similar dismantling procedures. This seems eminently sensible, as it would definitely not be economical to “re-invent” everything.

The report is clearly structured, and leads the reader through the information along a well-defined route. Chapters 1 to 5 set out the basic information, the methods used in the analysis of the task and sources of information. The rest of the report then describes the results of the deliberations and offers options for decisions to be made.

A strict numerical system of chapters, subchapters etc. makes navigation and cross-referencing in the report easy. It clearly is the product of a well lead and motivated team.

2.2. Level of detail

The level of detail given in the different chapters varies widely:

- Very detailed information is found regarding technical issues and finance.
- Issues of health protection and management are treated competently, but in less detail.
- The regulatory situation, questions of interim and final storage (not part of this report, but impinging on it) are dealt with in a rather general fashion only.

The decommissioning and dismantling of several complete nuclear installations, as planned at Risø National Laboratory, is a very complex task, for which detailed information regarding all aspects will be needed at a certain point in time. The pattern of the levels of detail as described above is not unusual, it simply represents the frame of mind of scientists and engineers. However, it might be possible that other organizations, e.g. policy makers, have other points of view, and their respective needs might later have to be addressed in greater detail. At the current stage of debate, the information found in the report is certainly sufficient to start a fruitful discussion, leading to a first set of decisions.

3. Specific comments

3.1. Technical points

In chapter 6 (and the respective annexes) a description is given of the tasks to be undertaken to dismantle each of the facilities. The DR 3 reactor is correctly identified as the big task in all respects. However, it seems not very productive for me to comment on details, without having had the opportunity to see the situation. As a general rule it seems wise to keep up all safety related ancillary equipment, because the subsequent dismantling operation result in an increased risk relative to normal operations. The authors have correctly identified this need as an unavoidable obligation for the future.

The very detailed description of the dismantling operation of DR 3, given in Annex 3, is prove of a careful analysis of the situation. If the dismantling work begins it will be necessary to continuously adapt and fine-tune the work plan, as it will be inevitable that unexpected hurdles or opportunities arise. This is true also for all the other facilities under consideration.

It seems unnecessary to further elaborate the technical aspects. Some of the tasks are not very demanding and some might lay in the rather distant future anyway.

The technical aspects of the report are certainly commensurate with the needs of the present stage of the decision process.

3.2. Health physics

Issues relating to health physics permeate the whole report, which is proof of the importance of this subject to the authors. However, because radiation protection has both political and ethical dimensions, the report might profit from a somewhat firmer commitment to definite limits for the doses incurred by the workers and the public, and from a clear demonstration of the will to keep these low. International guidelines are cited, that sometimes have the character of very general advice only, but constitute good “checklists” to check the completeness of health physics concepts.

Some specific points worth mentioning are:

- At several places throughout the report ICRP-reports are cited. Modern health physics systems make extensive use of this advice. A key feature is the concept of optimization. In the report this concept is used solely in the framework of exemption and release of materials, but not in the context of operations. In particular, the goal of ALARA (“as low as reasonably achievable”) is not mentioned explicitly.
- For the dismantling of the DR 3 a total dose of 2000 person mSv is estimated. This seems very high, in particular when compared to other decommissioning experience such as PLUTO and DIDO. Some optimization of the procedures might be indicated.
- It is gratifying to see, that adequate manpower is planned for the completion of health physics tasks. From experience in Switzerland it is evident that the operational tasks of the health physics personnel are not very demanding, if the dismantling crew is adequately instructed in operational radiation protection rules. However, a very big task is the measurements for clearance, because it is clearly more difficult to prove the absence than the presence of contamination. In addition, a data bank has to be kept for future demonstration of compliance with regulations.
- At several places a concept is mentioned to distribute dose to a numerous workforce. Although a common practice, this procedure seems ethically justified only if all reasonable efforts have been taken to reduce the dose through careful optimization.
- At various places throughout the report the problem of releases is mentioned, including limits not to be exceeded (e.g. inhalation dose to public less than 10 μ Sv). As the issue of off-site doses to persons has delicate national (and possibly international) dimensions, it is recommended that this subject be treated carefully and in a somewhat firmer fashion before major dismantling activities are started.

