

Etablering av nytt mellomlager for høyaktivt avfall

Lagringsbehov, alternative tekniske løsninger og momenter for valg av teknisk løsning og lokalisering

**Utredning gjennomført av Fase 1 - utvalget i perioden januar – juni 2004 på
oppdrag fra Nærings- og handelsdepartementet**

Halden,

Kjeller,
30. juni 2004

Oslo,

Evelyn W. Foshaug (leder)

Rolf Jullum

Ole-Morten Parelius

Björg Andresen

Innhold

Sammendrag

1	Innledning	8
1.1	Bakgrunn.....	8
1.2	Utvalgets tolkning av mandatet.....	8
1.3	Statens strålevernsrolle i fase 1 av etablering av nytt mellomager for høyaktivt avfall	9
1.4	Behov for mellomager	9
1.5	Parallelle prosesser, begrensninger, forutsetninger.....	10
2	Klassifisering av radioaktivt avfall	11
2.1	IAEAs system for klassifisering av radioaktivt avfall	12
2.2	Norske forhold og system for klassifisering av radioaktivt avfall.....	13
3	Lagring og deponering av radioaktivt avfall i Norge i dag	14
3.1	Lager for bestrålt brensel	14
3.1.1	Lager i Met. Lab. II, Kjeller.....	15
3.1.2	JEEP I stavbrønn, Kjeller.....	15
3.1.3	Brenslager i Lagerbygg I, Kjeller	15
3.1.4	Brenslagsbassenger i reaktorhallen, Halden	15
3.1.5	Lagerbasseng i bunkerbygningen, Halden	16
3.1.6	Horisontalt tørrlager i bunkerbygningen, Halden	16
3.2	Kombinert Lager og Deponi for lav- og middels- Radiaktivt Avfall KLDRA – Himdalen	16
3.2.1	Bygningstekniske installasjoner.....	17
3.2.2	Avfall, avfallsbeholdere og barrierer	18
3.2.3	Aktivitetsbegrensninger og estimer.....	19
3.2.4	Innhold i KLDRA-Himdalen pr. 01.04.2004.....	19
4	Radioaktivt materiale og lagerbehov	19
4.1	Bestrålt brensel - type og volumer	19
4.1.1	Reaktorbrensel.....	19
4.1.2	Opprinnelsesland for uranbrensel brukt i norske reaktorer.....	21
4.1.3	Konstruksjonen av brenselspinner og elementer.....	21
4.1.4	Radioaktivitet dannet under bestråling.....	23
4.1.5	Estimert volumer bestrålt brensel og særlig forhold som kan påvirke beregning av lagerbehov	25
4.2	Annet radioaktivt materiale.....	26
4.2.1	Typer radioaktivt materiale	26
4.2.2	Nåværende lagringssituasjon	27
4.2.3	Faktorer som vil påvirke behov og størrelse av nytt mellomager for annet radioaktivt materiale	28
4.2.4	Krav til avfall og mellomager	28
4.2.5	Estimat over avfallsvolum.....	29

5	Lover, Forskrifter, Internasjonale avtaler og Konvensjoner	31
5.1	Nasjonale lover og forskrifter som regulerer besittelse, omsetning og transport av nukleært materiale.....	31
5.2	Internasjonale forpliktendeavtaler og konvensjoner.....	33
5.3	Andre relevante nasjonale lover og forskrifter.....	35
6	IAEA-anbefalte designkrav til brenslager	36
6.1	IAEAs overordnede sikkerhetskrav	36
6.1.1	Subkritikalitet.....	37
6.1.2	Bortføring av varmen	37
6.1.3	Strålevern	37
6.1.4	Bevaring av kapslingens integritet.....	37
6.2	Andre designkrav	38
6.2.1	Materialvalg	38
6.2.2	Driftsforhold.....	38
6.2.3	Valg av beliggenhet.....	38
6.2.4	Kontrollavtale med IAEA (Safeguards agreement)	39
6.2.5	Fysisk sikring	39
7	Tekniske løsninger for lagring av bestrålt brensel	39
7.1	Våtlagring.....	40
7.2	Tørrelagring	40
7.2.1	Hvelv	41
7.2.2	Ikke-transportabel betongbeholder.....	41
7.2.3	Metall/betong transportabel lagringsbeholder - casks.....	42
7.2.4	Tørre brønner	42
7.3	Nødvendig infrastruktur.....	43
8	Internasjonale trender i lagring av bestrålt brensel	43
8.1	Hvelv	44
8.2	Beholdersystemer (Siloer, casks, canisters).....	44
9	Kravspesifikasjon for teknisk løsning for lagring av bestrålt brensel	46
10	Tekniske løsninger egnet for lagring av bestrålt brensel i Norge	47
10.1	Forhold knyttet til brensel som styrer valg av lagerløsning.....	47
10.2	Andre forhold som påvirker valg av brenslagerløsning	49
11	Beskrivelse av prinsippløsninger for et sam-lagringsanlegg for bestrålt brensel og annet høyaktivt radioaktivt avfall	50
11.1	Prinsippløsning for anleggets kjernefunksjoner.....	50
11.2	Øvrige tekniske installasjoner og utstyr.....	52
11.3	Alternativer innen hovedprinsippet.....	53
11.4	Alternative utforminger av anlegget	56
11.4.1	Bygningsmessig løsning for et frittliggende bygg	56
11.4.2	Bygningsmessig løsning for fjellanlegg.....	56
12	Kostnadsoverslag og tidsforbruk for bygging av et nytt mellomlager	56

13	Vurdering av stedsvalg	59
13.1	Proessen mot valg av en lokalitet	59
13.2	Viktige momenter ved vurdering av lokalisering	60
14	Den videre prosess mot etablering av et nytt mellomlager	62

Ordliste

Litteraturliste

Vedlegg

Sammendrag

5. januar 2004 opprettet Nærings- og handelsdepartementet et utvalg for ”Etablering av nytt mellomlager for høyaktivt avfall, fase 1. Utvalgets mandat var å kartlegge Norges lagringsbehov for høyaktivt avfall, utrede alternative tekniske løsninger, og identifisere sentrale momenter ved valg av teknisk løsning og lokalisering. I tillegg skulle utvalget utarbeide forslag til mandat for et fremtidig fase 2 utvalg.

På grunn av sin rolle som nasjonal myndighet har ikke Statens strålevern vært representert i Fase 1 utvalget, men har bistått i spørsmål relatert til internasjonale retningslinjer og erfaringer, nasjonale retningslinjer, klassifisering av materiale og kvantifisering av avfallsmengder i Norge.

Lagring og deponering av brukt reaktorbrensel og radioaktivt avfall i Norge i dag

Alt bestrålt reaktorbrensel i Norge er lagret i IFEs brenselslagre på Kjeller og i Halden. Forutsatt den samme tilvekst av bestrålt brensel som de senere års drift av reaktorene har generert, har eksisterende lagre, uten videre modifikasjoner, kapasitet til ca. 10 års videre drift av reaktorene. Norge har, i likhet med større deler av verden, ikke tatt stilling til valg av deponiløsning for bestrålt brensel, slik at et operativt deponi må regnes å ligge flere tiår frem i tid.

Lav og middelsaktivt radioaktivt avfall blir deponert i det nasjonale Kombinert Lager og Deponi for Lav og Middels Radioaktivt Avfall (KLDRA) som ligger i Himdalen i Aurskog-Høland kommune.

Gjeldende driftskonsesjon for KLDRA- Himdalen setter begrensinger på hvor mye og hvilke typer avfall som kan deponeres og lagres der. Eksempler på avfall som, i følge dagens konsesjonsbetingelser, ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen er langlivede α -emittere og sterke punktkilder som bestrålingsanlegg fra sykehus og kilder brukt til forskning og utvikling ved universiteter. Det finnes i dag ingen nasjonal lagerløsning for denne kategori avfall.

Lagerbehov for bestrålt reaktorbrensel

Norge har i dag lagret drøyt 16 000 kg bestrålt brensel, generert over 50 år. Fremtidig tilvekst er estimert til å være mindre enn 200 kg uranoksid pr. år. Til sammenligning har Sveriges sentrale mellomlager for brukt kjernebrensel (Clab – SKB) lagringskapasitet på 5 000 000 kg brensel, og vil måtte bygges ut for ytterligere 3 000 000 kg for å kunne ta imot alt brensel fra Sveriges kjernekraftverk. Den lagrede brenselmengden i Norge utgjør et kompaktet volum på ca. 8 m³. Lagervolumet må imidlertid være betydelig større på grunn av emballering og behov for avstand og fysiske barrierer mellom brenselelementene.

Det brukte brenselet fra de norske forskningsreaktorene har forskjellig utforming og anrikning. Dette stiller krav til fleksibilitet i lagerløsninger. Over en tredjedel av brenselet lagret i Norge er metallisk uran, som på grunn av sin kjemiske reaktivitet, er særlig utfordrende å lagre i et 50 til 100-årsperspektiv. Aluminiumskapslingen rundt brenselet stiller også spesielle krav til lagring i en lengre tidsperspektiv.

Lagerbehov for annet radioaktivt materiale

Ved utgangen av mars 2004 er det plassert 157 tønner med plutoniumholdig avfall i lagerdelen av KLDRA-Himdalen som har kapasitet til 2 500 tønneekvivalenter. Gjeldende konsesjon for anlegget, gitt i statsråd 30. april 1998, gir ikke adgang til plassering av mer avfall i lagerdelen.

Norge arbeider nå med å bedre systemet for oversikt og kontroll av industrielle radioaktive kilder. Resultatet av dette arbeidet forventes å gi en helhetlig oversikt over alle typer radioaktive kilder som finnes i Norge i dag. Det er imidlertid knyttet stor usikkerhet til estimater av lagringsbehov for annet radioaktivt avfall. Gjennomføring av returordninger for kilder vil påvirkes av mange uforutsigbare faktorer, for eksempel konkurser hos forhandlere, tidsfrister med hensyn til retur og restriksjoner med hensyn til transport på tvers av landegrenser. Eventuelle fremtidig endringer i friklassingsgrenser og utslippsgrenser kan også endre behov for behandling av radioaktivt avfall, og mengde fast avfall som må lagres og deponeres i fremtiden.

Når det gjelder estimering av volumbehov for annen aktivitet som ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen i dag, er de eneste kjente størrelser de 157 stk. tønner som befinner seg i lagerdelen i Himdalen og avfallet som er lagret midlertidig på IFE, Kjeller i påvente av en nasjonal løsning. Når det tas høyde for en viss tilvekst, frem til 2030, av denne typen avfall fra drift av reaktorene, utgjør disse to avfallsmengder til sammen ca. 75 m³. På grunn av manglende nasjonale oversikter knyttes det stor usikkerhet til kvantifisering av lagringsbehov for kilder fra eksemplvis sykehus, industri og forsvaret, men totalt volum av kilder som er oppgitt fra Statens strålevern er estimert til ca. 40m³.

Kravspesifikasjoner til lagerløsninger

Ved design og bygging av et lager for bestrålt brensel i Norge er det naturlig å legge IAEAs anbefalte sikkerhetskrav til grunn ved fastsetting av overordnede kravspesifikasjoner. Disse sikkerhetskrav må kunne overholdes under normale driftsbetingelser, forutsigbare driftsforstyrrelser og under et antall beskrevne uhellsscenarioer gjennom et forventet levetid for lageret på 50 til 100 år.

Krav som stilles til strålevern, adgangskontroll og isolasjon av radioaktiviteten for brenslagring vil også tilfredsstille krav til lagring av annet radioaktivt avfall.

Flexibilitet og tilpasningsmulighet bør vektlegges ved valg av lager konsept, samtidig som mulighet for utvidelse, det vil si en modulær løsning, vil være fortrunket.

Tekniske løsninger for lagring av bestrålt brensel som er velegnet for Norge

Valg av prinsippløsning er avhengig av faktorer knyttet til brenselet som skal lagres og av nasjonale forhold som for eksempel samfunnsstruktur, politiske forhold, klima, og geologi.

Utvalget er av den oppfatning at tørrlagring i et hvelv eller i transportable lagringsbeholdere er de to tekniske løsninger som bør undersøkes nærmere for lagring av bestrålt brensel i Norge.

Kostnadsestimater for et sam-lagringsanlegg for brensel og annet radioaktivt avfall som, etter gjeldende konsesjonsbetingelser, ikke kan lagres i KLDRA-Himdalen

Den prinsippløsningen som utvalget har valgt å se nærmere på for å kunne gi et kostnadsoverslag består i en avfallshall og en brenselhall separert med en atkomsthall, med tilhørende infrastruktur og teknisk utstyr. Det er utarbeidet kostnadsoverslag for variasjoner av hovedløsning, med et brutto areal på ca. 2500 m², både i et frittliggende bygg og i en fjellhall.

For et frittliggende bygg, og bruk av hvelv til brenselslager vil kostnadene ligge i området 86 til 90 millioner kroner. Tilsvarende løsning i fjellhall er estimert å ligge mellom 96 og 100 millioner. Ved bruk av transportable beholdere istedenfor hvelv for brensel, er kostnadene beregnet til 117 millioner for bygning og 128 millioner kroner for fjellhall løsning.

I tillegg til disse estimater vil det komme kostnader til arbeider utenfor anlegget, eksempelvis tilførselsveier, kraftframføring og tomtekjøp..

Totalbyggetid for anlegget anslås å være 2,0 – 2,5 år.

Den videre prosess

All lagring og deponering av radioaktivt materiale bør sees i sammenheng og koordineres ut i fra en helhetlig nasjonal strategi. Prosessen videre mot en eventuell etablering av et nytt mellomlager for bestrålt brensel og annet radioaktivt materiale som ikke kan lagres i KLDRA-Himdalen bør bestå av følgende trinn.

- Politisk klargjøring av finansierings-, ansvars- og eierforhold knyttet til all behandling, lagring og deponering av radioaktivt avfall og bestrålt brensel
- Tekniske utredninger knyttet til lagring som ikke forhindrer sikker deponering av metallisk uran og brensel med aluminiumskapsling, samt revurdering av drifts-konsesjonen for KLDRA-Himdalen.
- Valg av teknisk løsning og lokalisering. Prosessen med å finne frem til den best egnet teknisk løsning og en egnet lokalitet kan utføres av et Fase 2 utvalg. Modifisering av eksisterende lagre (null-løsning) og bygging av nye lagerfasiliteter ved eksisterende nukleære installasjoner bør utredes av dette utvalget. Med utgangspunkt i fase 1 utvalgsarbeid og de andre alternativer som er utredet samt resultatet av de tekniske utredninger skal det anbefales en teknisk løsning og lokalisering for et mellomlager for bestrålt brensel og annet radioaktivt materiale som, etter dagen konsesjon, ikke kan lagres i KLDRA-Himdalen. Dette utvalg burde settes sammen av 6 til 10 personer. Det anslås at arbeidet vil pågå over en toårsperiode og kreve en budsjetttramme på ca. 5 millioner kroner.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Mandatet til Berganutvalget var å utrede en nasjonal strategi for sluttlagring av brukt, høyaktivt reaktorbrensel fra forskningsreaktorene på Kjeller og i Halden. Utvalget leverte sin innstilling "Vurdering av strategier for sluttlagring av reaktorbrensel" i desember 2001. Berganutvalget anbefalte at det endelige valg av deponiløsning utsettes i påvente av teknologisk utvikling og internasjonalt samarbeid. Ut fra en totalvurdering ble det imidlertid også anbefalt at det bør etableres et nytt, sentralt mellomlager for lagring av brukt reaktorbrensel frem til minst 2050, og at arbeidet med å utrede dette burde settes i gang umiddelbart.

5. januar 2004 opprettet Nærings- og handelsdepartementet et utvalg for "Etablering av nytt mellomlager for høyaktivt avfall, fase 1", bestående av:

- Evelyn Foshaug, Institutt for energiteknikk (IFE), leder
- Bjørg Andresen, Institutt for energiteknikk (IFE)
- Ole-Morten Pærlus, Institutt for energiteknikk (IFE)
- Rolf Jullum, Statsbygg
- Heide Merethe Eidet, Nærings- og handelsdepartementet, observatør

Dette utvalgets mandat var å kartlegge Norges lagringsbehov for høyaktivt avfall, utrede alternative tekniske løsninger, og identifisere viktige momenter som må tas i betraktning ved valg av teknisk løsning og lokalisering. Utvalget skulle ikke ta stilling til lokalisering. I tillegg skulle utvalget utarbeide et forslag til mandat for et fremtidig fase 2 utvalg. Arbeidet gjennomført av Fase I utvalget vil være utgangspunkt for prosessen videre frem til et endelig valg av teknisk løsning og lokalitet.

Mandatet til Fase I utvalget er presentert i sin helhet i vedlegg 1.

Utnevning av Fase 1 utvalget har vært gjort kjent gjennom internettsidene til IFE, Statsbygg og Nærings- og Handelsdepartementet. Omtalen presenterte utvalgets medlemmer, mandat og oppga kontaktpersoner ved ønske om ytterlig informasjon. Med unntak av dialog med Statens strålevern, har det ikke vært andre henvendelser til Fase 1 utvalget vedrørende arbeidet.

1.2 Utvalgets tolkning av mandatet

Fase 1 utvalget har i sitt arbeid lagt til grunn at det skal legges fram ulike tekniske løsninger som kan være aktuelle for mellomlager for høyaktivt avfall, uten å anbefale en bestemt løsning. Forslagene skal være faglig begrunnet og skal være grunnlagsinformasjon for det videre arbeid med etablering av et nytt mellomlager. (fase 2).

Med hensyn til kriterier som bør ligge til grunn for et fremtidig stedsvalg har Fase 1 utvalget valgt å legge frem en liste av momenter som må tas i betraktning ved et fremtidig valg av lokalisering, uten å ta standpunkt til problemstillingene knyttet til dette tema.

Fase 1 utvalget betrakter arbeidet som et teknisk oppdrag for Nærings- og Handelsdepartementet og anser det ikke som sitt ansvar å holde allmennheten orientert om det pågående arbeidet utover bekjentgjøringen som er gjort gjennom IFEs, Statsbyggs og Nærings- og Handelsdepartementets internettsider.

1.3 Statens strålevernrolle i fase 1 av etablering av nytt mellomlager for høyaktivt avfall

Statens strålevern er nasjonal fagmyndighet på strålevern og atomsikkerhet og fører tilsyn med norske atomanlegg. Strålevernet er innstillende myndighet i konsesjonssaker etter Atomenergiloven av 1972, og forvalter Strålevernsloven av 2000 med tilhørende forskrifter som regulerer den tradisjonelle strålebruken i industri, medisin og forskning. Etablering av et eventuelt mellomlager vil være et tiltak som vil falle inn under Plan- og Bygningsloven og vil kreve tilhørende konsekvensutredning. Tiltakshaver vil stå for selve utredningen, mens Strålevernet vil som fagmyndighet vurdere utredningen. På grunn av sin rolle som nasjonal myndighet har ikke Statens strålevern ønsket å delta i Fase 1 utvalgets arbeid, men har stått til disposisjon når utvalget ønsket det. Statens strålevern har bistått Fase 1 utvalget i spørsmål relatert til internasjonale retningslinjer og erfaringer samt nasjonale retningslinjer og klassifisering av materiale. Strålevernets rolle som nasjonal myndighet gjør også at Strålevernet nå arbeider med å innføre et system for oversikt og kontroll av industrielle kilder, dvs en oversikt over avfallsmengder (volum og aktivitet) som finnes nasjonalt utover de kilder som IFE har oversikt over. Strålevernet har på forespørsel gitt Fase 1 utvalget informasjon om disse kildene. Oversikten er kun foreløpig, og den er ikke fullstendig. Det er stor usikkerhet med hensyn til mengde avfall, både volum og aktivitet. Spesielt kan nevnes at Statens strålevern i dag ikke har oversikt over bruk av kilder i Forsvaret, og hvilket eventuelt fremtidig lagringsbehov dette kan medføre.

1.4 Behov for mellomlager

Berganutvalget utredet strategier for sluttlagring av høyaktivt reaktorbrensel som i dag lagres både på Kjeller og i Halden. Disse lagrene har kapasitet til å ta imot alt brukt reaktorbrensel i Norge i minimum 10 år fremover. Berganutvalget konkluderte i sin innstilling med at Norge hadde behov for et nytt, sentralt mellomlager for bestrålt brensel som ble antatt brukt i 50 år før deponering. Statens strålevern poengterte imidlertid i sin høringsuttalelse at en rekke gitte premisser for Berganutvalgets konklusjoner kan endres i tiden frem til deponering. Avhengig av hvilken løsning som velges for mellomlager, vil en slik løsning kunne være aktuell for en lenger periode enn 50 år. Andre land har presisert at mellomlagerløsningen vil være aktuell i anslagsvis 100 år.

Kveseth-utvalget utredet behov for et nytt nasjonalt avfallsdeponi for lav og middels radioaktivt avfall. Utvalgets innstilling, som ble lagt fram i 1991, ledet fram til bygging av Norges nasjonale anlegg for deponi og lager av lav- og middels radioaktivt avfall i

Himdalen. (KLDRA, Kombinert Lager og Deponi av lav- og middels Radioaktivt Avfall)

Valgt teknisk løsning, dimensjonering og konsesjon for bygging og drift av KLDRA-Himdalen var basert på den kunnskap og viten man hadde på det daværende tidspunkt. Det ble under design og planlegging av anlegget tatt høyde for at alt historisk avfall fra IFEs virksomhet skal til KLDRA-Himdalen. Anlegget er hovedsakelig beregnet for å ta imot kortlivet avfall, (halveringstid mindre enn 31 år) mens også små mengder med langlivet avfall er tillatt deponert. Forutsetningen i sikkerhetsvurderingen av KLDRA-Himdalen er at sterke punktkilder ikke skal lagres eller deponeres i dette anlegget. Et mer omfattende kartleggingsarbeid den siste tiden, har vist at det finnes radioaktivt materiale i Norge, blant annet kilder som er brukt/brukes til terapeutiske formål, som ikke ble tatt med i beregningene under planlegging av KLDRA-Himdalen. Deponering av disse kildene i KLDRA-Himdalen vil komme i konflikt med begrensninger på total mengde aktivitet som opprinnelig ble satt for anlegget. Med bakgrunn i ovennevnte, har Nærings- og Handelsdepartementet bedt Fase 1 utvalget om å utrede løsninger for lagring av bestrålt brensel med mulighet for sam-lagring av annet avfall som av forskjellige grunner ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen. Untatt fra dette er scale fra oljeutvinning, hvor det planlegges et separat deponi for dette spesielle avfallet.

1.5 Parallelle prosesser, begrensninger, forutsetninger

Fase 1 utvalget er bedt om å avgi rapport innen utgangen av juni 2004. En vesentlig del av utvalgets arbeid er å kartlegge typer og mengder avfall som skal mellomlagres. Dette gjelder blant annet langlivede kilder fra forskning, industri og medisin samt høyaktivt rivningsavfall man vil få ved dekommisjonering av anleggene i Halden og på Kjeller.

Norge, ved Statens strålevern, arbeider med å innføre bedre systemer for oversikt og kontroll av industrielle kilder. Som nevnt tidligere, er det allerede slått fast at det finnes flere radioaktive kilder enn de som det ble tatt høyde for under planleggingen av KLDRA-Himdalen. Kravet til returordning er skjerpet inn ved innføring av strålevernsforskriften i november 2003 og forhandlere er forpliktet til å etablere returordninger, men i hvor stor grad retur vil kunne gjennomføres på eksisterende kilder er imidlertid usikkert. Gjennom det pågående arbeidet vil Statens strålevern få bedre prognoser over kilder som vil bli værende som radioaktivt avfall i Norge men siden det knyttes stor usikkerhet til dette på det nåværende tidspunkt anbefaler Statens strålevern at det legges inn betydelig marginer og fleksibilitet ved valg av konsept og størrelse på et mellom-lager.

IFE er av myndighetene pålagt å utarbeide nedleggingsplaner for sine anlegg. I dette arbeidet inngår en beskrivelse av ulike avfallstyper, samt estimat over aktivitetsnivåer og volum. Dette arbeidet er påregnet å være ferdig innen 31. desember 2004.

I februar 2004 var IFE ferdig med overføring av alt gammelt, behandlet lav og middels-aktivt avfall fra sine lagre på Kjeller til KLDRA-Himdalen. Overføring av alt gammelt, behandlet avfall, revisjon av avfallsmengder ved nedrivning samt ytterligere erfaring med årlig tilvekst av avfall (også fra eksterne brukere) vil danne basis for nye estimat av forventede avfallsmengder. Dette arbeidet er satt i gang og planlegges sluttført i løpet av 2004.

Sikkerhetsrapporten for drift av KLDRA-Himdalen oppgir estimert mengde avfall i både volum og aktivitetsmengde, som kan deponeres eller lagres i anlegget. Nåværende konsesjon for drift av anlegget utgår i juli 2008 og prosessen for utarbeidelse av ny søknad for videre drift av anlegget, inkludert revidering av sikkerhetsrapporten, er startet. Denne prosessen kan medføre endringer med hensyn til avfallsmengder og aktiviteter som tillates plassert i KLDRA-Himdalen. Statens strålevern har imidlertid bedt Fase 1 utvalget om å legge nåværende konsesjon og de estimerer for mengde aktivitet som er beskrevet i Sikkerhetsrapport fra 11. juni 1997 til grunn for Fase 1 utvalgets arbeid ved vurdering av behov for lagringskapasitet for lav og middelsaktivt avfall i et eventuelt nytt mellomlager for bestrålt brensel. Utvalget ser det imidlertid som naturlig at fremtidig bruk av KLDRA-Himdalen og et eventuelt nytt mellomlager sees i sammenheng i den videre prosessen.

På grunn av tidsfristen for fullføring av utvalgsarbeidet og manglende koordinering i tid med de ovennevnte parallelle prosesser, er Fase 1 utvalgets estimerer for behov for mellomlagring av andre kilder mer usikker enn hva som trolig ville ha vært tilfelle dersom de andre skisserte prosessene var ferdig i forkant.

Det har ikke vært mulig for Fase 1 utvalget, innenfor de rammene som er satt, å diskutere reprosessering av bestrålt brensel og hvilke konsekvenser dette kan ha vedrørende behov for å bygge et nytt mellomlager. Det er imidlertid en meget relevant problemstilling fordi mye av det lagrede brenselet er metallisk uran som er meget reaktivt. Det forskes internasjonalt på løsninger for å stabilisere metallisk uran for deponering, men denne type brensel egner seg ikke for deponering med bruk av de teknologier som forfølges av de fleste land pr. i dag. Dersom Norge skulle beslutte å sende det metalliske uranbrenselet til reprosessering, vil det ha stor innvirkning på dimensjonering av lagerbehov.

2 Klassifisering av radioaktivt avfall

Radioaktivt avfall genereres fra produksjon av kjernekraft og fra bruk av radioaktivt materiale for industrielle applikasjoner, forskning og medisin. Ut fra sikkerhetsrelaterte aspekter, krav for behandling og prosessering samt nasjonalt og internasjonalt lovverk er det behov for klassifisering av radioaktivt avfall. Viktige forhold ved radioaktivt avfall som brukes ved klassifisering er:

- Kritikalitet
- Radiologiske egenskaper; halveringstid, varmeutvikling, intensitet og type stråling, aktivitet og konsentrasjon av radionuklider, overflatekontaminering og dosefaktorer for relevante radionuklider
- Andre fysiske egenskaper; fast stoff, væske eller gass, størrelse og vekt, flyktighet, løselighet og blandbarhet, spredningsevne og komprimerbarhet
- Kjemiske egenskaper; kjemiske skadevirkninger, korrosjonsegenskaper, organisk innhold, brennbarhet, reaktivitet, generering av gass, sorpsjonsegenskaper av radionuklider
- Biologiske egenskaper; potensielle biologiske skadevirkninger

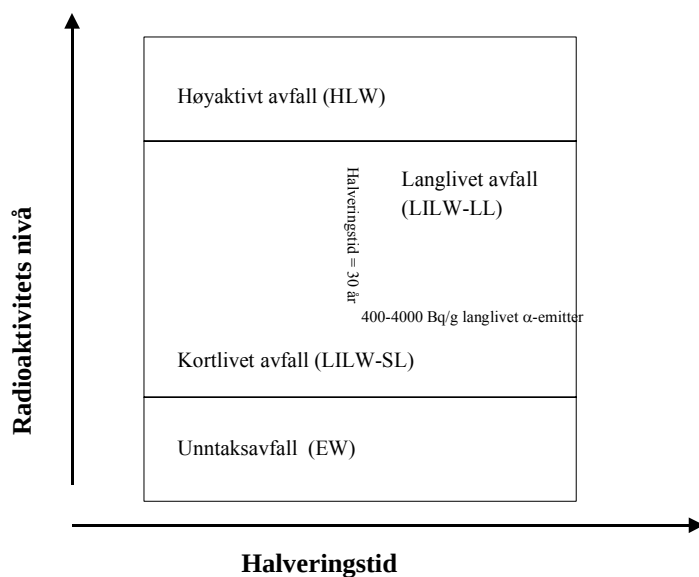
2.1 IAEAs system for klassifisering av radioaktivt avfall

Det eksisterer ingen entydig internasjonalt godtatt definisjon av avfallskategorier, men International Atomic Energy Agency (IAEA) har foreslått følgende klassifisering av radioaktivt avfall. Klassifiseringen er i stor grad basert på behov knyttet til lagring og deponering.

- Høyaktivt avfall (High Level Waste - HLW):
 - Den sterkt radioaktive væsken som separeres ved kjemisk repressessering av bestrålt brensel, hovedsakelig inneholdende fisjonsprodukter og aktinider.
 - Alt annet avfall med radioaktivitetsinnhold så høyt at det er signifikant varmeutvikling ved decay prosessen.
 - Brukt reaktor brensel når dette klassifiseres som avfall.
 - Avfallet krever skjerming og kjøling.
- Middelsaktivt avfall (Intermediate Level Waste - ILW):
 - Avfall som på grunn av innhold av radionuklider trenger skjerming, men som ikke må beskyttes ved behandling og transport på grunn av varmeutvikling (trenger ikke kjøling). Inneholder vanligvis avfall med halveringstid kortere enn 30 år.
- Lavaktivt avfall (Low Level Waste - LLW)
 - Avfall som på grunn av innhold av radionuklider normalt ikke trenger skjerming ved behandling og transport, men som må sikres slik at radioaktivitet ikke frigjøres.

Innen kategoriene lav- og middelsaktivt avfall skilles det også mellom kort- og langlivet avfall i tillegg til avfall som inneholder alfa- (α -) emitterende nuklider (α - inneholdende avfall). Kortlivet avfall (Short Lived Waste - SLW) brukes på radioaktivt avfall som i løpet av tidsperioden hvor det opprettholdes administrativ kontroll, vil dø ut til et aktivitetsnivå som er radiologisk aksepterbart. Langlivet avfall (Long Lived Waste - LLW) er tilsvarende avfall som ikke vil dø ut til et aksepterbart nivå i løpet av tidsperioden med administrativ kontroll. α – inneholdende avfall inneholder en eller flere α - emitterende nuklider, ofte aktinider i mengder høyere enn det som aksepteres av de nasjonale myndighetene.

En modifisert klassifisering er vist skjematisk i figur 2.1 hvor også unntaksavfall er definert (Exemption Waste - EW). Unntaksavfall inneholder så liten mengde radioaktivitet at det ikke kan betraktes som radioaktivt, og kan dermed unntas fra dette regelverket.



Figur 2.1 Klassifisering av radioaktivt avfall

2.2 Norske forhold og system for klassifisering av radioaktivt avfall

Fase 1 utvalget har mottatt i brev av 13.05.04 Statens stråleverns utgangspunkt for kategorisering av radioaktivt avfall (vedlegg 2). Denne er basert på IAEAs system for klassifisering og er gjengitt under.

1. Radioaktivt avfall
 - A. Avfall som friklases, under gitte grenser for såkalt "exemption" eller "clearance".
 - B. Meget kortlivet avfall, kan som regel stå til hendøing før utslipp eller friklassing.
 - C. Meget lavaktivt avfall som ikke kan friklases.
 - D. Lavaktivt avfall, kortlivet, halveringstider under 31 år: Avfall i denne kategorien kan inneholde mindre mengder langlivet (alfa) avfall, inntil 4000 Bq/g per avfallskolli og med et gjennomsnitt på 400 Bq/g over et antall avfallskolli.
 - E. Lavaktivt avfall, langlivet, halveringstider over 31 år: Avfall med konsentrasjoner av langlivede nuklider som overstiger grensene gitt over for kortlivet avfall og/eller avfall som inneholder kun langlivede nuklider.
 - F. Middelsaktivt avfall (varmeutvikling under 2 kW/m^3), kortlivet, halveringstider under 31 år: Avfall av denne kategorien kan inneholde mindre mengde langlivet (alfa) avfall, inntil 4000 Bq/g per avfallskolli og med et gjennomsnitt på 400 Bq/g over et antall avfallskolli.

- G. Middelsaktivt avfall, langlivet, halveringstider over 31 år:
Konsentrasjoner av langlivet avfall som overstiger grensene gitt over for kortlivet avfall og/eller avfall som inneholder kun langlivede nuklider.
 - H. Høyaktivt avfall – varmeutvikling over 2 kW/m^3
2. Brukt kjernebrensel
- Kjernebrensel som er bestrålt og permanent tatt ut av reaktoren. Brensel i inntakt, fast form. Det planlegges ikke videre bruk av brenselet.

Naturlig radioaktivitet i olje- og gassreservoarene avleires i rør og annet utstyr ved produksjon av olje og gass. Dersom radioaktiviteten i disse avleiringene, også kalt scale, er på mer enn 10 Bq/g har de norske myndighetene bestemt at dette må behandles som lav-radioaktivt avfall (LRA- LLW). Radioaktiviteten består hovedsaklig av radium-226 (Ra-226).

Det er i Norge i dag et kombinert lager og deponi for lav- og middels radioaktivt avfall, KLDRA i Himdalen. Norske myndigheter har bestemt at lavaktivt avfall fra oljevirk-somheten (scale-LRA), med unntak av scale mottatt ved IFE før 30.juni 1996, ikke skal plasseres i KLDRA-Himdalen. Det planlegges av denne grunn ytterligere et deponi kun for dette avfallet generert av oljevirk-somheten i Nordsjøen.

I den grad det er mulig skal all håndtering av radioaktivt avfall ta hensyn til mulige fremtidige faser. Norge har i dag ingen samlet strategi for lagring og deponering av alle kategorier radioaktivt avfall. KLDRA-Himdalen er dimensjonert for drift frem til 2030. Uavhengig av eventuell drift av IFEs nukleære anlegg vil det trolig genereres lav- og middels radioaktivt avfall i Norge også etter 2030.

3 Lagring og deponering av radioaktivt avfall i Norge i dag

3.1 Lager for bestrålt brensel

Alt bestrålt brensel i Norge er lagret i IFE's brenselslagre. Disse lagrene oppfyller inter-nasjonale anbefalinger og nasjonale krav til sikker lagring av fissilt materiale. Dette inkludert den fysiske sikringen av lagrene som er oppgradert med bakgrunn i konsesjonsvedtaket fattet i Kgl.res. av 22. desember 1999. På Kjeller finnes det 3 brenselslagre lokalisert i 3 forskjellige bygninger innenfor IFEs område. I Halden har IFE 3 lagre, 2 som er lokalisert i samme bygning og ett som er i samme fjellhall som reaktoren. Lagrene som omfattes av IFEs konsesjon er under tilsyn av Statens stråle-vern. IFE har ansvaret for lagrene og nåværende konsesjon, gitt av Kongen i statsråd den 22. desember 1999, utløper 31. desember 2008. Forutsatt den samme tilvekst av bestrålt brensel som de senere års drift av reaktorene har generert, har eksisterende lagre, uten videre modifikasjoner, kapasitet til ca. 10 års videre drift av reaktorene.

For å hindre spredning av spaltbart materialer har IAEA etablert avtaler med de fleste land som blant annet tillater inspeksjon av brenselslager. Norge har inngått en slik avtale og IAEA kommer på inspeksjoner flere ganger i året for å kontrollere brensels-regnskapsføring og brenselsbeholdningen ved IFEs lagre.

3.1.1 Lager i Met. Lab. II, Kjeller

Lageret består av en betongblokk under bakkenivå som er kledd utvendig med aluminiumsplater. Betongblokken inneholder 84 vertikale stålrør for tørrlagring av bestrålt brensel. 32 av stålrørsbrønnene er 3 m dype mens 52 er 3,5 m dype. Alle brønnene er skjernet i toppen med en tykk blyplugg. Betongblokken er utvendig drenert til en avløpsledning som går til en tank der innholdet kontrolleres før utslipp.

Over betongblokken er det et bygg med forsterket tak og vegger av armert betong som er kledd utvendig med stål og aluminiumsplater. Bygget har to kjøreporter av aluminium med rullesjalusi av stål på innsiden. Taket er av tre med stålgitter innvendig.

3.1.2 JEEP I stavbrønn, Kjeller

Lageret består av et betongfundament som er støpt på bakkenivå og en betongsåle støpt ca. 3m under bakkenivå. Det er 97 hull i fundamentet og i hvert hull er det festet et 2,7m langt stålrør som er støpt fast i den 0,2m tykke betongsålen. Toppen av hvert rør er dekket med et metalldeksel og ekspanderende pakning. Volumet rundt rørene mellom betongsålen og betongfundamentet er fylt med sand og fin pukk, en drenerende og telefri masse. Lagerposisjonene er forseglet med jernskinner som er skrudd fast med bolter og hele lageret er dekket med en aluminiumsplate som er forseglet av IAEA.

Lageret befinner seg i en frittliggende mindre lagerbygning. Bygget er fundamentert på betongpeler og er konstruert av treisverk dekket med brannhemmende plater innvendig. Utvendig er det trepanel belagt med stålgitter som er kledd med slagfaste polyesterplater. Taket er også av tre med stålgitter montert på utsiden dekket med takplater i stål. Lageret har en rullesjalusi kjøreport i stål.

3.1.3 Brenselslager i Lagerbygg I, Kjeller

Fra Uranrenseanlegget (URA) som IFE drev fra 1961 til 1968, finnes det uranløsninger i flytende form lagret på fem syrefaste ståltanker og fire innvendig- polyetylenbelagte tønner. Løsningene befinner seg i to separate rom i anlegget for behandling av radioaktivt avfall.

Uranløsningen vil bli brakt i fast form i løpet av 2004/2005, og skal deretter lagres i påvente av en beslutning om hva Norge vil gjøre med sitt bestrålte brensel.

3.1.4 Brenselsbassenger i reaktorhallen, Halden

Reaktorhallen er sprengt inn i fjell og har et totalt volum på 4500m³. Tre brenselsbassenger er bygget i betong i gulvet i reaktorhallen. De er innvendig kledd med en malt stålkappe, og hvert basseng er beskyttet med hvert sitt stållokk. Det er boret gjennomføringer for 23 lagringsposisjoner i basseng 1, og gjennomføringer for 30 lagringsposisjoner i hvert av bassengene 2 og 3. For hver lagringsposisjon i brenselsbassengene 1 og 2 er det satt ned et aluminiumsrør hvor brenselementene eller brenselspinner i lagringsbeholdere plasseres. Rørene er festet i styreplater på toppen og i bunnen av bassengene.

Brenselsbassengene er fylte med demineralisert vann. Vannet renses og kjøles ved at det sirkuleres gjennom en kjøle- og renssekrets. Brenselsbassengene er instrumentert med nivåmålere, temperaturmålere og strømningsmålere, for kontinuerlig kartlegging av tilstanden i brenselbassengene. Kvaliteten på vannet kontrolleres med faste intervaller. Luften over vannoverflaten ventileres over et filtersystem, og luften som slippes ut til omgivelsene er kontinuerlig kontrollert for innhold av radioaktivitet.

3.1.5 Lagerbasseng i bunkerbygningen, Halden

Lagerbassenget i bunkerbygningen er bygget i betong og er innvendig kledd med syrefaste stålplater. Lagerbassenget er dekket med et stållokk som har boret ned 97 posisjoner. I hvert hull er det satt ned et aluminiumsrør eller syrefast rør som er festet i styreplater på toppen og i bunnen av bassenget. En pakning er plassert rundt skjermings lokket for å gi en gasstett forbindelse mellom bassenget og lokket. I tillegg er alle hull/gjennomføringer også laget gasstette.

Bassenget er fylt med demineralisert vann, og vannet kjøles og renses ved at det sirkulerer gjennom en kjøle- og renssekrets med filter og ionebyttekolonne. Kvaliteten på vannet kontrolleres kontinuerlig ved hjelp av instrumentering, og analyseres med faste intervaller. Luftvolumet over vannet er koplet til ventilasjonssystemet i bunkerbygningen, og luften kontrolleres kontinuerlig for radioaktivitet.

3.1.6 Horisontalt tørrlager i bunkerbygningen, Halden

Lageret er en betongkonstruksjon med 2m tykke vegger og en 1m tykk frontskjerm av tungbetong. Det er 202 hull i fronten og i disse er det 7m lange vertikale stålrør. Inne i betongkonstruksjonen er det en metallkonstruksjon som støtter rørene som utgjør lagerposisjoner. Luft flyter fritt over rørene og brenselet i lagerposisjonene slik at brenselet kan kjøles ved hjelp av naturlig konveksjon.