3.3. Finance

It is apparent that the authors of this report have very carefully addressed all financial aspects. The use of the PRICE program, explicitly shown for DR 3, is an eminently suitable way to estimate the costs of dismantling. As has been stated by the authors, care should be taken not to over-interpret these numbers. At this stage of discussion they cannot represent financial information with a degree of confidence usually found in a business environment. Nevertheless, it is recommended to improve the transparency and clearly specify what will (and what will not) be delivered with the funds requested.

Not unexpectedly, dismantling of DR 3 again is the major single contributor of costs. The financing of the central parts of this endeavor results in a peak of monetary needs. This, in my opinion, has consequences to be taken into consideration on a political and management level, and this issue will be addressed below.

The funds requested are high by any standards. Rather than wishfully reducing them with unrealistic optimism, it would be more useful at this stage to confirm the willingness - and show possibilities - for continuous cost control and possibly, reduction, during the lifetime of the whole operation.

Apart from all the above qualifications, the numbers are adequate for the decisions needed now, and the best one can deliver at this time.

3.4. Intermediate storage and final repository

It is explicitly stated that the subject of a final repository is not within the scope of this report, but this issue nevertheless has consequences for the actions described in the document.

It is inferred from the report that no fixed criteria exist for the acceptance of waste containers with regard to their size, weight, structure, stability and radiological parameters. At some point in the future such a definition of the acceptability of containers is needed, in order give guidance to the crew involved in the actual dismantling. Repacking of containers due to shifting acceptance parameters is not a viable option, both from a financial and a health physics point of view.

No special consideration is given to the disposal of chemically problematic and radioactive materials like lead, aluminum and beryllium. It is recommended that this issue should be addressed.

3.5. Regulatory oversight

In accordance with international guidelines, regulatory oversight is mentioned in the report. However, the document makes no clear reference to a strong regulatory authority, charged with the task of independent scrutiny of the decommissioning and dismantling work. But it can be questioned, whether the establishment of a full regulatory body is advisable, in particular in light of the fact that Denmark has no nuclear power plants. Still, this question has to be answered at an early point in time, as the potential strengthening of the existing organization takes a considerable time, mostly due to the delicate national political issues involved that may also have international dimensions.

3.6. Quality management

No reference is made throughout the report to a formalized quality management system, for instance based on EN ISO 9001 and EN ISO/IEC 17025. Such a system is audited and approved at regular intervals by independent experts. Having such a formal system in operation is very useful when questions by concerned stakeholders have to be faced regarding credibility, traceability and trust.

It is recommended to study the usefulness of having a formalized quality management system in place when major dismantling operations are commenced.

4. Management issues

When looking at the report (and the dismantling projects) as a whole, several important points come to mind. The authors have addressed most of these. They still will be raised here, as the statements below may represent useful aspects from a slightly different point of

view. It is well known from past business and public endeavors, that the quality of management is one of the most decisive factors determining the ratio of “quality and quantity of work” to “resources used”. Some possibly helpful thoughts are outlined below.

4.1. Flexibility

Risø National Laboratory possibly is at the beginning of a completely new phase with a major reorientation towards decommissioning and dismantling activities. A few of the parameters important for this work are not firmly set. They are amongst other:

- No fundamentally different dismantling techniques (at least for DR 3) will be possible, even after prolonged cooling times.
- No major differences are expected in costs for rapid or delayed dismantling (mainly DR 3).
- No fixed sequence of dismantling for most of the individual facilities is demanded.
- No separate regulatory authority exists.
- No fixed framework exists for the acceptance of waste containers with regard to their size, weight, structure, stability and radiological parameters.

The room for maneuvering therefore is considerable. This represents both an opportunity and a risk. The latter lays in the possibility of prolonged controversial discussions to fix the parameters, delaying the whole process.