Både lagerbassenget og horisontalt tørrlager befinner seg i en bygning som har betonggulv og to vegger av betong med en høyde på ca. 6 m. Taket, de to andre veggene, samt øvre del av de to betongveggene, er konstruert av stål som er kledd med gipsplater, isolasjon og aluminiumsplater. Det er et eget ventilasjonsanlegg i bunkerbygningen, og all luft som ventileres ut av bygget kontrolleres for radioaktivitet.

3.2 Kombinert Lager og Deponi for lav- og middels- Radiaktivt Avfall KLDRA – Himdalen

I oktober 1989 ble det nedsatt et utvalg for å utrede behovet for et nytt nasjonalt deponi for lav- og middels radioaktivt avfall. Kveseth-utvalget la fram sin innstilling i 1991. Utvalget anbefalte primært at det burde opprettes et nasjonalt deponi i Killingdal gruver i Sør-Trøndelag, subsidiært at det ble bygd en ny fjellhall nær Kjeller. Etter en lang politisk behandling vedtok Stortinget i april 1994 at Statsbygg skulle bygge det kombinerte anlegget for lager og deponi i Himdalen. Konsesjonen for bygging av anlegget ble gitt Statsbygg i februar, og byggingen startet i mai 1997. I september 1998 ble bygget overdratt til bruker (IFE). De totale byggekostnadene var ca 72 MNOK (1998 kroner). Anlegget er sprengt ut i fjell med 40-50 meters overdekning. Det ligger i Aurskog –Høland kommune, ca 25 km sydøst for Kjeller/Lillestrøm.

Statsbygg er eier av anlegget. IFE er gitt konsesjon for drift. Det er opprettet avtale mellom IFE og Statsbygg som dekker drift og vedlikehold og avtale mellom IFE og Nærings- og handelsdepartementet som dekker drift av anlegget. Årlige driftskostnader ved normaldrift er estimert til ca 3.2 MNOK (2004).

Anlegget er dimensjonert til å kunne ta 10000 tønnekvivalenter med lav- og middels radioaktivt avfall hvorav 7500 i deponidelen og 2500 i lagerdelen. Anlegget skal være i drift frem til år 2030 og etter stengning skal anlegget overvåkes i en periode på 300 – 500 år. Estimert innhold av radioaktivitet ved stengning er etter gjeldende konsesjon ca 520 TBq.

3.2.1 Bygningstekniske installasjoner

De bygningstekniske installasjonene består av:

- Fire haller med betongsarkofager for lager og deponi
- En atkomsthall, som forbinder tunnelen og lager/deponihallene
- Servicebygg med besøksrom
- Tunnelportal

Hver hall består av en omlastningssone samt to like plasstøpte betongsarkofager beliggende i forlengelsen av hverandre. Hver sarkofag inneholder to båser. Hver hall er skilt fra ankomsthallen med en betongvegg med port. Betongsarkofagene har samlet utvendige mål 9,45 x 41,10 m inklusiv 1,0 m avstand mellom sarkofagene i lengderetningen. Vegghøyden er 4,6 meter.

I driftsfasen er det traverskraner til forflytning av avfallsbeholdere og utstyr.

Servicebygget har et bruttoareal på 209 m² og inneholder VVS- rom, tavlerom, lagerrom, kontrollrom, hvilerom, toalettrom, dusj og møterom. Under VVS-rommet er det tanker for oppsamling og kontroll av avløpsvann.

VVS- tekniske installasjoner

Det er installert to luftbehandlingsanlegg for tilførsel av forvarmet og avfuktet friskluft. Det er installert luftbehandlingsaggregat for ventilasjon av servicebygget. Det er også røykavtrekksventilasjon for hallene og tunnelen. Videre er det et drems- og spillvannsanlegg, for å ta hånd om alt vann som kan trenge inn i anlegget. Dette er utformet for å ha full kontroll med alt vann slik at det er lagt til rette for vannanalyser og måling av radioaktivitet.

Elektrotekniske installasjoner

Anlegget har en kraftforsyning via et 400T-NS spenningssystem med kraftforsyning fra egen transformator. Det er en 22kV linje fram til nettstasjonen i anlegget. I kombinasjon med kraftforsyningen er det framføring av telekabel med fiberoptikk. Anlegget har egen UPS som reservekraft ved strømbrudd.

3.2.2 Avfall, avfallsbeholdere og barrierer

Alt avfall som skal deponeres eller lagres i KLDRA-Himdalen må først bringes over i fast form. Denne behandlingen skjer ved Radavfallsanlegget, IFE Kjeller. Avfallet som mottas kan deles i tre ulike kategorier:

- Fast avfall - omfatter for eksempel plastartikler, glassartikler og elektroniske komponenter, selvlysende markører og kanonsikter fra forsvaret. Avfallet komprimeres i 210 liters stålfat med indre avskjerming avpasset doserate fra avfallet.
- Metallisk avfall – omfatter større metalliske komponenter som for eksempel plater, tanker, pumper og kar samt industrielle og medisinske strålskilder og røykvarslere. Avfallet kuttes eller skjæres opp og støpes inn i stålfat eller andre beholdere.
- Flytende avfall – omfatter for eksempel væskeskonsentrat fra inndampning av avfallsvann. Væskene overføres til fast form ved å tilsette sement/andre tilsatsmidler til polyetylenbelagte stålfat.

Standard avfallsbeholder er 210 liters stålfat. Disse har varierende inneskjerming avhengig av type innhold og doserate fra avfallet. Tønner oppgravd fra IFEs tønnefelt høsten 2001 ble alle omemballert i 300 og 330 liters stålfat. I tillegg brukes også andre beholdere som betongkokiller og stålkasser av varierende størrelse.

Anlegget har fire haller, hver med 2 betongsarkofager og 4 båser. Tre av hallene er for deponi, mens den fjerde hallen er for lager. Hver hall er dimensjonert til 2500 tønneekvivalenter – totalt 7500 tønneekvivalenter i deponiet og 2500 i lagerdelen. I deponidelen støpes beholderne i 4 lag i alle båsene, og det støpes med betong rundt på alle kanter. I tillegg skal det støpes et permanent tak med membran over hver full sarkofag. I lagerdelen skal beholdere kun gjøres klar for innstøping, det skal være mulig å ta ut igjen avfallet som plasseres her. Lagerhallen kan seinere gjøres om til deponi dersom det foreligger en politisk beslutning om dette.

Radioaktivitet i deponidelen er innesluttet og isolert fra det omliggende miljø ved hjelp av et barrieresystem som består av flere lag og trinn. Ytterst er selve fjellet, som fungerer som en selvstendig barriere mot ytre påvirkning, som jordskjelv, andre rystelser, flystyrt og sabotasje. Drenssystemet er en del av barrieresystemet. Vann som lekker inn i hallene renner ned i et drenerende pukklag under sarkofagene. Vannet demmes opp ved en tetting i form av en terskel i åpningen av fjellhallen. Slik ledes vannet inn i et lukket drenssystem. Det er også et lukket drenssystem fra hver bås i sarkofagene. Begge drenssystemene går via kontrollkummer, før det eventuelt ledes ut i vassdraget.

Avfallsbeholderne plasseres i betongsarkofagene som gir fysisk beskyttelse rundt omstøpingen og beholderne. Det neste trinn i barrieresystemet er omstøpingen av avfallsbeholderne som står i sarkofagene. Dette gir en mekanisk beskyttelse av beholderne, samt at det gir en god beskyttelse mot inntrengende vann og dermed skaper en betydelig forsinkelse i degradering av beholderens integritet med eventuelt utlekkasje av radio-nuklider. Det siste trinnet i barrieresystemet er selve beholderen med indre avskjerming.

3.2.3 Aktivitetsbegrensninger og estimer

Konsesjonsbetingelsene for bygging av KLDRA-Himdalen er gitt ved en årlig dose-grense på 1 μSv pr år fra utslipp av radionuklider ved spesifiserte "sannsynlige scenarier" til individer i spesifiserte kritiske grupper og 100 μSv pr år fra andre scenarier. Det er angitt hvordan utslipp og aktivitetsinventar skal beregnes ut fra dosegrensene. Disse bør foretas for de viktigste (fortrinnsvis langlivede) nuklider hver for seg, dvs at det beregnes den utslippsmengde som skal til for hver enkelt nuklide for å komme opp til de respektive grenseverdier. På basis av dette kan deponert aktivitet som vil gi de beregnede utslipp beregnes. Det er ikke gitt spesielle krav til deponerte aktivitetsmengder av ulike nuklider utover dette i konsesjonsbetingelsene for bygging av KLDRA-Himdalen.

Generelt gjelder for denne type deponi at det er restriksjoner på langlivede radionuklider. Langlivede α -emittere skal ikke være mer enn 4000 Bq/g i individuelle avfallspakker, og gjennomsnittet skal ikke være mer enn 400 Bq/g over et antall avfallspakker. For drift av deponiet er det utarbeidet et dataregistreringssystem. Ved bruk av databasen er det til enhver tid mulig å hente ut informasjon om innhold og posisjon på de enkelte avfallspakkene som er deponert i anlegget, samt informasjon om totale aktivitetsmengder av ulike radionuklider ved ønsket tidspunkt.

For drift av anlegget er det utarbeidet en sikkerhetsrapport som har estimert mengde avfall (volum og aktivitetsmengde) til KLDRA-Himdalen. Sikkerhetsrapporten skal oppdateres kontinuerlig med nye data av relevans.

For Fase 1 utvalgets arbeid legges gjeldende Sikkerhetsrapport fra 11. juni 1997 til grunn.

3.2.4 Innhold i KLDRA-Himdalen pr. 01.04.2004

Totalt er det ved utgangen av mars 2004 plassert ca 3900 tønneekvivalenter i deponidelen av anlegget. Alt gammelt, behandlet avfall tidligere lagret på IFE, Kjeller er overført til KLDRA-Himdalen. I tillegg er det i dag plassert 157 tønner inneholdende plutonium fra oppgravingen av IFEs tønnefelt i lagerdelen av anlegget. Lagerdelen har en kapasitet på totalt 2500 tønneekvivalenter. Det er innenfor gjeldende konsesjon for anlegget ikke planlagt å sette mer avfall i lagerdelen.

4 Radioaktivt materiale og lagerbehov

4.1 Bestrålt brensel - type og volumer

4.1.1 Reaktorbrensel

Beslutningen om bygging av Norges første nukleære reaktor, JEEP I, ble tatt av Regjering og Storting i 1947. Deretter har Staten besluttet og finansiert bygging av 3 reaktorer til : NORA, Haldenreaktor og JEEP II. Det bestrålte brenselet som er akkumulert i Norge er et resultat av drift av disse reaktorer. Brenselet består i hovedsak av uran. Uran forekommer i naturen, relativt jamt fordelt i jordskorpen, i form av oksid. Uran er fissilt eller spaltbart, noe som innebærer at uranatomet spaltes eller deles når det

treffes av et nøytron. Resultatet av en slik spalting er at uranet deles i to fragmenter, samtidig som det sendes ut gammastråler og nye nøytroner. De frigjorte nøytronene er nøkkelen til den selvoppholdende prosessen i kjernereaktorer, da disse igjen kan indusere nye spaltninger. Dette kalles en kjedereaksjon. Det finnes i praksis tre spaltbare isotoper som kan brukes i en kjernereaktor, uranisotopene U-233¹ og U-235 samt plutoniumisotopen Pu-239², hvorav bare U-235 finnes i naturen. De to andre kan kun produseres ved nøytroninnfangning. Uran i naturen består i hovedsak av isotopen U-238, men i naturlig uran inngår det også små mengder av den spaltbare isotopen U-235.

Uran deles normalt inn i kategorier etter vekt forholdet mellom isotopene U-235 og U-238 :

- Utarmet uran (depleted uran) hvor det er mindre enn 0.7% av isotopen U-235
- Naturlig uran inneholder 0.71% U-235
- Anriket uran inneholder mere enn 0,71% U-235

Anriket uran deles videre inn i to kategorier:

- LEU, Low Enriched Uranium, hvor andelen av U-235 er mellom 0.71% og 20%
- HEU, High Enriched Uranium, hvor andel av U-235 som overstiger 20 vektprosent

Spaltbart materiale (U-235, U-233¹, Pu-239²) kan også brukes til fremstilling av atomvåpen. Det er derfor innført rigide kontrollsystemer både nasjonalt og internasjonalt, med henvisning til Ikke-spredningsavtalen (NPT) og den underliggende kontrollavtalen med IAEA. De oppgitte vekter i tabell 4.1, er hentet fra kontrollsystemet som er etablert i forbindelse med den løpende IAEA kontroll. De angitte vekter er ca. 88%³ av den virkelige vekten til materialet, da vektene er korrigert for den kjemiske sammensetning (primært oksygenet). Dette gjøres fordi det kun føres kontroll med det spaltbare materialet og thorium. Vekt og mengde av kapslings- og annet konstruksjonsmateriale fremkommer ikke av tabell 4.1. Vektangivelsen i tabell 4.1, kan derfor bare brukes til å beregne uranets, plutoniumets og thoriumets volum. Da brenselet er innkapslet og plassert i lagringskurver (basket) eller lagerbeholdere vil det reelle volumet til det som skal overføres til et nytt lager være langt større. Volumoverslaget i tabell 2, er basert på reelt volum til det lagringsmedium som brenselet er lagret i pr. 1. januar 2004.

Den første reaktoren i Norge, JEEP-I, ble satt i drift i 1951. Det er siden bygd og satt i drift ytterligere 3 reaktorer i Norge. To av disse, JEEP-II og HBWR er fortsatt i drift. JEEP-I og NORA reaktoren ble nedlagt på 60-tallet. Ved nedleggelse av NORA reaktoren ble alt brensel som var benyttet i denne, returnert til USA.

¹ Produseres i en kjernereaktor ved at nøytroner fanges inn av thoriumisotopen, Th-232.

² Produseres i en kjernereaktor ved at nøytroner fanges inn av uranisotopen, U-238.

³ U/UO₂ ratio, fremkommer ved at atomvekten til U divideres med atomvekten til UO₂. Dette forholdet blir 0.88.

Det er i Norge, i perioden fra 1951 og frem til 1. januar 2004, akkumulert i overkant av 16 tonn reaktorbrensel (tabell 4.). Med unntak for NORA brenselet, som ble returnert til USA, og HBWRs andre ladning som ble repressert i Belgia, er alt brensel i fra norske reaktorer lagret i Norge. Det bestrålte brenselet som er lagret er i hovedsak LEU, men det er også en stor mengde bestrålt naturlig metallisk uran lagret. En fraksjon av brenselet som fremkommer i tabell 4.1 og 4.2, er MOX (Mixed Oxide) brensel. MOX betegner en blanding av utarmet, naturlig eller LEU uranoksid (UO_2) og plutoniumoksid. Deler av brenselet til JEEP-I reaktoren ble på 60-tallet, oppløst i syreløsninger som en del av forsøkene på å rense uranbrensel i det såkalte uranrenseanlegget (URA). Dette materialet finnes fortsatt i løsningsform og inngår i tabell 4.1, men det er ikke tatt med i volumangivelsen i tabell 4.2. Denne mengden vil bli solidifisert og lagret på anslagsvis 5 stk. 210 liters tønner.

Sammenlignet med et kjernekraftland er mengde bestrålt brensel i Norge svært liten. Der er i dag drøyt 16 tonn bestrålt brensel i Norge. Årlig tilvekst er estimert til å være mindre en 200 kg uranoksid. Siden Norges brukte brensel er fra forskningsreaktorer er det i motsetning til brensel fra kjernekraftanlegg ikke uniformt. Brenselet kan ha mange forskjellige utforminger og anrikninger, alt etter hvilke forsøk som er gjennomført. Til sammenligning har Sveriges sentrale mellomlager for brukt kjernebrensel (Clab – SKB) en dimensjonert lagringskapasitet på 5 000 tonn, og må utvides for ytterlige 3 000 tonn for å kunne ta imot alt brensel fra svenske kjernekraftverk.

4.1.2 Opprinnelsesland for uranbrensel brukt i norske reaktorer

Det er ikke utvunnet uran kommersielt i Norge. Uran til drift av norske reaktorer er vesentlig ervervet som ubestrålt pulver (bulk) fra USA, UK, Frankrike og Tyskland. I de senere år er ubestrålt brensel i bulkform også mottatt fra Russland. En svært liten andel av det importerte brenselet til Norske reaktorer har vært i form av MOX brensel og bestrålte pinner for videre bestråling og undersøkelser i Norge. Dette materialet benyttes i forskningsprogrammet under Haldenprosjektet. Forutsetning for at Norge har kunnet importere spaltbart materiale er at Norge via notevekslinger med eksporterende nasjon har gitt garantier for at materialet kun skal brukes til fredelige og ikke eksplosive formål. Videre har Norge garantert at materialet ikke skal eksporteres til nasjoner som ikke har ratifisert NPT og kontrollavtaler med IAEA. Se forøvrig kapittel 5.2 Internasjonale forpliktende avtaler og konvensjoner.

4.1.3 Konstruksjonen av brenselspinner og elementer

Uranoksid i pulverform presses i en hydraulisk presse til sylindriske tabletter eller brenselspelletts. Pelletene sintres til et keramisk materiale i reduserende atomsfære. Etter sintring plasseres pelletene i et aluminium eller zirkalloy (en legering av zirkonium) rør. Dette røret, eller kapslingen, skal sikre at brenselet og de radioaktive fisjonsproduktene ikke lekker ut verken under bestråling eller under lagring, selv lenge etter endelig utlasting fra reaktoren. Kapslingsrøret med pellets fylles med en edelgass og tetteveises. Et slikt tett rør med pellets utgjør en brenselspinne. Et antall av slike pinner monteres sammen og utgjør da et brenselement. Figur 4.1 viser brensel til Halden reaktoren (HBWR).

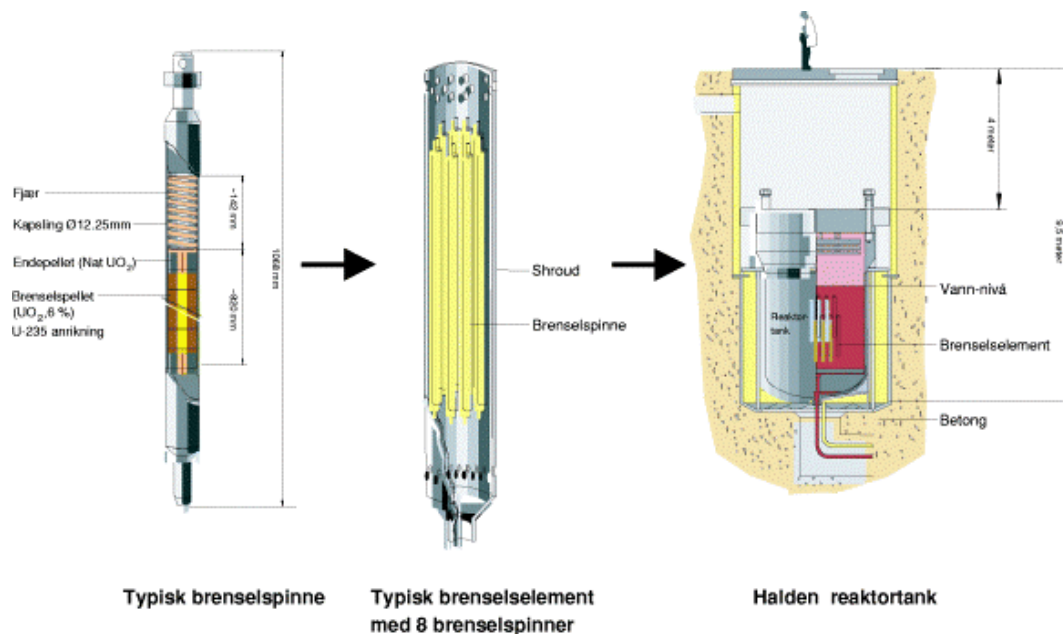


Fig. 4.1 Brensel til HBWR

Et HBWR-element inneholder normalt fra 8 til 12 stk. brenselspinner. HBWR elementer har en rekke ulike konstruksjoner som er direkte relatert til forskningsprogrammet.

Til HBWR benyttes normalt tre typer brenselementer:

- Standard Fuel Assemblies (SFA)
- Fuel Flask Assemblies (FFA)
- Instrumented Fuel Assemblies (IFA)

HBWR inneholder under normale driftsforhold ca. 70 stk. SFAs, 10 stk. FFAs og 25stk. IFAs. SFA og FFA har uniform konstruksjon. Selv om anrikning kan variere noe, er det i disse elementene kun benyttet LEU. IFAer kan ha mange forskjellige utforminger og anrikninger, alt etter hvilket forsøk som skal gjennomføres og hvilke sensorer elementet er utstyrt med. Forskjellene i konstruksjon er ikke av en slik art at det gir utslag i volumberegningene. I HBWR benyttes normalt UO_2 brensel, men i forsøksprogrammet inngår det fra tid til annen enkelte brenselspinner som inneholder MOX-brensel.

Kapslingsmaterialet brukt til brenselet i HBWR er zirkalloy, med unntak for de første elementene som var brukt i reaktoren hvor det ble benyttet uranbrensel med aluminiumkapsling. I hovedsak er brensel til HBWR produsert ved IFE. Noen få IFA er blitt lastet med brensel fra utenlandsk leverandør eller oppdragsgiver.

JEEP-II reaktorens kjerne består under normale driftsforhold, alltid av 19 elementer. JEEP-II elementene er helt like både med hensyn til brenselsanrikning og konstruksjon. JEEP-II brenselet inneholder alltid 11 brenselspinner som er anriket til 3.5 % U-235. Kapslingen til JEEP-II brenselspinnene er aluminium. Alle JEEP-II elementene er produsert ved IFE.

4.1.4 Radioaktivitet dannet under bestråling

Gjennom et brenselements tid i reaktoren reduseres mengden U-235 samtidig som det dannes svært radioaktive isotoper. Dette medfører at bestrålt brensel må håndteres i skjermede beholdere slik at operatører sikres mot skadelig stråling. Under bestråling av U-238 dannes også ulike isotoper av det spaltbare grunnstoffet plutonium. Plutonium (Pu-239) kan i likhet med U-235 brukes til fremstilling av atomvåpen, noe som medfører at bestrålt brensel også kontrolleres av IAEA.

De radioaktive stoffene som dannes og finnes i brukt reaktorbrensel kan deles i følgende kategorier: spaltningsprodukter og aktinider. Spaltningsproduktene er radioaktive isotoper av naturlig forekommende grunnstoffer, med de samme kjemiske egenskaper som disse. De fleste spaltningsproduktene er faste stoffer, men de kan også opptre i form av gasser som xenon og krypton, eller lett flyktige stoffer som jod. Aktinider omfatter uran pluss grunnstoffer med atomnummer høyere enn uranets 92.

Etter at brenselet er lastet ut av JEEP-II og HBWR lagres brenselet under vann i en periode. I denne perioden kjøles brenselet samtidig som mengden fisjonsprodukter, blant annet jod, reduseres på grunn av desintegrasjon. Etter at restvarmen og innholdet av radioaktiv jod har kommet ned til et nivå som er akseptabelt, kan brenselet flyttes til tørre lager posisjoner, eller til Met. Lab II for etterundersøkelser. I Halden lagres brenselet normalt under vann. Brenselspinner i HBWR-elementer demonteres ofte fra elementer, ref. fig 4.1, og overføres til en "basket" (kurv), som kan inneholde inntil 16stk. standard brenselspinner. JEEP-II elementene flyttes over i en stålbeholder, ref. fig.4.2, i forbindelse med overføring til tørrlageret i Met. Lab.II, ref. fig. 4.3.



Fig. 4.2 Stålbeholder for oppbevaring av brensel, JEEP-II beholder til høyre.

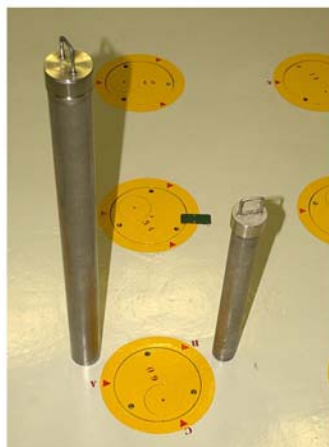
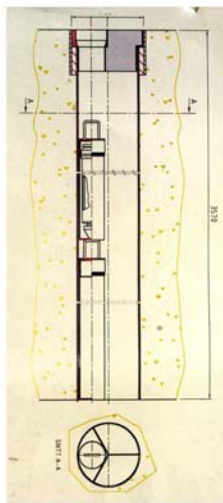
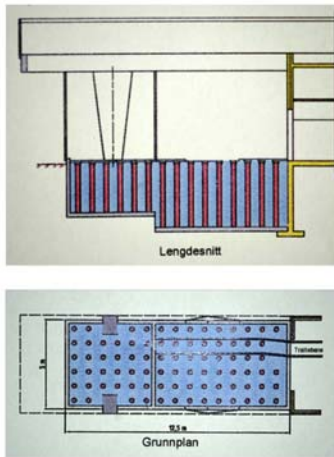


Fig. 4.3 Lager i Met.Lab.II

4.1.5 Estimert volumer bestrålt brensel og særlig forhold som kan påvirke beregning av lagerbehov

Volumberegningene presentert i tabell 4.2 er basert på størrelsen til og antall elementer, lagringskurver og beholdere som er i bruk i dagens lagre. Volumberegningen representerer status pr. 1. januar 2004. Det angitte volum kan reduseres ved at deler av brenselet ompakkes. Slik det fremkommer av tabell 4.2, er det et større komprimeringspotensial for brensel lagret på Kjeller. Total årlig tilvekst vil være avhengig av forskningsprogrammet i Halden, men den er anslått til å være mindre enn 20 stk. beholdere/baskets pr. år

Kapslingsmaterialets integritet over tid og materialets korrosjonsmotstand er av betydning for bedømmelsen av sikker lagringstid. For å hindre at radioaktivitet slipper ut, må kapslingsmaterialet være intakt også etter utlasting fra reaktorene. Selv om kapslingen er inntakt ved utlasting, kan korrosjon eller mekanisk påvirkning i senere håndtering, svekke kapslingsmaterialets evne til å hindre at radioaktivt materiale lekker ut. Det bør derfor vurderes hvorvidt brensel bør undersøkes og ompakkes (kondisjoneres) i forbindelse med plassering i et mellomlager med 50 til 100 år som tidshorisont.

I norske reaktorer er det benyttet zirkonium og aluminium til kapsling av brensel. Zirkonium har svært gode mekaniske egenskaper og det har også gode korrosjonsegenskaper. Aluminium har en annen korrosjonsmotstand og det bør derfor gjennomføres en særskilt metallurgisk vurdering av dette materialet, for å vurdere om det må tas spesielle hensyn til aluminiumskapslingen ved lagring i et 50-100 års perspektiv. Det må videre vurderes hvorvidt det bør stilles spesielle krav til lagring av metallisk uran for den nevnte tidsperiode.

Utfall av disse utredninger kan ha implikasjoner for beregning av kapasitetsbehov.

Tabell 4.1 Mengde bestrålt brensel i Norge pr. 1. januar 2004

Fissilt Material	JEEP-II Kjeller (g)	Met.Lab.II og lager, Kjeller (g)	HBWR og lager Halden (g)	Totalt (kg)
Anrikt Uran	337499	1487795	3094961	4920.26
Plutonium	0	5839	4316	10.16
Naturlig Uran	3125494	1102541	6993036	11221.07
Depleted Uran	0	2452	14886	17.34
Thorium	1580	98082	12363	112.03
Totalt	16280.84			

Tabell 4.2 Volumer for beholdere med bestrålt brensel på lager pr. 01/01-2004

Sted	Lager	Type	Antall Enheter	Volum (m3)
Kjeller	JEEP-I Stavbrønn	JEEP-I anriket U	11	0.22
	JEEP-I Stavbrønn	JEEP-I metallisk U	89	1.75
	JEEP-II	JEEP-II Anriket UO2	20	0.24
	Met.Lab.II Stavbrønn	HBWR UO2 i normal beholdere	257	2.19
	Met.Lab.II Hot Lab	HBWR UO2/MOX/Thorium	4	0.03
Totalt Kjeller			381	4.42
Halden	HBWR	SFA, FFA, IFA	102	0.49
	Fuel pit 1,2 og 3	SFA, FFA, IFA, Basket	72	0.35
	Fuel Storage Pond	SFA, FFA, IFA, Basket	192	0.92
	Fuel Handling Pond	SFA, FFA, IFA, Basket	8	0.04
	Tørrbunkeren	Metallisk U	309	1.49
	Tørrbunkeren	SFA, IFA	65	0.31
Totalt Halden			748	3.6
Kjeller og Halden	Alle (hvorav metallisk U)		1129 (398)	8.02 (3.2)

SFA – Standard Fuel Assemblies

FFA – Fuel Flask Assemblies

IFA – Instrumented Fuel Assemblies

Volumer basert på antall kurver/baskets pr.01/01-2004

4.2 Annet radioaktivt materiale

4.2.1 Typer radioaktivt materiale

Norge arbeider nå med å innføre bedre systemer for oversikt og kontroll av industrielle kilder. Dette arbeidet vil også medføre at en vil få bedre prognoser for kilder som vil bli værende som radioaktivt avfall i Norge. Hovedbrukerne av radioaktive kilder i Norge kan i følge Statens strålevern (brev av 13.05.04, vedlegg 2) deles inn i tre ulike grupper, og hvor primær kildebruk er som følgende:

Sykehus

- Blodbestrålingsanlegg (Cs-137)
- Strålekniver (Co-60)
- Terapikilder, få kilder (brachyterapi) med kort halveringstid. Bruken av slike kilder er minkende da de erstattes med akseleratorer.

- Diverse bruk på lab, forskning og klinisk bruk, inkl . dyreskrotter. Mye av dette mellomlagres og kan deretter kastes som ikke radioaktivt avfall

Industri og forskning

- Olje-, prosess- og næringsmiddelindustri (industriell radiografi, loggevirksomhet, kontrollkilder etc.) Mange typer kilder benyttes, både svært kortlivede, langlivede og med varierende aktivitetssinnhold. Anslagsvis finnes i dag 3 – 4000 ulike kilder i Norge.
- Universiteter, Høyskoler, IFE, Statens strålevern, etc.

Andre

- Konsumentartikler, alarmanlegg (røykdetektorer), div. gamle kilder. Forskrift om kasserte elektriske og elektroniske produkter (EE-forskriften) og andre ikke strålebensrelaterte aktiviteter kan forandre forholdene her.
- Forsvaret: Statens strålevern har pr. i dag ikke oversikt over bruk av kilder i Forsvaret. Det er imidlertid kjent at opprydding pågår. Forsvaret er anmodet om å komme med en oversikt innen 1. september 2004.

4.2.2 Nåværende lagringssituasjon

Norge har i dag ikke en strategi for hvordan radioaktivt avfall best kan håndteres på en helhetlig måte. Institutt for energiteknikk (IFE) driver Norges nasjonale anlegg for mottak, behandling og lagring av fast og flytende radioaktivt avfall fra industri og næringsliv, forsvar, helsevesen og forskning - Radavfallsanlegget. De tekniske prosessene ved anlegget går ut på å omgjøre alt avfall til fast materiale, samt redusere avfallsvolumet slik at deponeringsvolumet blir minst mulig. Deretter kapsles avfallet inn slik at det blir egnet for deponering. Innkapslingen skal hindre at de radioaktive stoffene slipper ut til omgivelsene.

IFE har også ansvar for drift av KLDRA-Himdalen-anlegget. Kostnadene ved drift av anlegget betales i sin helhet av den norske stat, gjennom avtale mellom IFE som driftsansvarlig og Nærings- og Handelsdepartementet. Dette innebærer at for radioaktivt avfall som mottas ved Radavfallsanlegget betaler eier av avfallet (oppdragsgiver) kostnadene som Radavfallsanlegget har for behandling og klargjøring av avfallet for transport til KLDRA-Himdalen, mens Staten betaler selve deponeringen i anlegget. For radioaktivt avfall som av forskjellige grunner ikke kan plasseres i KLDRA-Himdalen eksisterer det i dag ikke en tilsvarende ordning. IFE har gjennom tidene tatt imot noe avfall fra eksterne oppdragsgivere (blant annet radiumnåler brukt på sykehus) som i dag er lagret på Kjeller i påvente av en avgjørelse på hva Norge vil gjøre med denne type avfall. IFE kan i dag ta imot avfall som ikke kan sendes til KLDRA-Himdalen, dersom det etableres en avtale med Staten om finansierings-, eier- og ansvarsforhold. Avfall dette gjelder kan for eksempel være bestrålingsanlegg fra sykehus og kilder brukt til FoU ved universiteter. Et annet eksempel er røykdetektorer. Disse inneholder Am-241, og skal i henhold til Forskrift om kasserte elektriske og elektroniske produkter samles inn. IFE er av Statens strålevern pålagt å ta imot dette avfallet, og det er planlagt deponert i KLDRA-Himdalen. Imidlertid vil dette medføre at andre, større Am-241 kilder (volum) da ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen etter gjeldende konsesjon.

En avtale om at IFE i disse tilfellene opererer på vegne av Staten, vil etter Fase 1 utvalgets oppfatning medføre at IFE kan tilby en samlet, sikker oppbevaring også av lavt- og middelsaktivt avfall som etter gjeldende konsesjon ikke kan plasseres i KLDRA-Himdalen.

4.2.3 Faktorer som vil påvirke behov og størrelse av nytt mellomlager for annet radioaktivt materiale

Gjennom gjeldende konsesjon for KLDRA-Himdalen er det begrensninger med hensyn til innholdet av nuklider og mengde radioaktivitet. Generelt gjelder for denne type deponi at det er restriksjoner på langlivede radionuklider. Langlivede α -emittere skal ikke være mer enn 4000 Bq/g i individuelle avfallspakker, og gjennomsnittet skal ikke være mer enn 400 Bq/g over et antall avfallspakker. Begrensningene gjelder elementer som radium (Ra-226), uran (U), plutonium (Pu), americium (Am-241) og beryllium (Be). I tillegg er det restriksjoner med hensyn til total aktivitetsmengde for enkelte nuklider som begrenser muligheten for deponering av sterke punktkilder av f. eks kobolt (Co-60) og cesium (Cs-137). Anlegget har i tillegg en volumbegrensning idet det er dimensjonert til å ta hånd om 10000 tønneekvivalenter. Dagens konsesjonsgrunnlag for KLDRA-Himdalen går ut 1. juli 2008 og det må i god tid før dette søkes om ny konsesjon. Dagens konsesjonsbetingelser kan endres, og det er i denne forbindelse naturlig at fremtidig bruk av KLDRA-Himdalen og et eventuelt kommende mellomlager sees i sammenheng.

IFE vil innen 31. desember 2004 rapportere plan for nedlegging av sine nukleære anlegg. Dekommisjoneringsplanene vil omfatte beskrivelse av nedlegging til det nivå det er mulig å oppnå uten å komme i konflikt med sikker lagring av bestrålt brensel. Dette innebærer at dekommisjoneringsplanene ikke inneholder beskrivelse av rivning av disse lagrene. Dekommisjoneringsplaner for de eksisterende lagrene vil først bli utarbeidet når forholdene rundt et nytt mellomlager er avklart. Rivningsavfall fra de nukleære anleggene er planlagt deponert i KLDRA-Himdalen. Ny gjennomgang av grunnlagsmaterialet i forbindelse med utarbeidelse av nedleggingsrapporter kan imidlertid medføre endringer både med hensyn til volum og til mengde aktivitet.

Tilvekst av avfall fra eksterne brukere er vanskelig å estimere. I hvor stor grad returordninger vil kunne gjennomføres er usikkert. Dette kan påvirkes av flere faktorer som for eksempel konkurser hos forhandlere, tidsfrister med hensyn til retur og restriksjoner med hensyn til transport på tvers av landegrenser. Dette siste kan også medføre at Norge selv må produsere flere kilder enn det som gjøres i dag, og at det derfor også av denne grunn blir en økning med hensyn til behov for mellomlager og deponi.

Friklassing og utslippsgrenser kan endres i fremtiden. Lavere utslippsgrenser enn de som gjelder i dag kan medføre større behov for behandling av radioaktivt avfall, og mengde fast avfall som må lagres og deponeres kan øke.

4.2.4 Krav til avfall og mellomlager

I et eventuelt nytt mellomlager forutsettes det at det ikke blir restriksjoner tilsvarende som for KLDRA-Himdalen med hensyn til mengde aktivitet, da dette skal være et lager

for en begrenset periode på 50 – 100 år med kontinuerlig vakt og overvåking. Styrende for mellomlageret vil være hensyn til volum heller enn aktivitetsmengde.

Ved etablering av ett nytt mellomlager må avfall som skal lagres behandles på forhånd på en slik måte at kriteriene for lagring er oppfylt. Dette innebærer blant annet at kun fast avfall skal lagres, og det forutsettes også at avfallsbehandlingen skjer slik at det totale volum som må lagres blir så lite som mulig, men at det i tillegg gir mulighet til eventuell fremtidig behandling før endelig deponering. Det forutsettes at Radavfallsanlegget på Kjeller (eller tilsvarende) fortsatt eksisterer og har kompetanse til å ta seg av nødvendig forbehandling for klargjøring av avfall til et eventuelt nytt mellomlager.

Med få unntak er avfallet det her er snakk om allerede i fast form. Det antas av denne grunn at avfallet i stor grad kan pakkes direkte i egnede beholdere med indre skjerming avpasset aktivitetsmengden. Begrensende faktorer vil være utvendig doserate samt at det i noen tilfeller vil være nødvendig med spesialtillatelse for transport. Det kan imidlertid være mulig først å frakte klargjorte beholdere til mellomlageret, deretter fylle disse med enkeltkilder som fraktes direkte ved behov.

Krav til lagring er, i tillegg til doserate på utsiden av lagringsbeholderen, at lagringsbeholderen bevarer sin integritet ved lagring i 50 – 100 år. Dette vil være avhengig både av temperatur, fuktighet og atmosfære i lagringshallen, men også valg av emballasje for eksempel bruk av rustfrie stålfat.

Bygget for mellomlagring av denne type avfall kan være et enkelt rom, med passende skjerming hvor avfallsbeholdere settes så tett som mulig.

4.2.5 Estimater over avfallsvolum

Estimat over volumbehov er som tidligere beskrevet svært usikkert. Det eneste man vet med sikkerhet er hva som er lagret i KLDRA-Himdalen i dag (157 tønner inneholdende ca 33 g plutonium fra oppgraving av IFEs tønnefelt) og avfall som i dag lagres på IFE, Kjeller, som ikke skal til KLDRA-Himdalen. Liste over dette er gitt i tabell 4.3. Tabellen inkluderer også et estimat over driftsavfall fra IFE i perioden fram til 2030 som under dagens konsesjonsbetingelser ikke kan plasseres i KLDRA-Himdalen. Dette fordi det er satt en årlig grense på 100 mg plutonium for deponi i KLDRA-Himdalen. Totalt utgjør dette et volum på ca 75 m³.

Tabell 4.4 viser en oversikt over andre kilder, basert på opplysninger gitt av Statens strålevern. Disse er meget usikre. Erfaring med denne type kilder er imidlertid at de av volum ikke er store. Størrelsen på de ulike kildene er imidlertid ikke kjent. Kritikalitet vil også være et tema for pakking og stabling av noen av disse kildene (Am-241/Be). Totalt volum av oppgitte kilder er av utvalget estimert til 40m³.

Nedrivningsavfall fra IFEs nukleære anlegg er planlagt deponert i KLDRA-Himdalen. Aktivitetsmengden og strålingsnivåer fra komponenter i Haldenreaktoren kan imidlertid medføre at deponering av dette avfallet i KLDRA-Himdalen ikke er mulig før etter mange års desintegrasjon. Dersom det skal tas høyde for dette avfallet i et eventuelt nytt mellomlager er estimert volum av reaktortank i Halden med tilhørende deler ca. 90m³. Reaktortanken til JEEP II er ca. 9 m³.

Tabell 4.3 Oversikt over avfall ved IFE som etter gjeldende konsesjon ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen

	Type	Volum L	Antall	Totalt volum m3	g Pu	kg U	GBq Am/Be	GBq Am-241	GBq Ra 226	GBq Cf-252	GBq U, Pu, Fr
Lagerdel KLDRA	Tønner	330	157	51.8	32.9						
Lagret IFE, Kjeller	Tønner	330	10	3.3	2.1						
	Tønner	210	40	8.4	1.3		4276	15	17	30	165
Uranløsninger	Kokiller	1000	2	2.0	0.5						
Solidifiseres	Tønner	210	5	1.1	15.5	1100					
Sum, pr. 31.05.04				66.6	52.3	1100	4276	15	17	30	165
Forventet tilvekst driftsavfall 1997-2030	Tønner	210	40	8.4	7.5						
Estimert behov				75	59.8	1100	4276	15	17	30	165

*Tabell 4.4 Foreløpig, ufullstendig oversikt over kilder i Norge.
Estimert totalt volum 40m³*

	Estimert volum, m3	Antall kilder	Am-241	Am- 241/Be	Cs-137	Co-60
Kontroll kilder i faste innstallasjoner						
Antall innstallasjoner			114	44	1364	691
Sum i GBq			2337	223	11781	862
Største innstallasjon i GBq			696	18.5	995	111
Estimert lagringsvolum, m3			2	2	6	2
Andre Kilder						
Blodbestrålingsanlegg i TBq	18	9			600	
Strålekniv Bergen i TBq	6	210				220
NRPA i TBq	2	1				50
UiB i GBq	2	1		370		

5 Lover, Forskrifter, Internasjonale avtaler og Konvensjoner

Nukleære materialer og radioaktive kilder har vidstrakte samfunnsnyttige bruksområder. Samtidig kan slike materialer være potensielt helsefarlige. Nukleære materialer kan også, direkte eller indirekte, brukes til fremstilling av masseødeleggelsesvåpen. For å sikre at all håndtering, bruk og lagring, ikke representerer fare for liv, helse og miljø, eller brukes til eksplosive formål, er det etablert en rekke nasjonale lover og forskrifter som regulerer all håndtering, bruk og lagring av slike materialer. I tillegg har Norge undertegnet forpliktende internasjonale avtaler som har regulerende effekt på all nasjonal håndtering, bruk og lagring av nukleært materiale og hvordan nukleære installasjoner brukes. Et nytt lager for bestrålt nukleært materiale, radioaktivt avfall og radioaktive kilder, vil omfattes av en rekke nasjonale lover, forskrifter, internasjonale avtaler og konvensjoner. Disse vil samlet regulere alle faser av lagerets levetid, fra etablering til dekommisjonering. De påfølgende kapitlene 5.1, 5.2 og 5.3 beskriver en rekke lover, forskrifter, avtaler og konvensjoner som Fase 1 utvalget har identifisert som særlig relevant for et lager av denne karakter. Oppstillingen må ikke ansees som fullt ut dekkende for alle forhold.