4.2. Opportunities

The freedom of action as described above permits the optimization of the process with respect to other parameters, most notably resources needed and (radiation) safety. The management can therefore fully take advantage of interleaving various activities in order to share on-site experience and equipment. It is recommended that this is a continuous management process, once the decision to dismantle is made. In this way it might also be possible to smoothen out the peaks of financial needs, which (at least in Switzerland) are difficult to communicate to political funding authorities.

In any case, there presently is room for pragmatism that could be advantageously used in many respects.

4.3. Timeliness

Despite the great operational freedom for the management there probably is a rather well defined sequence of decisions to be taken and actions to be initiated. At the onset of the major dismantling activities an outline of this sequence should probably be elaborated, possibly with the help of modern electronic planning tools. In this way a smooth overall process and an optimized use of resources is likely to be achieved.

In the absence of other decisive factors (see 4.1.) it seems advisable to start early with dismantling. The main reason is the limited time during which experienced operators of the respective facilities are still available as part of the workforce. It also is ethically questionable whether major dismantling liabilities should be left to future generations.

4.3. Research

At several places in the report the need for research is mentioned. In my opinion no research is needed to handle the problems that will arise during the dismantling activities. The information found in the scientific literature seems wholly adequate for the needs of dismantling operations. In addition, most institutions that have successfully completed such projects are willing to share their experience. However, there certainly is need for development of site-specific methods and procedures.

There might be another reason to do real research: For the motivation and the giving of professional perspectives to senior staff. In a field, where the long-term outlook is so clearly limited, this might be the only way to maintain a knowledge base adequate to the task. If this is the reason for mentioning research in this report, it is recommended to clearly state is so in the interest of credibility.

5. Conclusions

It is my strongly held opinion that the report as a whole is

- Consistent with regard to contents and form
- Comprehensive, as it addresses all essential aspects
- Understandable due to a successful and strict editorial process
- Correct, according to my knowledge and experience

It is the correct format and size to serve as guidance for the upcoming basic decisions, and it represents an excellent base for future, more detailed considerations, decisions and reports.

I congratulate the team for an impressive piece of work, and I am thankful for the opportunity to have had a chance to review this report.

Roger Andres

February 2001

First review of report on decommissioning of the nuclear facilities at Risø National Laboratory

W. Pfeifer
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Technisch/administrative Leitung Stilllegung
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Germany

February 2001

3. Description of the nuclear facilities

- documentation of plant-installations
- activity inventories
- remaining reactivate residues from operation

All three points are described in the necessary details to get a good view about the nuclear facilities.

4. Relevant experience from other countries

In Germany there are similar reactors as

- University of Hannover
- DKZ Heidelberg (TRIGA-Reaktor)
- PTB – Braunschweig (1 MW)
- Merlin FRJ1 (10 MW) Jülich
- DDO FRJ2 (23 MW) Jülich

Some reports can be delivered or connections can be made to the above mentioned institutions.

The Karlsruhe reactors with an average of 100 MW_{th} are much larger compared to the RISØ reactors.

5. Approach to cost assessment

- scenario

I would prefer the short-term scenario.

Reasons are:

- availability of skilled own personal
- waste management facilities would have continuously work
- to push consideration to establish acceptance criteria's for a repository

- after the decision for decommissioning DR3 giving the public the feeling to abandon nuclear-activities as far as possible
- the DR3 can be dismantled within the next 10 year
- Taking into account the escalated costs; the cost comparison between the 3 scenarios would be more different
- the management costs with 450 MiDKK are very high compared to the total costs. From this point of view one request should be o start decommissioning as soon as possible will all projects.
- a work breakdown structure should be compatible with time schedule and working process and costs.