5.1 Nasjonale lover og forskrifter som regulerer besittelse, omsetning og transport av nukleært materiale

Lov om Atomenergivirksomhet, av 1972-05-12 nr.28, sist endret 2002-08-30 nr. 67

I henhold til atomenergiloven vil et lager for bestrålt brensel være å anse som et atomanlegg. For et atomanlegg regulerer atomenergiloven krav til konsesjon for både oppføring, eierforhold og drift. Videre må et lager ha løyve for å inneha nukleært materiale. Atomenergiloven regulerer også Statens stråleverns tilsyns rolle med hensyn til sikkerhets relaterte forhold i forbindelse med oppføring og drift av anlegget. Atomenergiloven regulerer også erstatnings- og forsikringsansvaret dersom det oppstår atomskade. Bestemmelsene tilsvarer bestemmelsene i Pariskonvensjonen, og er i samsvar med Wien-konvensjonens bestemmelser, se avsnitt Wien- og Pariskonvensjonen - erstatning ved ulykker og skade.

Forskrift om besittelse, omsetning og transport av nukleært materiale og flerbruksvarer, av 2000-05-12 nr. 433 sist endret 2001-12-21 nr.1484

Denne forskriften er hjemlet i Atomenergiloven. Forskriften regulerer følgende forhold med virkning for et lager for bestrålt reaktor brensel:

- Krav til løyve for å besitte, omsette eller transportere nukleært materiale
- Krav til meldeplikt i forbindelse med mottak eller forsendelse av regulert materiale.
- Krav til regnskap med og årlig opptelling av nukleært materiale.
- Inspeksjonsadgang for det nasjonale kontrollorgan og IAEA.

Lov om strålevern og bruk av stråling, av 2000-05-12 nr. 36, sist endret 2003-08-29 nr. 87.

Formålet med loven er å forebygge skadelige virkninger av stråling på menneskers helse og bidra til vern av miljøet. Loven vil gjelde for et nytt lager for bestrålt brensel og avfall som avgir radioaktiv stråling. Loven stiller krav til forsvarlighet, opplæring av personell, vernetiltak for å redusere doser til personell og miljø. Loven stiller også krav

til at virksomheter som omfattes av loven skal utarbeide beredskapsplaner for håndtering av ulykker og uhell.

Strålevernsforskriften, av 2003-11-21 nr.1362

Regulerer all håndtering av kilder til både ioniserende og ikke-ioniserende stråling. Forskriftens formål er å sikre uønsket virkning av stråling til mennesker og miljø. Forskriften regulerer i detalj krav til sikkerhetsutstyr, stråledoser, utslipp til miljø og avfallsbehandling av stoffer som avgir ioniserende stråling.

Forskrift om erstatning ved atomulykker, av 2001-12-14 nr. 1498

Regulerer forhold som er avtalt i Wien-og Pariskonvensjonen.

Se avsnittene:

- Atomenergiloven
- Wien- og Pariskonvensjonen - erstatning ved ulykker og skade

Delegering av myndighet til Sosial- og Helsedepartementet til å innføre og fastsette tilsynsavgift og behandlingsgebyr for behandling av konsesjonssøknad etter atomenergiloven, av 1999-11-05 nr. 1144.

SHD kan innføre og fastsette tilsynsavgift og behandlingsgebyr for behandling av konsesjonssøknad. Dette medfører at Statens Strålevern kan, gjennom sitt tilsynsarbeide i henhold til atomenergiloven, gjennom SHD pålegge anleggseier avgifter.

Forskrift om transport av farlig gods på veg og jernbane 2002-11-11 nr. 1264. Sist endret 2003-11-06 nr. 1317

Forskriftens hovedregel er at veg- og jernbanetransport av farlig gods skal skje i samsvar med bestemmelsene i ADR-avtalen (*Den europeiske avtale om internasjonal vegtransport av farlig gods*) og RID reglementet (*reglement for transport av farlig gods med jernbane*). Gjennom EØS-avtalen måtte Norge tilpasse forskriften til EU's Rådsdirektiv om transport av farlig gods på veg Nr. 94/55. Dette direktivet forutsetter at bestemmelsene i ADR-regelverket også skal fungere som nasjonale bestemmelser innen hele EU/EØS-området. ADR-avtalen danner det folkerettslige grunnlag for felles bestemmelser om vegtransport av farlig gods, som i hovedsak er sammenfallende med RID reglementet.

Forskrift om fysisk beskyttelse av nukleære materialer av 1984-11-02 nr. 1809. Sist endret 2003-05-09 nr. 569

Forskriften regulerer krav til sikring av nukleært materiale. Forskriften deler nukleært materiale inn i klasser. Et lager for bestrålt nukleært materiale, skal oppfylle beskyttelseskravene i den høyeste klassen, med hensyn til krav om sikring. Dette innebærer at slikt materiale skal lagres innenfor et beskyttet område som er kontinuerlig overvåket av vakt og elektronisk utstyr med forbindelse til hensiktsmessige sikkerhetsstyrker og som er beskyttet av meget solide fysiske barrierer. I tillegg skal personer og pakker ved inn- og utpasseringer kontrolleres med spesielle detektorer supplert med manuell kontroll. Forskriften stiller også omfattende krav til alarmsystemene og til sikring av transporter av relevant materiale.

5.2 Internasjonale forpliktende avtaler og konvensjoner.

Et nytt mellomlager for bestrålt nukleært materiale, langlivet mellomradioaktivt avfall og radioaktive kilder vil omfattes av følgende internasjonale avtaler og konvensjoner:

Ikke-sprednings avtalen - Non Proliferation Treaty (NPT), av 1968-07-1

Fra tidlig på 60 tallet ble det i FN regi med stadig større intensitet forhandlet om en protokoll som skulle regulere og hindre spredningen av atomvåpen. NPT ble ferdigforhandlet og signert av en rekke land i 1968. Medlemsnasjoner forplikter seg, gjennom NPT, til å ikke utvikle masseødeleggelsesvåpen. Artikkel III i NPT pålegger signatarlandene å fremforhandle en kontrollavtale med IAEA.

Kontrollavtale (Safeguardsavtale) med IAEA, av 1972-03-01

Safeguards skal sikre at alle nukleære anlegg i en NPT nasjon kun har fredelige hensikter og at nukleære materialer kun brukes til fredelige ikke-eksplosive formål. IAEA skal gjennom kontroll og tilsyn forhindre avledning av nukleære materialer eller bruk av nukleære installasjoner til produksjon av nukleære eksplosiver eller deler til slike. Norges kontrollavtale med IAEA trådte i kraft høsten 1972. Denne avtalen er omfattende og regulerer alle antatte forhold som kan sees i sammenheng med utvikling, bygging og produksjon av anlegg som kan fremstille, håndtere etc. utgangs materialer til et masseødeleggelses våpen. Videre medfører den en rigid kontroll med alt nukleært materiale i en nasjon. Av særlige safeguards forpliktelser for et nytt lager for bestrålt reaktor brensel, nevnes følgende:

- Informasjon til IAEA så snart en beslutning om bygging er fattet.
- Informasjon til IAEA om design.
- Full "Design Information" rapport til IAEA senest 180 dager før byggestart.
- Løpende rapportering til IAEA om endringer i de overfor nevnte punkter.
- Løpende rapportering til IAEA ved mottak (og forsendelser) av materialer og drift av anlegget.
- IAEAs inspeksjonsrett.
- IAEAs kontroll med inventar av nukleært materiale.

Tilleggsprotokoll til kontrollavtale med IAEA, av 1999-09-29

Denne avtalen gir IAEA økte rettigheter til å inspisere tekniske installasjoner i Norge. Avtalen medfører vidstrakte rapporteringsforpliktelser som omfatter tekniske installasjoner og utstyr som også kan brukes (såkalt dual use eller flerbruksvarer) til fremstilling av atomvåpen. Protokollen innrømmer også IAEA større rettigheter, til blant annet å benytte avanserte teknologi i kontroll øyemed. Et lager for bestrålt reaktor brensel vil kunne håndtere teknologi som omfattes av tilleggsprotokollen.

Bilateral samarbeidsavtale med USA av 1967-06-07, sist endret 1983-07-07.

USA inngikk avtaler om fredelig utnyttelse av atomenergi med en rekke nasjoner fra tidlig på 50-tallet og frem til NPT ble ferdigforhandlet. Før IAEA begynte sitt inspeksjonsprogram i 1972, hadde Norge i en rekke år hatt Amerikanske inspeksjoner. Etter at IAEA inspeksjonene begynte i Norge i 1972, har det ikke vært gjennomført inspeksjoner under denne avtalen i Norge. Avtalen med USA er på mange måter en "sovende" avtale da hovedmomentet, fredelig utnyttelse, kun verifiseres av IAEA. Skulle IAEA kontrollen av en eller annen grunn falle bort i Norge, vil Amerikanske inspeksjoner bli

gjenopptatt. Avtalen stiller likevel krav til Norge på flere områder, blant annet med hensyn til eventuelle overføringer av brensel av amerikansk opprinnelse, til tredje nasjon. Avtalen godkjenner kun eksport av slikt materiale til Frankrike og England.

Konvensjonen om fysisk beskyttelse av nukleært materiale av 1980-03-03

Konvensjonen om fysisk beskyttelse av nukleært materiale har til hensikt å danne et felles internasjonalt avtaleverk for graden av sikringstiltak som skal være implementert ved transport av nukleært materiale.

Wien konvensjonen av 1963-05-21, sist endret 1977-11-12 og Pariskonvensjonen av 1960-07-29, sist endret 1982-11-16

Begge konvensjonene regulerer erstatning ved ulykker og skade og bygger på de samme erstatningsrettslige prinsipper. Ansvar er objektivt, og kan normalt bare gjøres gjeldende overfor den ansvarlige innehaveren av et atomanlegg. Den enkelte stat kan begrense ansvaret til et fastsatt beløp. Innehavere av atomanlegg må forsikre anlegget opp til dette beløpet. Det skal bare være én stat som har jurisdiksjon over erstatningskravene uansett hvor skaden skjer. Dersom en atomulykke skjer i et atomanlegg, vil det være den stat hvor atomanlegget ligger som har jurisdiksjon.

Utenom NPT regimet finnes det flere regimer som supplerer NPT og de forpliktelser som fremkommer av den med underliggende kontrollavtaler.

Nuclear Suppliers Group (NSG) og Zangger-komiteén

Norge er forpliktet av to regimer for eksportkontroll med nukleærrelatert teknologi: Nuclear Suppliers Group (NSG) og Zangger-komiteen. Zangger-komiteen ble opprettet i 1971 som en arbeidsgruppe under NPT for å sikre en mest mulig enhetlig fortolkning artikkel III.2 i NPT, som krever at man ikke eksporterer materiale som kan benyttes til utvikling av atomvåpen.

I 1976 ble NSG dannet fordi man ønsket en mer omfattende eksportkontroll med kjernefysiske produkter og materiale enn den Zangger-komiteen kunne definere på grunnlag av de begrensningene som fantes i NPTs artikkel III.2. I NSG samordnes eksportkontrollen for alt materiale, produkter og teknologi som kan benyttes til produksjon av kjernefysiske sprengmekanismer. Et mellomlager for bestrålt nukleært materiale vil med stor sannsynlighet håndtere teknologi som omfattes av disse regimene.

OSPAR-konvensjonen, ratifisert av Norge i 1995

Et internasjonalt samarbeid under Oslo – Pariskonvensjonen (OSPAR) for blant annet å komme fram til felles standarder og mål for å redusere utslippene til sjø.

OSPAR-konvensjonen regulerer landbaserte utslipp, dumping og forbrenning, offshore aktiviteter, overvåking, vern og bevaring av økosystemene og det biologiske mangfold i sjøområdet.

The joint convention on the Safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste, 1997.

Konvensjonen skal sikre en sikker og transparent forvaltning av radioaktivt avfall og kjernebrensel. Denne konvensjonen fastslår også en rekke etiske krav, som for eksempel at utilbørlige byrder ikke skal legges på fremtidige generasjoner.

5.3 Andre relevante nasjonale lover og forskrifter.

Et nytt mellomlager for bestrålt nukleært materiale, langlivet mellomradioaktivt avfall og radioaktive kilder vil i tillegg til de overfor nevnte lover og forskrifter også omfattes av en rekke generelle lover og forskrifter. Fase 1 utvalget finner at følgende lover og forskrifter vil være relevante.

Plan og bygningsloven av 1985-06-14 nr.77 sist endret 2003-05-09 nr.32

Denne loven gir bestemmelser om relevante sider ved en byggesak med spesiell vekt på kontakt med offentlig myndighet og oppfyllelse av sikkerhetsbestemmelser. Loven gir også krav til utredninger og planarbeid, for å sikre at en utbygging ikke påfører publikum eller storsamfunnet urimelige ulemper.

Lov om offentlige anskaffelser av 1999-07-16 nr.69 sist endret 1992-11-27 nr.116

Loven gir detaljerte regler for offentlige anskaffelser, med regler om hvem som er pliktige til å følge den, hvordan innkjøp skal gjennomføres mm. Denne loven skal benyttes fra det tidspunktet myndighetene bestemmer at de skal gjennomføre en byggesak. Hovedregelen for anskaffelser etter denne loven er offentlige åpne anbud. Anskaffelsene gjennomføres av den i statsforvaltningen som det er bestemt skal ha bestiller kompetanse.

Forurensningsloven av 1981-03-13 nr.6 sist endret 2003-06-20 nr.45

Denne loven vil ikke dekke radioaktiv forurensning, men annen forurensning som følge av byggevirksomheten eller driften, eksempelvis lekkasje av diesel og hydraulikkolje under byggevirksomheten.

Arbeidsmiljøloven av 1977-02-04 nr.4 sist endret 2004-03-26 nr.15

AMLs intensjon er å sikre et arbeidsmiljø som gir arbeidstakerne full trygghet mot fysiske og psykiske skadevirkninger og med en verneteknisk, yrkeshygienisk og velferdsmessig standard som til enhver tid er i samsvar med den teknologiske og sosiale utvikling i samfunnet. Den gir bestemmelser som har betydning for utforming av anlegget som berører bl.a. innredning, løfteanordninger, belysning, ventilasjon, sikkerhet for personell, HMS.

Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (internkontrollforskriften) av 06.12.1996 nr 1127, sist endret 19 des 2003 nr. 1599

Forskriften gir bestemmelser om at den som er ansvarlig for virksomheten, plikter å sørge for systematisk oppfølging av gjeldende krav fastsatt i arbeidsmiljøloven, forurensningsloven, brann- og eksplosjonslovgivningen, produktkontrollloven, sivilforsvarsloven og lov om elektriske anlegg og elektrisk utstyr. Det kreves aktivitet i form av kartlegging, risikovurdering og handlingsplaner, samt iverksetting av rutiner for å avdekke, rette opp og forebygge overtredelse av krav. Systemet (og aktiviteten i den forbindelse) skal systematisk overvåkes og gjennomgås. Forskriften krever bred medvirkning fra arbeidstakerne både ved innføring og utøvelse av systemet.

Kommunehelsetjenesteloven - khl. av 1982-11-19 nr.66 sist endret 2003-12-19 nr.134

Loven har eget kapittel om miljørettet helsevern. Miljørettet helsevern omfatter de faktorer i miljøet som til enhver tid direkte eller indirekte kan ha innvirkning på helsen. Disse omfatter blant annet biologiske, kjemiske, fysiske og sosiale miljøfaktorer.

6 IAEA-anbefalte designkrav til brenselager

Etter utlasting fra reaktoren, blir bestrålt brensel som regel lagret i vannfylte bassenger ved reaktoranlegget. I denne perioden, som kan vare fra noen måneder opptil flere år, blir varmeproduksjon i brenselet betydelig redusert og mye av de flyktige fisjonsproduktene dør ut. Brenselet flyttes deretter til et annet lager, som kan være lokalisert i nær tilknytning til reaktorene eller ved en annen lokalitet.

Dette mellomlageret for bestrålt brensel skal sikre trygg og sikker lagring i perioden frem til reprosessering eller endelig deponering som høyaktivt avfall. Det skal være mulig å ta imot, håndtere, lagre og hente frem brenselet fra dette lageret uten unødige risiko for helse og sikkerhet eller for miljø. Dette betinger at det stilles bestemte krav til design og konstruksjon av et slikt mellomlager for bestrålt brensel.

6.1 IAEAs overordnede sikkerhetskrav

IAEA har i sitt dokument Safety Series No.116 "Design of Spent Fuel Storage Facilities" definert følgende overordnede og generelle sikkerhetskrav som skal være bestemmende for design av et lager for bestrålt brensel. Design skal sikre at:

- mulighet for kritiske brenselkonfigurasjoner utelukkes
- varmen som produseres i brenselet føres bort i tilstrekkelig grad
- strålevern blir ivaretatt
- brenselkapslingen bevarer sin integritet gjennom lagringsperioden.

Designet skal ta høyde for uhellstilfeller i tillegg til normaloperasjon av lageret.

Et utvalg av designløsninger tilfredsstiller disse basiskrav, og de fleste benytter enkle, passive systemer som er beregnet til å fungere i mange tiår.

6.1.1 Subkritikalitet

Den fysiske utformingen av lageret må sikre at brenselet, under ingen omstendigheter, kan komme sammen på en måte som vil initiere en kjedereaksjon av fisjonerings. Dette tas vare på ved valg av geometriske konfigurasjoner for lagringsposisjoner. Den nødvendige avstand mellom lagringsposisjonene avhenger av mange faktorer relatert til brenselet, som for eksempel type, utforming, anrikningsgrad, utbrenning m.m. Det kan være stor variasjon innen de forskjellige parametere, for eksempel mange grader av utbrenning eller stor variasjon i anrikningsgrad på det lagrede brenselet, men det skal velges konservative verdier ved beregninger for å sikre subkritikalitet. Både interne og eksterne forhold kan påvirke subkritikalitet, eksempelvis inntrengning av vann og bortfalling av nøytronabsorberende materialer. Sannsynlighet og konsekvensene av slike forhold må behandles og eventuelle tiltak treffes for å sikre at subkritikalitet blir opprettholdt til enhver tid, inkludert ved uhellscenarier.

6.1.2 Bortføring av varmen

Lageret må designes med kjølesystemer som fører bort varmen som produseres i brenselet på grunn av desintegrasjon av radioaktivitet. Dersom denne varmen ikke føres bort kan det skapes forhold som kan føre til brudd i kapslingen og frigivelse av radioaktivitet. Kjølesystemet må dimensjoneres for et fullastet lager med de beregnede utbrenninger. I noen tilfeller gir naturlig luftsirkulasjon tilstrekkelig kjøling, i andre tilfeller av brensel med høy varmeproduksjon er et system for tvungen kjøling nødvendig. Dersom det er funnet nødvendig med tvungen kjøling må systemet bygges med tilstrekkelig redundans som sikrer kjøling ved evt. svikt av kritiske komponenter. Behov for kjøling av brensel under forflytning og transport må også adresseres.

6.1.3 Strålevern

De krav som stilles til strålevern ved et mellomlager er de samme som stilles til alle nukleære anlegg. Det er et gjeldende prinsipp for alt strålevernarbeid at stråledoser til mennesker og miljø skal holdes så lave som rimelig mulig og ikke overskride grenser satt av myndighetene. Design av lageret skal ta hensyn til dette prinsippet og må derfor stille krav til blant annet ventilasjon med filtreringssystemer, skjerming mot stråling, utslippsmonitorering, strålingsovervåking av områder der brensel håndteres, dekontamineringsmuligheter m.m.