6. Decommissioning work

- DR1
 - Is it possible to declare the fuel solution as radioactive waste and how can it be treated?
 - What a about the activated graphite blocks, which processing is intended?
- DR2
 - It is not clear if dose rate of some reactor parts demand remote handled equipment for cutting and filling in shielded containers
 - What a about beryllium as a toxic material, how it is treated and does it have an effect on the basic criteria's for the foreseen repository.
- DR3
 - The total costs for DR3 with 560 million DKK seems quite high compared to our own experiences; does it include costs for waste treatment?
 - Some estimated costs including waste-management from the MZFR which have been found realistic are:

- activated steel	600 KDKK/Mg
- contaminated materials	200 KDKK/Mg
- activated concrete	60 KDKK/Mg
- demolition of inactive building structure	4 KDKK/Mg

Fig. 1 shows the structure of project costs of the MZFR without repository and fuel-element costs.

- Waste management plant
 - the RISØ waste management plant can be compared in some way with FZK-plant for treatment of radioactive liquid effluents (HDBplant).

Fig. 2 shows the waste categories and Fig. 3 the total costs.

In Fig. 4 a cost comparison is made.

- Waste management plant

There is no breakdown to waste categories and how the waste will be treated. For example: There must be some burnable waste like clothes etc.

Other questions are:

- What can be transported to treatment facilities outside Denmark; for example to Studsvik, Sweden
- For which kind of radioactive residues an interim storage is foreseen. In some cases treatment and conditioning will be done when acceptance criteria for a repository are established.

- 6.9.2 Investments

A lot of mentioned equipment exists in other countries (frogman area)

- think about to order mobile facilities like sand blasting, tree realizing measurement
- shielded and unshielded containers exist and must not be developed
- Measurement can be made in laboratories in France, UK etc.

- 6.9.3 Research and development

At FZK we never saw the necessary for research in the decommissioning field. Most equipment, which is needed can be planned and manufactured by engineering companies. In some special cases it is recommended to proof equipment in a mock up facility. Research costs time and time is money and the results will always come too late.

7. Environmental aspects

Considering EU regulations; as a part of a decommissioning license the environmental aspects must be proved within the regulations; a public hearing is needed.

8. Licensing aspects

- for clearance of radioactive materials we can provide you with experiences we made
- For exemption limits the IAEO-BSS requirements are not practicable. The EC-regulations are much better to handle
- the report does not give any ideas about the licensing procedure. This part is very important for time and cost estimation.

9. Project management

If you are interested we can provide you with information about the used tools.

10. Total costs

- From the point of costs do decommissioning as quick as you can especially under the aspects you will not be longer involved in the nuclear field.
- 10.2 Radiation doses

The estimated total personnel dose for DR3 is quite high compared to the MZFR reactor which will be in a range of 1000 mSv in total (see report; Radiation Exposure of the personal during dismantling of the primary system of the Karlsruhe MZFR).

11. Requirements to a repository

- take the demolition waste to refill grounds on site

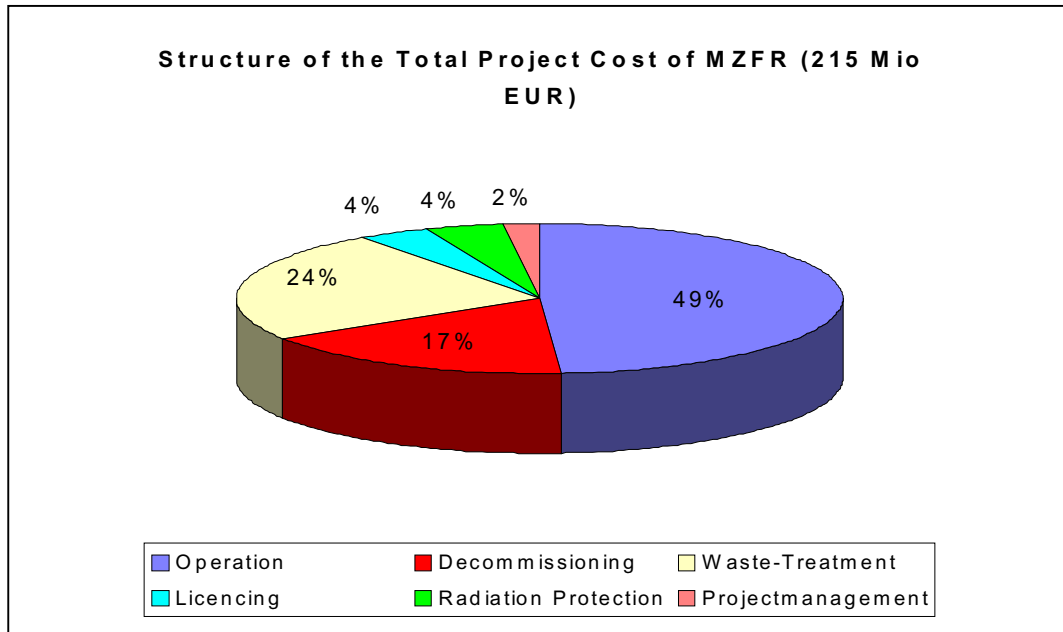


Fig 2 Initial waste masses and categories of the LAW Evaporation and Cementing

Waste categories	mass of conditioned waste (Mg)	recycled material after decontamination and free release measurement (Mg)	total (Mg)
Process components	26	59	
Contaminated systems	34	78	
Contaminated equipment	61	133	
Construction masses	88	10271	
Steel components	10	37	
total	217	10578	10795

Area of the building 16510 m³

Volumes of the building 9800 m³

Fig 3 Survey of Costs and Funds Required

No.	Activity	Costs (TDM)
1.	Planning (contracts) Planning Expert opinions and licenses	1640 820 820
2.	Dismantling of processing systems and demolition of buildings (contracts) Operation media and supply Preparation Radiation protection Dismantling of processing systems Dismantling of measurement and control systems Decontamination, packaging and removal Demolition of buildings and cleaning of sites	8560 690 820 1100 1800 420 1660 2070
3.	Own staff	3620
	Engineering and dismantling expenses in total	13820
4.	Waste treatment and conditioning (HDB) Equipment decontamination LAW scrapping Incineration Release measurement laboratory	29100 17500 9500 1500 600
5.	Interim storage	300
6.	repository	3300
Total costs		46520

Fig. 4 Comparison of cost-estimation of RISØ waste management plant to FZK LAW-plant (without costs of waste treatment and final disposal of)

	total mass (Mg)	area m³	Volume m³	total cost KDKK	Cost/Mg KDKK
RISØ	1000	1800		2594	2,6
FZK	10000	16500	9800	50000	5

Title and authors

Dekommissionering af Risøs nukleare anlæg - vurdering af opgaver og omkostninger

Kurt Lauridsen

ISBN

87-550-2845-4
87-550-2847-0 (Internet)

ISSN

ISSN 0106-2840

Department or group

Department of Nuclear Facilities

Date

23 February 2001

Groups own reg. number(s)

Project/contract No(s)

Sponsorship

Pages

42

Tables

9

Illustrations

11

References

3

Abstract (max. 2000 characters)

The report gives a brief description of relevant aspects of the decommissioning of all nuclear facilities at Risø National Laboratory, including the necessary operations to be performed and the associated costs. Together with a more detailed report, written in English, this report is the result of a project initiated by Risø in the summer of 2000. The English report has undergone an international review, the results of which are summarised in the present report.

Descriptors INIS/EDB

COST ESTIMATION; DECOMMISSIONING; DR-1 REACTOR; DR-2 REACTOR; DR-3 REACTOR; NUCLEAR FACILITIES; RISØE NATIONAL LABORATORY

Available on request from Information Service Department, Risø National Laboratory, (Afdelingen for Informationsservice, Forskningscenter Risø), P.O.Box 49, DK-4000 Roskilde, Denmark. Telephone +45 4677 4004, Telefax +45 4677 4013, email: risoe@risoe.dk