6.1.4 Bevaring av kapslingens integritet

Design skal sikre at radioaktivitet som er bygd opp i det bestrålte brenselet ikke kommer ut som et ukontrollert utsipp til omgivelsene. Dette krever en utstrakt kontroll av barrierene mellom radioaktivitet og omgivelsene. Den primære barrieren er brenselspelleten i seg selv som binder radioaktiviteten i dens struktur. Sekundærbarrieren er den tette kapslingen rundt brenselet. Alle forhold som kan påvirke kapslingens beskaffenhet over tid må holdes under oppsikt og kontroll, eksempelvis fuktighet eller kjemikalier som kan påvirke korrosjonsprosessen.

Ventilasjon og avgassystemer skal imidlertid tas med i design for å ta vare på et evt. utslipp i tilfelle brudd på kapslingen.

Disse overordnede sikkerhetskravene gjelder enten det velges mellomlagring i vannbassenger eller tørrlagring. Deretter kommer en rekke krav som er spesifikke for den lagringsform som blir valgt. Kravene er relatert til bruk av vann eller luft som kjølemedium gjennom en lang overvåket driftsperiode.

6.2 Andre designkrav

Andre aspekter ved et lager det bør tas hensyn til i designstadiet, uansett våt eller tørrlagring er:

6.2.1 Materialvalg

Design må ta utgangspunkt i en tenkt driftstid og at valg av materialer tilpasses denne tiden. Det må imidlertid tas høyde for fremtidig vedlikehold og reparasjoner og mulig behov for erstatning av komponenter. Valg av materialer og konstruksjonsmetoder, eksempelvis sveising, må oppfylle krav som myndighetene stiller. Disse betraktninger er særlig viktig for komponenter som er direkte knyttet til sikkerhetssystemer og for materialer i direkte kontakt med brenselet. Det finnes internasjonale koder og standarder som kan være retningsgivende i dette arbeidet, eksempelvis ASME (American Standard for Mechanical Engineering), men myndighetene skal godkjenne det endelige valget av standard. Det må tas hensyn til faktorer som for eksempel korrosjonsfremmende materialkombinasjoner, strålingsindusert skademekanismer og dekontaminering.

6.2.2 Driftsforhold

Sikker drift er et overordnet mål for et mellomlager for bestrålt brensel og dermed må forhold som er kritiske for oppnåelse av dette mål dokumenteres på design stadiet.

Dette bør inkludere tiltak for å begrense dosebelastning til de ansatte, eksempelvis fjernstyring av håndteringsutstyr, sikkerhetstiltak for å begrense omfang av en operasjonell hendelse, m.m

6.2.3 Valg av beliggenhet

Stedsvalget må godkjennes av de nasjonale myndighetene på basis av en konsekvens analyse. I analysen er det nødvendig å behandle både naturskapte og menneskeskapte ulykkescenarioer. Av naturfenomener kan det nevnes jordskjelv, flom, vindforhold, nedbør, temperatur, og lyn-nedslag. Flystyrt og eksplosjoner er eksempler på menneskeskapte ulykkescenarioer som må adresseres. Ved stedsvalg vil grunnforhold i området være et viktig aspekt som må tas i betraktning, for eksempel grunnens evne til å bære en tung konstruksjon. Forøvrig vil demografi være av stor betydning, for eksempel befolkningstetthet, militæraktivitet, trafikk forhold og infrastruktur i området.

Det kan vurderes å plassere et nytt lager på samme område som en allerede eksisterende nukleær installasjon. På den måten kan disse installasjoner utnytte noe av de samme støttesystemer og infrastruktur. Det er imidlertid avgjørende at en slik løsning ikke øker sannsynligheten for eller konsekvensene av et eventuelt uhell eller reduserer sikkerheten ved anleggene på annen måte.

6.2.4 Kontrollavtale med IAEA (Safeguards agreement)

Ikke spredningsavtalens (Non Proliferation Treaty) artikkel III pålegger medlemsnasjoner å fremforhandle en kontrollavtale (Safeguards agreement) med IAEA. Norges safeguardsavtale trådte i kraft i 1972 (se 5.2). Gjennom denne avtalen forplikter alle medlemsland seg til å etablere systemer for regnskap og kontroll med spaltbart materiale (Uran, Plutonium) og Thorium. Hensikten med systemet er å sikre at nukleært materiale ikke kommer på avveie og at slikt materiale kun brukes til fredelige formål. Et effektivt safeguard system sikrer også at et eventuelt tyveri eller forsøk på avledning av nukleært materiale vil kunne avdekkes på et tidlig tidspunkt. Norge har påtatt seg ytterligere forpliktelser i denne sammenheng ved å også undertegne den såkalte tilleggsprotokollen (Additional protocol to the Safeguards agreement). Denne protokollen medfører at Norge også skal etablere kontroll og rapporteringsrutiner med relevant teknologi, herunder også utstyr til håndtering av bestrålt brensel. IAEA gjennomfører flere inspeksjoner årlig av relevante norske anlegg. Et lager for bestrålt brensel vil bli gjenstand for et antall inspeksjoner årlig, både anmeldte og uanmeldte. En inspeksjon av et brenselslager vil blant annet medføre kontroll av lagerbeholdning og eventuelt IAEA montert overvåkingsutstyr.

6.2.5 Fysisk sikring

Norge er forpliktet av Konvensjonen om fysisk beskyttelse av nukleært materiale, som også har til hensikt å hindre tyveri av nukleært materiale (5.2).

Design av et mellomlager skal inkludere systemer for å hindre, forsinke og fremme tidlig oppdagelse av uautorisert inntrenging. Kun autorisert personell skal ha tilgang til områder der bestrålt brensel er lagret eller håndtert. Typiske eksempler av fysiske sikringstiltak er gjerder, overvåkingskameraer og adgangskontroll.

7 Tekniske løsninger for lagring av bestrålt brensel

Når bestrålt brensel lastes ut fra vannkjølte reaktorer blir det som oftest lagret i vannbassenger som er lokalisert i nærheten av reaktoren. (At Reaktor (AR)-lager) Vannet i bassengene fungerer både som kjølemedium og strålingsskjerm for det svært radioaktive brenselet, samtidig som det tillater visuell inspeksjon av brenselet.

De fleste AR våtlagre var opprinnelig designet for å lagre en begrenset mengde brensel med den antagelse at brenselet skulle sendes videre til reprosessering etter noen år. Reprosesseringsprogrammer i de fleste land har vært sterkt forsinket eller skrinlagt og dette skapte dermed kapasitetsproblemer ved eksisterende AR-lagre. Løsningen ved de fleste fasiliteter var i første omgang mer effektiv utnyttelse av eksisterende lagre og deretter har mange valgt å bygge ut sine AR-lagre.

Det stadig økende behov for lagringsplass fremprovoserte utvikling av andre lager typer som egner seg for brensel som har vært nedkjølt i noen år. På grunn av redusert behov for kjøling etter den første lagringsperioden var det mulig å utvikle teknologi for tørrlagring. Radioaktivitetsinnhold i brenselet er også betraktelig redusert etter den første lagringsperioden. Dette letter håndtering og transport av brenselet og gjorde at lagrene i

større grad kunne lokaliseres andre steder enn i direkte tilknytning til reaktoren. (Away From Reaktor (AFR)-lager). AFR-lager er som oftest tørrlager og det er antatt at de vil være operative lenge etter at reaktoren er tatt ut av operasjon, det vil si en periode på 50 til 100 år.

Både våt og tørrlagring er i dag å betrakte som utprøvde og anerkjente metoder for lagring av bestrålt brensel. Svært mange land har oppnådd betydelig økning i lagerkapasitet ved å modifisere sine AR- og AFR-lagre i påvente av nasjonale strategier for håndtering, lagring og deponering av bestrålt brensel.

7.1 Våtlagring

Et våtlager består først og fremst av et stort basseng med vegger og gulv i armert betong som gir den nødvendige konstruksjonsstyrke og strålingsbeskyttelse. Tidlige bassenger var åpne til atmosfæren, men økende krav til vannkvalitet har resultert i at de fleste nå er tildekket. Bassenget er foret med tette rustfrittstålplater. Rammer av stål eller aluminium under vannet danner faste lagringsposisjoner og sikrer den nødvendige avstand mellom brenselspinnene. Brenselet lastes inn vertikalt og i noen tilfeller er bassengene og lagerposisjonene konstruert for å kunne lagre to lag med brensel dvs en nedre og en øvre lagerposisjon i samme vertikale kanal. Denne løsningen har vært benyttet i forbindelse med modifisering av bassenger for å øke lagringskapasiteten. En annen løsning for å øke lagringskapasiteten har vært å integrere nøytronabsorberende materialer i lagersystemet, som for eksempel å bruke lagringskurver av borholdig stål.

Bassengene er fylt med demineralisert vann og forhold som kan påvirke kapslingens beskaffenhet overvåkes nøye. Den nødvendige vannkvalitet oppnås ved å installere rensketretser med partikkelfilter og ionebytterkolonner. Dette hindrer at aggressive anioner som klorider og sulfater bygger seg opp i vannet samtidig som det renser vannet for radioaktive elementer. Mange bassenger har utstyr for å skumme vannoverflaten og rense for rusk som flyter på overflaten. Brenselet lagres flere meter under vannflaten slik at vannet dermed representerer en betydelig skjerm. Vannivå i bassenget må overvåkes for å hindre utilsiktet avdekking av brenselet, noe som kunne resultere i både en uønsket overoppheting av brenselet og en unødvendig strålingsbelastning for personell. Vanntemperaturen i et våtlager under normal drift er ca. 40-50°C. Vanntemperaturen påvirker frigivelse av aktivitet fra brenseloverflaten, så av denne grunn er det også viktig å holde temperaturen på bassengvannet lavt.

Mesteparten av brenselet som lagres vått er fra vannkjølte reaktorer og har zircalloy-kapsling. Det er opparbeidet lang erfaring med denne type lagring. Brensel med zircalloy kapsling har vært våtlagret i 40 år, og mekanismer som påvirker korrosjon og evt. degradering av brenselkapsling er godt kjent og forstått. Våtlagring krever imidlertid aktive støttesystemer, eksempelvis vannbehandlingssystemer som må overvåkes, kontrolleres og vedlikeholdes. Våtlagring genererer også en del lav og mellomaktivt avfall i form av brukt ionebyttermasse og filter.

7.2 Tørrlagring

Tørr håndtering av brensel har vært praktisert i mange tiår i "hot cells" i forbindelse med ompakking av brensel, inspeksjon og måling etter bestråling m.m. Typisk for dette

arbeidet er behov for skjerming og fjernstyring av operasjoner. Erfaringer fra tørrhåndtering av brensel danner grunnlaget for utviklingen innen tørrlagring. Bruk av tørrlagring som en lagringsopsjon over lengre tid begynte allerede i 1960 årene. Lagring med en overdekning av edelgass tillater høyere lagringstemperaturer uten at kapslingens integritet blir truet, og erfaringer viser også at brensel med kapslingsfeil ikke degraderes ytterligere ved lagring i en edelgass atmosfære.

Naturlig konveksjon til kjøling har den fordel at det eliminerer behov for pumper, vifter etc. som krever vedlikehold, og det blir mindre radioaktivt avfall enn ved våtlagring.

Det eksisterer flere godt utviklede og utprøvde konsepter innen tørrlagring.

Løsninger som har et enkelt bruksområde er:

- hvelv
- siloer eller ikke-transportable betong beholdere
- tørre brønner

Det har også vært utviklet løsninger som kan fylle flere funksjoner:

- metall/betong beholdere som tilfredsstiller krav til både transport og lagring (casks)

7.2.1 Hvelv

Et hvelv eller bunker er konstruert i forsterket betong med lagringsposisjoner som er veldefinerte ved hjelp av en stålramme. Betongkonstruksjonen kan stå fritt på bakken eller lagres under bakkenivå. Nødvendig skjerming oppnås ved hjelp av betongkonstruksjonen. Behov for bortføring av varme kan oppnås enten ved hjelp av et aktivt system som krever pumper eller ved naturlig konveksjon. Naturlig konveksjon er å foretrekke fordi det er en enkel, rimelig løsning som eliminerer vedlikehold og problemer knyttet til komponentsvikt, men dersom filtrering av utgående luft er påkrevd er det nødvendig med tvungen sirkulering av luft.

7.2.2 Ikke-transportabel betongbeholder

Lagring i betongbeholdere er på mange måter en modifikasjon av hvelv konseptet, og legger forholdene til rette for lagring i separate, uavhengige enheter. En beholder er som oftest sirkulær i tverrsnitt, støpt i armert betong og har en stål innervegg og et tett betonglokk. Nødvendig strålingsbeskyttelse oppnås ved hjelp av betongkonstruksjonen. Det er ingen ventilering av enheten, konseptet er basert på passiv kjøling uten behov for mekaniske eller elektriske støttesystemer. Varmen er fjernet fra brenselet ved hjelp av konduksjon eller naturlig konveksjon til omgivelsene. Beholdere kan være stasjonære hvor innlasting skjer på plass inne i en bygning. Noen beholdere lastes inne i bygningen, og kan så flyttes over kortere avstander for lagring et annet sted innenfor anleggsområdet. På grunn av vekt og dimensjoner krever dette utstyr og infrastruktur som er spesielt tilpasset systemet, f.eks ”multiwheeled , heavy-haul vehicle” eller tilpasset jernbanevogn og linje og løfteutstyr etc. Beholderkonseptet fungerer like godt utendørs, uten overbygning som inne i en bygning, fordi lagerets sikkerhet er i selve beholderen. Beslutningen om de skal lagres innendørs eller ute i det fri må tas med bakgrunn i forhold blant annet knyttet til publikumsaksept og fysisksikring.

Det modulære konseptet er praktisk og kosteffektivt særlig for mindre brenselmengder fordi det er et fullstendig passivt system og materialkostnadene er lave. Samtidig er det veldig enkelt å utvide lagringskapasiteten om nødvendig. Det egner seg imidlertid best der man skal dekke et behov for lagring av brensel som er relativt uniformt i form og størrelse.

Når brenselet lastes fra et våtlager til en tett beholder vil det alltid være behov for tørkeprosedyrer for å hindre en fuktig atmosfære i beholderen som over tid kan fremme korrosjonsprosessen.

7.2.3 Metall/betong transportabel lagringsbeholder - casks

Den nukleære industrien har lang tradisjon for sikker transport av bestrålt brensel. Brenselet transporteres i spesialkonstruerte transportbeholdere som er testet for å tåle meget store påkjenninger uten å miste sin integritet. Noen land har bygd videre på denne erfaringen og utviklet metall transportbeholdere som også kan lisensieres for lagring. Et eksempel på dette er en Castor cask som er utviklet i Tyskland. En typisk Castor-type cask er ca. 5m høy, ca. 2m i diameter, veier fra 60-100 tonn og med lagringskapasitet for ca. 30 brenselelementer. Transnucléaire casks har lignende dimensjoner.

Etter den første kjøleperioden på 1 til 5 år i et vannbasseng, kan brenselet lastes over til en cask. Når den er fullastet skal caskens innerkammer tørkes og spyles med helium. Casken lukkes med et gasstett lokk og helium atmosfæren inne i beholderen skal være noe lavere enn atmosfærisk trykk. Dersom det skulle oppstå en lekkasje vil uteluft dras inn i casken og ikke motsatt at cask atmosfæren lekker ut. Det er imidlertid mulig å utføre et monitoreringsprogram for lekkasje kontroll.

Full utnyttelse av lagringskapasiteten til en kommersielt tilgjengelig transportbeholder er lettest å oppnå med brensel som i stor grad er standardisert i størrelse og form.

7.2.4 Tørre brønner

Et annet konsept som har vært utviklet bruker lagerposisjoner direkte i grunn. Dette krever nødvendigvis spesielle geologiske forhold som ikke er tilgjengelig i alle land. Brenselelementer lastes først i solide korrosjonsbestandig beholdere som deretter lastes inn i en brønn. Stålbekholderen utgjør barrieren og beskyttelse av brenselet, mens brønnen skaper den nødvendige konstruksjon for plassering og beskyttelse av beholderen. Brønnen kan være mange meter dyp med en innvendig diameter på 0,5-1 meter. Kjøling av brenselet er basert på varmeavgivelse til omliggende jord eller fjell med videre varmeavgivelse til overflaten. Dette utgjør dermed et passivt system.

Den begrensende faktoren ved dette konseptet er kjøling slik at denne lagringsformen er best egnet for brensel med lav varmeproduksjon. Det kreves også at det tas særlig hensyn til mulig fuktighet i omliggende jord, og programmer for kontroll av evt. korrosjon av brønnvegger er spesielt viktig. Omliggende jord eller fjell skaper imidlertid en naturlig skjerm mot strålingen og brønnene tettes med en solid betong eller bly skjermingsplugg.

7.3 Nødvendig infrastruktur

I tilfeller av enkelbrukslager, vil det alltid være behov for en rekke andre fasiliteter i tilknytning til selve lagerkonstruksjon. Bestrålt brensel tas imot på lageret i en transportbeholder og må lastes ut av den og over til en beholder egnet for lagring. Avhengig av krav til lagringsforhold må brenselet kanskje først omemballeres og beholderen gjennomspyles med en edelgass for å forbedre varmeoverføring og hindre korrosjon, før den tettes. Dette er spesielt viktig for brensel med kapslingsbrudd fordi erfaringer har vist at et brudd kan utvides når brenselet lagres i en oksiderende atmosfære. Deretter må brenselet i den nye ytterbeholderen overføres til en lagerposisjon. Disse operasjoner krever brenselhåndteringsutstyr som for eksempel en stor skjermet beholder for flytting av brenselet og en egnet traverskran.

Det kan tenkes at infrastrukturen ved reaktoren kan brukes til kondisjoneringsprosessen, før transport til lageret, men dette vil neppe eliminere behovet for de samme fasiliteter ved et lager i en annen geografisk lokalitet. Det etableres gjerne et inspeksjonsprogram for å kontrollere lagringsforhold og bekrefte at brenselet er i forventet forfatning. Et kontrollprogram kan omfatte for eksempel visuell inspeksjon og måling av oksidlaget på utsiden av brenselet, hvilket krever brenselhåndteringsutstyr og hotcellefasilitet ved lageret.

Av andre støttesystemer som er nødvendig kan det nevnes:

- infrastruktur for håndtering av transportbeholder
- ventilasjonssystem for å begrense utslipp av radionuklider
- kommunikasjonsutstyr
- dekontamineringssystemer,
- avfallsbehandlingssystem,
- strålingsmonitorer i alle områder der brensel er lagret eller håndtert med alarmer og kontinuerlig overvåking
- personell fasiliteter som dusj og garderober etc.
- utstyrlagring

I tillegg kreves den nødvendig infrastruktur som enhver virksomhet trenger som for eksempel kontorer og anleggs vedlikeholdsfasiliteter.

8 Internasjonale trender i lagring av bestrålt brensel

Bare en brøkdel av alt reaktorbrensel som har vært generert gjennom kjernekraftens historie har vært reprocessert så mesteparten av brenselet befinner seg i AR- eller AFR-lager. Den dominerende lagringsformen er fremdeles våtlagring i bassenger, men

mange land har i løpet av de siste tiårene utviklet ”spent fuel management programmes” der tørrlagring inngår som et viktig ledd i programmet.

Tørrlagring er det foretrukne konseptet de siste årene fordi det baserer seg på passive systemer som ikke stiller de samme krav til operasjon, kontinuerlig oppfølging og vedlikehold som de aktive systemene for våt lagring er avhengig av. Korrosjonsproblematikken ved langtidslagring er betydelig redusert, og det skapes ikke store mengder sekundæravfall som for eksempel brukte filtere og ionebyttermasse. Driftskostnadene for disse lagrene er lavere enn ved våtlagring og de er enklere å avvikle når de skal stenges. I tillegg er tørrlagre gjerne modulære i design slik at lagerkapasiteten kan bygges ut etter behov. De fleste tørrlagre har vært konstruert på samme anleggsområde som reaktoranlegget, men ikke i direkte tilknytning til reaktoren. De betegnes AFR(RS) lager, det vil si Away From Reactor (Reactor Site). Beholdersystemer (casks, siloer) er de mest vanlige løsninger i bruk.

I det følgende er det gitt eksempler på forskjellige tørrlagringsløsninger slik de er brukt rundt om i verden.

8.1 Hvelv

Hvelv har vært konstruert i Canada, Frankrike, Ungarn, UK og USA.

Canada’s hvelvlager ved Gentilly 2 CANDU kraftreaktor er en videreutvikling av en silobasert teknologi. Dens fortrinn over siloteknologi er bedre kjøling av brensel og mer kompakt lagring samtidig som den har økonomiske og driftsmessige fordeler.

Tyskland har valgt tørrlagring i hvelv som en konkurransedyktig løsning for lager av over 300 tonn uran. Brenselelementer pakkes først i ytterbeholdere som fylles med helium og deretter tetteveises før lasting inn i hvelvet. Kjøling oppnås ved naturlig konveksjon: luften som er i kontakt med brenselet oppvarmes og strømmer oppover mot utslippskanalen. Dette skaper i sin tur et drag som fører uteluft inn gjennom inntakskanaler og videre over brenselet.

Frankrike bruker hvelvløsningen for brenselet fra forskningsreaktorer som ikke egner seg for reprosessering med den samme prosessen som for standard kraftverkbrensel. Mesteparten av brenselet som lagres på den måten stammer fra Brennilis EL4 tungtvannsreaktor. Brukt brensel fra forskningsreaktoren plasseres i metallbeholdere som fylles med helium ved reaktoranlegget, før det sendes fra reaktoranlegget til lageret.

8.2 Beholdersystemer (Siloer, casks, canisters)

Silolager har vært bygd i Argentina, Canada (AECL concrete canister system) og USA.

Et mellomlager basert på silokonseptet ble bygd i Argentina i 1993 og konstruksjonen tok ca. 3 år. Lageret består av to moduler, hver med 40 siloer, som er beregnet å gi lagringskapasitet for 10 års drift av det kraftverket det betjener, Embalse. Flere moduler skal bygges etter behov. Brenselet som er lagret i siloen er først lastet inn i stålbeholdere som blir tetteveiset.

Silolager har vært i bruk i Canada siden 1977 og er lisensiert for 50 års levetid. Typiske dimensjoner på en silo for CANDU brensel er 3m i diameter og 6m høy og den har lastekapasitet for ca. 60 brenselsbunter, hver ca. 100mm i diameter og ca. 500mm lang. Når en silo er fullastet blir innebeholderen tettsveiset og skaper dermed enda en tett inneslutning for brenselet, og lokket settes på. Det utføres kontroll en gang i året for å bekrefte at innebeholderen er tett. Gentilly 1 Irradiated Fuel Storage Facility inneholder all brenselet fra den dekommisjonert Gentilly 1 prototypereaktoren. Reaktoren var kun i drift i en periode tilsvarende 183 dager ved full effekt (183 full power days). Lageret består av 11 betongsiloer som ble bygd i turbinhallen til den nedlagte reaktoren. Hver silo inneholder 8 kurver som hver inneholder 38 Gentilly brenselsbunter.

Alt brensel fra Douglas Point prototype reaktor er lagret i 46 siloer som hver inneholder 9 kurver med 54 brenselsbunter. Ved det operative kraftverket The Point Lepreau består silolageret av 100 siloer.

Som nevnt under ”Hvelv” har silokonseptet blitt videreutviklet i retning hvelvlagring. I Canada er hvelvløsningen funnet mindre plasskrevende og mer økonomisk.

Casks fasiliteter har vært bygd i Belgia, Canada, Tyskland, Tsjekkia, India, Japan og USA.

I Belgia er det 7 nukleære reaktorer i drift. Som ett ledd i landets strategi for håndtering, lagring og deponering av bestrålt brensel (spent fuel management programme), ble det utført en analyse av mulige alternative løsninger for mellomlagring, og det ble besluttet å bygge et At-Reaktor lager ved hvert kraftverk etter behov. Konseptet som er valgt er tørrlagring i casks.

I tillegg til de sikkerhetsaspekter som alle brenselslagere må oppfylle, krevde Belgiske myndigheter at lageret måtte tåle styrt av et militært fly. Det ble vurdert å benytte en bygning for å oppfylle dette kravet, men det ble funnet mindre kostnadskrevende å bygge det inn i design av beholderen. Ferdiglastede beholdere skal tåle styrt av et 14600 kg F16 kampfly med en hastighet av 150m/s.

Pickering DryStorage Facility in Canada var ferdig konstruert og lisensiert i 1995. Det har kapasitet for 185 beholdere hver med kapasitet til lagring av 10 tonn bestrålt CANDU brensel. Beholdere lastes i et lasteområde og transporteres til et annet område for gjensveising og dekontaminering. Etter røntgen undersøkelse av sveisen og lekkasjetesting med helium, transporteres beholderne videre til lagringsområdet der de lagres med ca. 0.5m avstand til hverandre. Forflytning av beholdere utføres ved hjelp av en 80 tonn traverskran. Fase to vil være et utendørs lagringsområde med kapasitet til 500 beholdere.

Flere land har de senere år utviklet casks som tilfredstiller krav til både lagring og transport, såkalt dual-purpose casks. Transnucléaire og Castor har begge dual-purpose casks og NAC-International i USA har en dual purpose cask som er godkjent av USNRC (United States Nuclear Regulatory Commission).

9 Kravspesifikasjon for teknisk løsning for lagring av bestrålt brensel

Ved design og bygging av et lager for bestrålt brensel i Norge er det naturlig å legge IAEAs Safety Series til grunn ved fastsetting av kravspesifikasjoner. IAEAs anbefalinger til designkrav til lager for bestrålt brensel er omtalt i mer detalj i kapittel 6. I det følgende, oppsummeres de viktigste krav ved design.

Et godt gjennomtenkt og bearbeidet design er avgjørende for sikker drift uten unødvendig risiko for personell, befolkning eller miljø. Det er viktig at avgjørelser tatt for et ledd av syklusen til bestrålt brensel ikke setter begrensninger for et senere ledd.

De overordnede krav må kunne overholdes under normale driftsbetingelser, forutsigbare driftsforstyrrelser og under et antall beskrevne uhellsscenarioer, eksempelvis strømbrudd, jordskjelv eller brann. Scenarier knyttet til bevisste ulovelige handlinger som sabotasje og terror bør vurderes sett i lys av det norske trusselbildet.

Kravene skal kunne overholdes gjennom forventet livstid for lageret, det vil si 50 til 100 år.

Overordnede krav

- Subkritikalitet:

Den fysiske utformingen av lageret må sikre at brensel ikke kan føres sammen i mengder eller i konfigurasjoner som kan utløse en fisjonsprosess.

- Bortføring av varme

Brenselskapslingen må ikke komme opp i temperaturer som truer dens integritet. Dette krever sirkulasjon av et kjølemedium, luft eller vann, over brenselskapslingens overflate. Valg av aktive eller passive kjølesystemer avhenger av mengde desintegrasjonsvarme i brenselet.

- Brenselskapslingens integritet

Forhold som kan påvirke brenselskapslingens integritet, i første rekke korrosjon, må holdes under kontinuerlig kontroll.

- Strålevern

Stråledoser til de som arbeider ved lageret og til befolkningen forøvrig må være under dosegrenser satt av nasjonale myndigheter. Valg av løsninger og utstyr skal styres av prinsippet om at stråledoser til mennesker og miljø holdes så lave som rimelig mulig. (As Low As Reasonably Achievable- ALARA)

- Isolasjon av aktivitet

Radioaktivitet skal så langt det lar seg gjøre holdes isolert fra biosfæren. Dette oppnås ved hjelp av prinsippet om Forsvar i Dybden (Defence in Depth), det vil si bruk av flere suksessive barrierer for å inneslutte brenselet og evt. begrense konsekvensene av et uhell. Begrensning av utslipp til miljø skal også styres av ALARA-prinsippet.

- Utforming av anlegg

Anlegget må utformes for å hindre uautorisert adgang til anlegget eller befatning med brensel. Det må samtidig gjøres tilgjengelig for inspeksjoner, vedlikehold og reparasjonsarbeid, med så lave doser som det er rimelig å kunne oppnå. Det må tas hensyn til internasjonale avtaler og konvensjoner (Safeguards og Fysisk sikring).

- Dekommisjonering

Ved utforming av anlegget og valg av løsninger må det tas hensyn til fremtidig dekommisjonering av anlegget. Det er viktig at valg gjort på designstadium ikke setter begrensninger eller skaper problemer for en fremtidig dekommisjonering.

Disse overordnede krav vil legge føringer for spesifikasjoner knyttet til ventilasjonsanlegg, strålingsovervåking, skjerming, utslippsmonitorering, nødstrømsforsyning med mer.

De ovenfornevnte krav gjelder først og fremst for et brenselslager. Dersom det velges en løsning med eventuell mulighet for sam-lagring av annet radioaktivt avfall som etter gjeldende konsesjon ikke kan lagres i KLDRA-Himdalen vil imidlertid kravene til strålevern, adgangskontroll og isolasjon av radioaktiviteten være den samme for denne delen av lageret.

I og med at brenselet som lagres i Norge kun kommer fra forskningsreaktorer og ikke fra kjernekraftanlegg, har det mange forskjellige utforminger og anrikninger, alt etter hvilke forsøk som er gjennomført samtidig som den totale mengden brensel er liten. Fleksibilitet og tilpasningsmulighet bør vektlegges ved valg av lager konsept, samtidig som mulighet for utvidelse, det vil si en modulær løsning være å foretrekke.

10 Tekniske løsninger egnet for lagring av bestrålt brensel i Norge

Det er mange og strenge krav som må stilles til lagring av bestrålt brensel og det er utviklet flere tekniske konsepter som oppfyller disse kravene, jfr. kapittel 6 og 7. Valg av prinsipløsning er avhengig først og fremst av faktorer knyttet til brenselet som skal lagres og deretter av nasjonale forhold som for eksempel samfunnsstruktur, politiske forhold, klima og geologi.

10.1 Forhold knyttet til brensel som styrer valg av lagerløsning

Mesteparten av brenselet som skal inn i et eventuelt nytt lager for bestrålt brensel produserer lite varme i forhold til brensel som har vært i en kjernekraftreaktor. Da varmeangivelsen er begrenset er det ikke behov for aktivt kjøling. Derfor er tørrlagring en egnet løsning, da dette har det fortrinn at det ikke krever aktive støttesystemer for rensing av vann som i sin tur skaper sekundært radioaktivt avfall.

Derfor mener Fase 1 utvalget at tørrlagring vil være et velegnet lagringskonsept for bestrålt brensel i Norge.

Innen tørrlagringskonseptet er følgende mulige tekniske løsninger beskrevet i kap.7.

- hvelv
- siloer eller ikke-transportable betong beholdere

- tørre brønner
- metall/betong beholdere som tilfredsstillter krav til både transport og lagring (casks)

Tørre brønner er særlig krevende med hensyn til overvåking av fuktighet. Dette synes å være det konseptet som er minst anvendt internasjonalt og Fase 1 utvalget har valg å ikke forfølge denne løsningen.

I motsetning til bestrålt brensel som lastes ut fra et kjernekraftverk, er brenselet som er lagret og brenselet som vil genereres i fremtiden i Norge lite ensartet. Det er stor variasjon i både anrikning og fysisk utforming, noe som stiller krav til fleksibilitet i valgt løsning. Hvelvkonseptet gir åpning for stor grad av fleksibilitet, samtidig som det er godt kjent teknologi som er i bruk ved dagens lagre. Betongbeholdere (silo og lignende) som er en modifisering av hvelvkonseptet egner seg best for mer uniformt brensel, og er dessuten krevende med hensyn til infrastruktur. **Fase 1 utvalget har derfor valgt å utrede hvelv nærmere som en mulig teknisk løsning for Norge.**

Metall/betong transportable lagringsløsninger er gjerne lisensiert for 50 års-lagring med mulighet for forlengelse av lisensen etter videre testing og utredning, representerer tilfredsstillende lagringsforhold for brensel i dette tidsperspektivet, samtidig som de tillater forflytning av større mengder brensel av gangen. De fleste kommersielt tilgjengelige produkter på markedet, er beregnet for brensel fra kjernekraftreaktorer. Slikt brensel er gjerne uniformt både i utforming og anrikning i motsetning til brensel fra de norske forsøksreaktorene. I tillegg er kraftreaktorbrensel ofte vesentlig lengre enn brenselet i Norge. Det er imidlertid mulig at et av de kommersielt tilgjengelige produktene, som allerede har vært gjennom en lisensieringsprosess og oppfyller IAEAs anbefalte krav til lagring og transport vil kunne dekke Norges behov. Dersom dette ikke er tilfellet er det fremdeles mulig at, gjennom en dialog med en potensiell leverandør av en beholder, at man kan identifisere noen enkle modifiseringer av innerbeholderen som vil gjøre det mulig å tilpasse beholderen til norske behov. Dette vil imidlertid kunne utløse et behov for en tids- og kostnadskrevende lisensieringsprosess. En annen kritisk faktor er infrastrukturen ved eksisterende lagre og behovet for å kunne håndtere den valgte lagringsbeholderen. Det er mulig at den fysiske utformingen av eksisterende lagerbygg, krankapasitet og lignende, vil kunne begrense eller utelukke bruk av denne løsningen.

Det har ikke vært mulig for fase 1 utvalget, innenfor gitt tidsramme og budsjett, å undersøke dette nærmere, men **konseptet synes så interessant at transportable beholdere er inkludert som en mulig teknisk løsning som bør undersøkes nærmere.**

Som konklusjon, anser utvalget hvelv og metall/betong transportable lagringsbeholdere som egnede løsninger for lagring av bestrålt brensel som bør utredes nærmere.

I den videre utredning av de nevnte løsninger, bør også forhold som påvirker antall transporter, antall håndteringsoperasjoner med mer ved overføring av brenselet til nytt lager, tillegges vekt. Bruk av transportable lagringsbeholdere vil for eksempel redusere antall håndteringsoperasjoner, da brenselet kan lastes inn i en beholder ved et eksisterende lager og transporteres til et nytt lager, der den settes direkte på plass. I tilknytning til hvelvløsningen bør det vurderes om dagens tilgjengelige transportflaske

(den såkalte Kjellerflaska) for bestrålt brensel også kan brukes til å overføre brensel fra de eksisterende lager til et nytt mellomlager.

10.2 Andre forhold som påvirker valg av brenselagerløsning

Metall/betong lagringsbeholdere er konstruert for å tilfredsstille krav til lagring av brensel, selv om de står utendørs. De må settes på en solid betongplattform og området må sikres og overvåkes for å tilfredsstille krav til fysisk sikring av nukleært materiale. Denne løsningen brukes i mange land, deriblant USA. Med tanke på de klimatiske forhold i Norge og allmennhetens aksept for en lagerløsning for bestrålt brensel vil det være mest naturlig å velge en innendørsløsning. Fase 1 utvalget er bedt om å utrede muligheter for sam-lagring av bestrålt brensel og annet radioaktivt materiale, hvilket også tilsier en innendørsløsning.

Ett frittliggende bygg som rommer lager for bestrålt brensel og lager for annet radioaktivt materiale samt annen nødvendig infrastruktur er den enkleste løsningen. Geologi i Norge og ekspertis innen tunnelbygging åpner imidlertid også for muligheten av å plassere alt inne i en fjellhall. Dette gjør overvåkingen av et lager lettere og øker den fysiske sikringen.

Når det tas utgangspunkt i at et anlegg for lagring av brensel og annet radioaktivt materiale skal være i drift i inntil 100 år, vil det være en del ytre og indre påkjenninger som anlegget enten må dimensjoneres mot eller som man må korrigere virkninger av. Hvilke påkjenninger som kan være aktuelle vil være avhengig av om anlegget legges som et frittliggende bygg, eller om det legges i et fjellanlegg. Eksempelvis vil en bygning plassert inne i en fjellhall ikke utsettes for snølast, men denne vil kunne utsettes for drypp av grunnvann med vannløste salter og mineraler, som kan gi korrosivt miljø.

Det vil være en prinsipiell forskjell i om man bygger et anlegg på bakken i fri luft eller om man bygger et fjellanlegg. For et fjellanlegg vil man som oftest få varige endringer av grunnvannstanden og endringer i grunnvannstrømmer, mens anlegg på bakken som regel ikke endrer andre forhold enn lokalklima gjennom at enhver bygning for eksempel representerer barrierer for vind og snø. For begge disse situasjonene vil det være begrensede virkninger og man kan påvirke betydningen av disse gjennom anleggs-plassering og utforming.

Utvalget er bedt om å utarbeide kostnadsoverslag for mulige tekniske løsninger som egner seg for norske forhold. For å belyse eventuelle store forskjeller i kostnader forbundet med bygging i det fri eller i fjell, har utvalget valgt å utrede de to hovedkonseptene for lagring av bestrålt brensel, dvs hvelv og transportabel lagringsbeholder, både i et frittliggende bygg og i en fjellhall.

11 Beskrivelse av prinsippløsninger for et sam-lagringsanlegg for bestrålt brensel og annet høyaktivt radioaktivt avfall

11.1 Prinsippløsning for anleggets kjernefunksjoner

Den prinsippløsningen som det er valgt å se nærmere på for å kunne gi et kostnads-overslag består i en avfallshall og en brenselhall separert med en atkomsthall, der alle 3 hallene ligger på samme nivå. Sammen med tekniskrom, hot-celle og traverskran utgjør de tre hallene kjernefunksjonene i anlegget. Se Fig. 11.1.

Hovedhallene legges diametralt motsatt i forhold til hverandre, med felles atkomst- og avlastingssone i mellom, for å kunne benytte et felles kranbanesett og en travers for alle løfte- og heiseoperasjoner i alle deler av anlegget.

”Hot-Cell” eller skjermet håndteringskammer, som gir mulighet til inspeksjon og ompakking av brenselet ved hjelp av manipulatorer, velges plassert som et forrom til brenselhallen, delvis nedsenket i bakken. I dette kammeret må det være fysiske manøvreringsmuligheter for å flytte beholderen, snu den, holde den med mer. Videre kan det være nødvendig å installere slipeutstyr for bryting av sveiser ved åpning av beholdere og sveiseutstyr for evt. sveising av beholdere etter kontroll.

Kammeret utstyres med nødvendig måleutstyr for radioaktivitet og edelgasser.

All teknisk hovedforsyning er tenkt plassert i et teknisk rom. Dette inkluderer transformator (hvis den ikke legges på utsiden av anlegget i egen kiosk), elektrisk hovedfordeling, UPS, tele/IKT sentral, ventilasjonsanlegg, eventuelle dreuskummer for kontroll av lekkasjevann fra hallene med mer. Den tekniske kjeller vil få atkomst via en trapp samt en heis som kan benyttes ved utskifting av utstyr.

Følgende forutsetninger som tar hensyn til krav knyttet til lagring av både brensel og annet avfall, er lagt til grunn for beregningene.

- Levetid 100 år
- For de deler av anlegget der utstyr ikke har levetid tilsvarende anleggets levetid må det tas høyde for kontrollert utskifting etter egnede intervaller.
- Anlegget og dets konstruksjoner må ha tilstrekkelig stivhet og robusthet til å motstå ytre påkjenninger som jordskjelv og klimapåkjenninger, samt innbrudd og hærverk
- Det forutsettes at man for begge hallene skal ha halvklimaliserte soner. Med dette menes at man ikke har behov for fullverdig oppfyllelse av krav til inneklimate, men primærbehovet vil være at man har et klima som hindrer skadelige prosesser som korrosjon og at man sikrer et tørt nok inneklimate. Det bør være varmegrader i anlegget.
- Det må være et system som fanger opp dreusvann eller innlekkasjer i anlegget og lede det vekk fra avfallet og brenselet

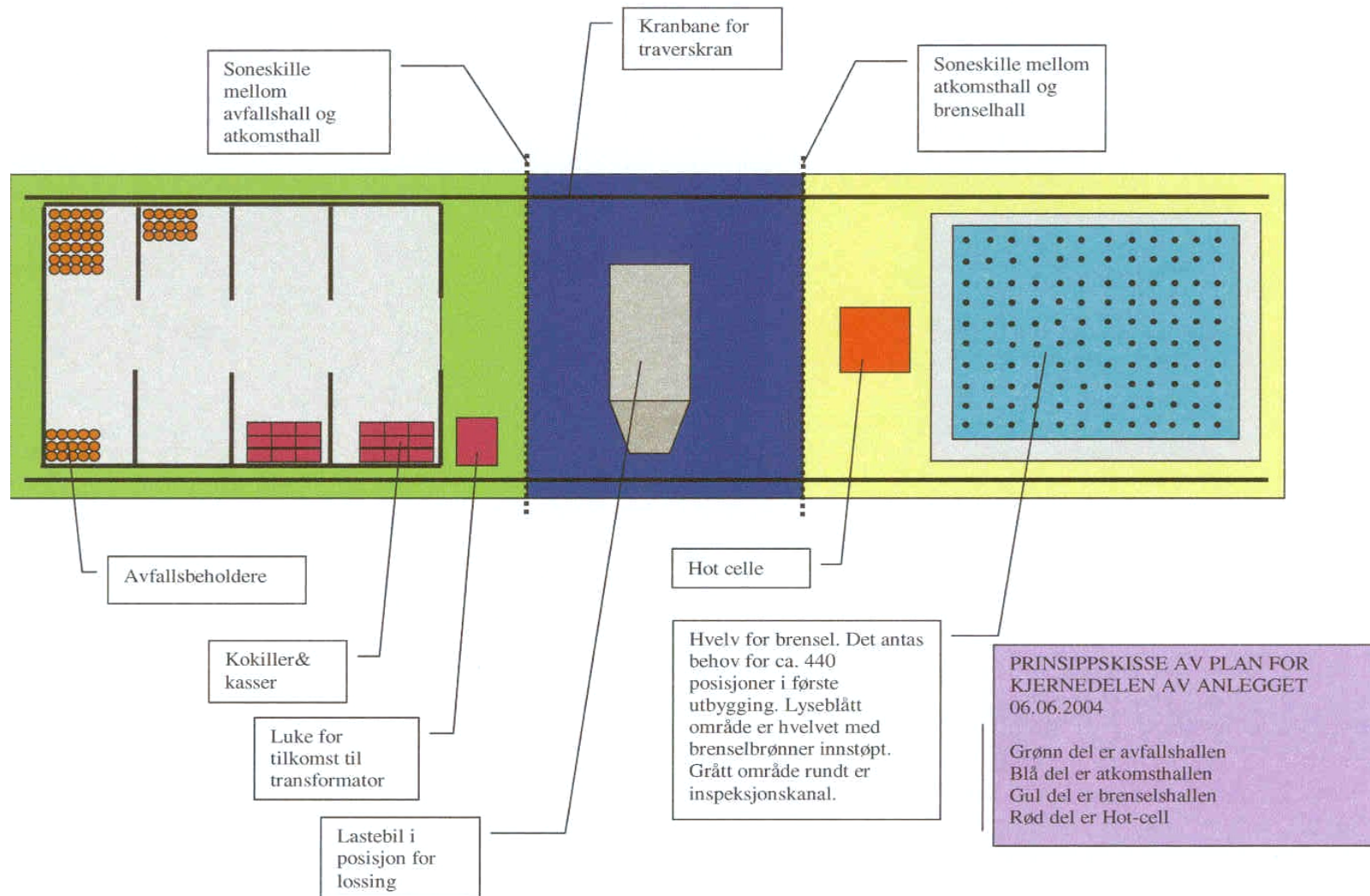


Fig. 11.1 Prinsippskisse

11.2 Øvrige tekniske installasjoner og utstyr

For å kunne komme frem til kostnadsoverslag har det vært nødvendig å legge noen forutsetninger til grunn, uten at disse forutsetningene representerer anbefalinger.

Utvalget har ikke tatt endelig stilling til tekniske spesifikasjoner som bør legges til grunn ved valg av tekniske installasjoner og utstyr og listen er heller ikke altomfattende. Følgende teknisk utstyr og installasjoner er medregnet i kostnadsoverslagene.

Ventilasjon:

Det antas at det blir installert et vanlig ventilasjonsanlegg med balansert ventilasjon, som gir mulighet til forvarming og kjøling av luft samt en viss grad av styring av relativt fuktighet.

I atkomsthallen der bilene skal stå må det installeres et eget anlegg for røykavsug (eksos).

Trykkluftanlegg:

Et trykkluftanlegg til forsyning av instrumentering, verktøy og prosess er medregnet.

Elektrisk forsyning:

Det elektrotekniske anlegg består av hovedstrømforsyning, nødstrømsaggregat, UPS og jordingssystem. Anlegget forsynes via et 400 V T-NS spenningssystem med kraftforsyning fra egen trafo.

Diesel tanker

Disse brukes til å forsyne så vel dagtanker som en stor tank som dekker en ukes forbruk.

Kommunikasjonssystemer:

Anlegget må ha et teleanlegg som gir flere funksjoner som fast telefonlinje, data-overføring mm. Det tas også høyde for et calling/personsøksystem.

System for overvåking og kontroll:

Det er tatt høyde for et system som gir overvåking av hovedsystemene i sann tid med kontroll med alle innsamlede data, kommandoer, hendelser, prosesskontroll m.v.

Belysningsanlegg:

Belysningsanlegget vil gi hovedbelysning, dvs. normal belysning i anlegget under normal drift samt nødlys og rømningslys/ledelys.

Administrasjonsdelen:

I anlegget vil det være behov for en administrativ del med kontorer, monitorerings-sentral, garderobeanlegg med dusj, WC med mer. For beregningsgrunnlag er det også tatt høyde for en resepsjon for mottak av besøkende og et møterom.

11.3 Alternativer innen hovedprinsippet

Anlegget vil i hovedsak bestå av en brenselsdel og en del for annet avfall. For å sikre en økte jordskjelvmotstand ved å legge bygningsvolumer under bakken (senket tyngdepunkt og benytte jordtrykkene mot kjellerveggene) gir dette likeverdig fordeling av volumer under begge hallene og åpner for flere mulig løsninger inne hovedprinsippet.

Brenselsdel:

En del av kjelleren under brenselsdelen brukes til hot-cell.

Brenselet kan lagres i transportable lagringsbeholdere eller i hvelv. Ved valg av beholderløsning, antas det et behov for mellom 5 og 10 beholdere, noe som vil dekke alt brensel inklusiv tilvekst. Det antas videre at hver beholder vil oppta et gulvareal på 12-15 m², hvilket tilsier et arealbehov på mindre enn 150 m².

En hvelvløsning kan bygges enten på gulvplan med horisontale lagringsposisjoner eller nedsenket i gulvet med vertikale lagringsposisjoner. Den antas å kreve et areal på ca. 500 m² med dybde 5-7m.

Avfallsdel:

I delen for annet avfall kan avfallsbeholdere enten stables på gulvnivå eller senkes ned i en grube under gulvnivå for lagring.

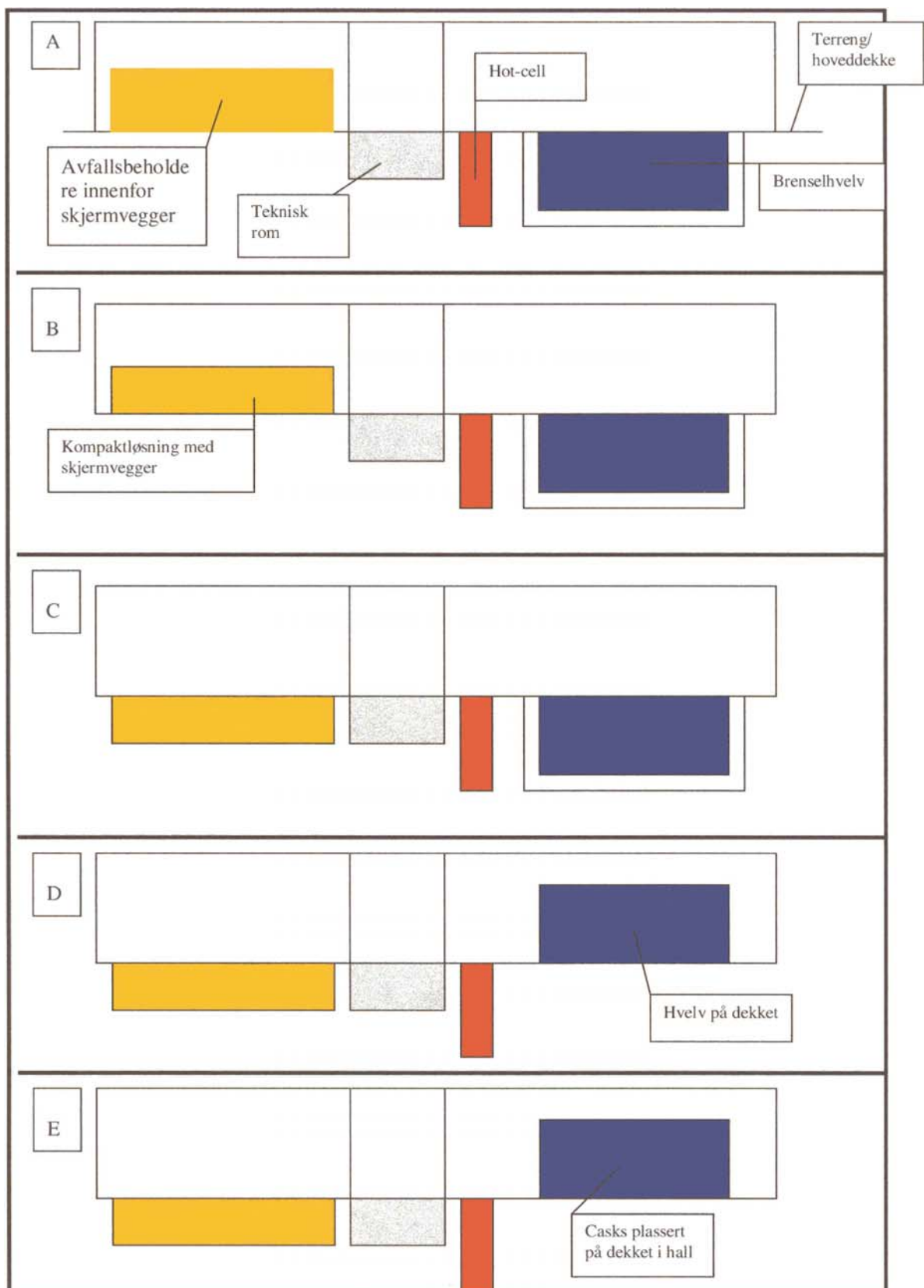
Teknisk rom:

Teknisk rom kan legges enten under atkomsthallen eller under avfallshallen dersom avfallet stables på gulvnivå.

Det er valgt å gjøre kostnadsoverslag for følgende 5 alternative variasjoner av hovedprinsippet:

- A
 - skjermvegg på dekke i avfallshallen
 - transportsone i senter av avfallshallen
 - teknisk rom i kjeller under avfallshall
 - hvelv nedsenket under brenselshall
 - hot-cell nedsenket under brenselshall
- B
 - som A med unntak av transportsone i senter av avfallshallen, dvs. kompakt løsning uten mulighet for bruk av truck i avfallshall. All forflytning av avfall ved bruk av kran.
- C
 - avfall plassert i en grube nedsenket under dekke i avfallshallen
 - teknisk rom i kjeller under atkomsthallen
 - hvelv nedsenket under brenselshall
 - hot-cell nedsenket under brenselshall
- D
 - som C for avfallshall, teknisk rom og hot-cell
 - hvelv for lagring av bestrålt brensel plassert oppå dekket i brenselshall
- E
 - som C for avfallshall, teknisk rom og hot-cell
 - bestrålt brensel plassert i transportabel lagringsbeholdere oppe på dekke i brenselshall

Figuren under viser prinsippforskjellene i de vurderte alternativer A til E i lengdeoppriss.



Figuren viser prinsippforskjellene i de vurderte alternativer i lengdeoppriss

11.4 Alternative utforminger av anlegget

Hovedalternativene som er aktuelle er å legge anlegget i et frittliggende bygg eller i en fjellhall.

11.4.1 Bygningsmessig løsning for et frittliggende bygg

Ved plassering av anlegget utendørs, vil man måtte bygge en bygning rundt kjernedelen. Dette bygges som et industribygg med tette vegger og flatt tak. Kjernedelen legges med et plasstøpt og selvbærende dekke like over terreng. Det gis en plassering på tomt og i høyde som gir minimal risiko for flomskader. Alle kjellerkonstruksjoner utføres vanntette, slik at overkant dekke i hallene utgjør flomoverløpet.

Rundt hallene bygges det yttervegger og tak som er robuste og kan stå uten omfattende utskifting i 100 år. Det må påregnes normalt vedlikehold inklusiv utskifting av delmaterialer og lignende.

Hele kjernedelen fundamenteres til fjell eller bæredyktig morene. Kostnad og løsning vil være stedsavhengig.

Foreløpig overslag gir en bygningsmasse med bruttoareal på ca 2500 m².

Endeveggene for både avfallshallen og brenselhallen forberedes for en utvidelse med en eller flere haller i forlengelse av de som inngår i første byggetrinn.

Administrasjonsdelen legges som en egen fløy inntil brenselhallen på siden av atkomstsonen, med et bruttoareal på ca. 300 m².

11.4.2 Bygningsmessig løsning for fjellanlegg

Ved plassering av anlegget i fjell, vil det bli laget en atkomsttunnel inn til en tverrliggende fjellhall, der kjernedelen legges inn. Det legges opp til bygg i korrosjonsbestandige materialer. Kjernefunksjonen fundamenteres på en gruspute på fjell, slik at konstruksjonene i størst mulig grad er frikoblet fra berget.

Brutto areal er på 2500 m².

Fjellhallen bygges med horisontal såle. Man må hindre at vann drypper ned i hallene og på avfall og brenselsbeholdere. Det betyr at vi må ha et innertaksystem for leding av vann ut til sidene av anlegget. Det etableres et drens-system som fanger opp alt vann som trenger inn i hallen, for kontroll før det føres ut atkomsttunnelen, som anlegges med selvføll ut mot tunnelpåhugget.

12 Kostnadsoverslag og tidsforbruk for bygging av et nytt mellomlager

Fase 1 utvalget har fått i oppdrag å anslå hva byggekostnadene for lageret vil kunne være. I kapittel 11 gis det en presentasjon av mulige prinsipløsninger for et slikt

anlegg. For kostnadsestimatet legges det til grunn at det lages et samlet nasjonalt anlegg, som består av en del for brensel og en del for annet radioaktivt avfall. Anlegget skal ha kapasitet for alt nåværende brensel og avfall og det som kan bli av tilvekst i en periode framover. Anlegget dimensjoneres ut fra dagens mengde inklusiv tilvekst for de neste 20 år. Det som måtte bli av avvik fra denne prognosen, enten i løpet av denne 20 års perioden eller tilvekst ut over dette tidsrommet, vil måtte tas inn i en utvidelse av anlegget. Som beskrevet tidligere, jfr. kap. 1.5 og 4.2, er estimatet av lagringsbehov for annet radioaktivt avfall svært usikkert.

Prosjektet er nå i en tidlig fase, slik at det er mange forhold som ikke er utredet som vil ha betydning for utformingen og innholdet i anlegget. Det er derfor stor usikkerhet ved ethvert kostnadsanslag på det foreliggende underlag. I det følgende gir vi en beskrivelse av noen av de usikkerhetsforhold som karakteriserer kostnadsestimatet på dette tidspunkt.

I en normal prosjektutvikling vil man som grunnlag for en kostnadsalkyle for et prosjekt ha gjennomført omfattende brukeravklaringer om for eksempel tekniske krav til prosjektet, funksjonskrav, avklaringer av logistikk i anlegget, organisering, og administrative forhold med mer. Utvalget har ikke hatt anledning til en slik gjennomgang, så vurderingene baseres på antagelser om type organisering, logistikk, teknisk utrustning, mm., ut fra erfaring fra andre slike anlegg. Videre er ikke stedsavhengige kostnader vurdert.

Den prinsippløsningen som legges til grunn for kostnadsestimatene består i at en avfallshall og en brenselshall ligger separert med en atkomsthall, og at alle hallene ligger på samme nivå. Det velges en intern transportløsning med traverskran, som velges som en gjennomgående traverskran i alle hallene, dvs. at det er et kranbanesett og en travers for alle løfte- og heiseoperasjoner. Det er testet ut kostnadmessig både å legge anlegget i en bygning ute på terreng og i en fjellhall. Det vurderes også et anlegg bestående av en avfallshall med atkomsthall og en liten hall for oppbevaring av brenselbeholdere (Casks).

Utvalget har vurdert ulike mulig teknisk valg innenfor rammen av prinsippløsningen, for å sjekke konsekvensen av mulige løsninger. Som eksempel er det vurdert om avfallsbeholdere bør settes på dekket i hallen eller i et basseng/brønn nedsenket i gulvet, om det skal legges til rette for truck transport og om brenselelementene skal oppbevares i et hvelv (konstruksjon med stålrør satt i et stativ støpt inn i en betongkasse) plassert på dekket i hallen eller nedsenket under gulvet.

ID	Hovedalternativer	BTA	Anlegg i bygning, inklusive administrasjonsdel	Anlegg i fjellhall inklusive admin-del	Merknad
A	Med skjermvegg på dekke og transportsone i senter, teknisk kjeller under avfallshall, hvelv nedsenket under brenselhall, Hot-Cell nedsenket under brenselhall.	2576	90	100	
B	Med skjermvegg på dekke, uten transportsone, dvs. kompakt lagring, teknisk kjeller under avfallshall, hvelv nedsenket under brenselhall, Hot-Cell nedsenket under brenselhall.	2485	88	99	
C	Uten skjermvegger, basseng nedsenket under dekke, teknisk kjeller under atkomsthall, hvelv nedsenket under brenselhall, Hot-Cell nedsenket under brenselhall	2576	89	96	
D	Uten skjermvegger, basseng nedsenket under dekke, teknisk kjeller under atkomsthall, hvelv plassert på dekke i brenselhall, Hot-Cell nedsenket under brenselhall	2576	86	96	
E	Uten skjermvegger, basseng nedsenket under dekke, teknisk kjeller under atkomsthall, brensel i casks på dekke i brenselhall, Hot-Cell nedsenket under brenselhall	2113	70 / 117	82 / 128	Tallene er henholdsvis uten og med casks

Tabellen viser estimerte kostnader for kjernedelen pluss administrasjonsdelen for de fem mulige varianter, ved plassering i bygning eller fjellhall. I tillegg til disse kostnadene er innkjøp av casks tatt med i tallene i alternativ E.

For de ulike alternativene er kostnadene estimert (estimat for styringsramme 50/50) til å ligge i området 86 til 90 millioner kroner for bygning på terreng for alternativene uten

casks (A-D). Tilsvarende ligger estimatene mellom 96 og 100 millioner for fjellhall. For anlegget med bruk av casks istedenfor hvelv for brensel, er kostnadene estimert til ca. 70 millioner kroner for frittliggende bygg og 82 millioner for fjellhalløsningen. Med innkjøp av casks blir kostnadene 117 millioner for frittliggende bygg og 128 millioner kroner for fjellhall.

Estimatene vurderes å ha en usikkerhet på -5% og $+20\%$. I tillegg til disse estimater vil det komme kostnader til arbeider utenfor anlegget: tilførselsveier, plasser, kraft- framføring, teleframføring, kommunale tilslutninger, utendørs opparbeiding, inngjerding, sikkerhetstiltak, tilslutninger, utvikling, tomtekjøp, utvalgskostnader, spesielle kostnader til uavhengig kontroll/gjennomgang mm.

Det anslås at totalbyggetid for anlegget vil være 2,0 – 2,5 år.

13 Vurdering av stedsvalg

13.1 Prosessen mot valg av en lokalitet

En lokaliseringsprosess i forbindelse med bygging av et mellomlager vil være avgrenset i forhold til en lokaliseringsprosess for et deponi. Det er store forskjeller i hvilke prosesser og hendelser et mellomlager med en design levetid av mindre enn 100 år kan være utsatt for, mot et deponi som skal holde det radioaktive avfallet isolert fra biosfæren i flere hundre år eller titusener år for bestrålt brensel.

I et så langt tidsperspektiv kommer andre hendelser eller påvirkninger inn, som man trenger å ta hensyn til, som klimaendringer og geologiske prosesser. Det kan også være usikkert om dagens samfunnsstruktur vil bestå eller ikke. I tidsperspektivet for et mellomlager er de fleste forhold forutsigbare og styrbare. Dette vil påvirke hvilken prosess man har for utvelgelse av lokalitet og hvilke faktorer det bør tas hensyn til.

Et deponi skal være en endelig og permanent løsning som ikke er avhengig av institusjonell kontroll etter at det stenges, mens et mellomlager er en midlertidig løsning som krever kontroll og overvåking i hele den operasjonelle levetiden. Dette betyr også at krav som stilles ved et lokaliseringsvalg vil være annerledes for et mellomlager enn for et deponi.

All erfaring fra Norge og utlandet tilsier at prosessen for stedsvalg for lagring av radioaktivitet bør være trinnvis og vektlegge åpenhet. Det må derfor legges opp til stor grad av informasjon og kommunikasjon med allmennheten og det må gis reelle muligheter for påvirkning. En trinnvis prosess med offentlige høringer og myndighetsgodkjenning underveis skaper større tillit og gir mulighet for kursjusteringer om det skulle vise seg nødvendig. Det er også tillitvekkende for et prosjekt at det vurderes av uavhengig, internasjonal ekspertise på området.

Viktige momenter som må vektlegges i lokaliseringsprosessen vil dermed være:

- Trinnvis tilnærming
- Åpenhet
- Informasjon og kommunikasjon med allmennheten
- Uavhengig vurdering

13.2 Viktige momenter ved vurdering av lokalisering

Det er mange faktorer som må tas hensyn til ved stedsvalg. I mange tilfeller er det motstridende interesser i forhold til de forskjellige faktorer, det vil si at en løsning som best ivaretar ett viktig forhold skaper uønskede konsekvenser i forhold til et annet. Eksempelvis, vil en lokalitet som velges ut fra et ønske om å være fjernt fra befolkede områder ikke være forenelig med et ønske om å ha nærhet til utrykningsapparatet. Det er derfor nødvendig å søke en optimal løsning ut fra en totalvurdering.

I det følgende trekkes frem noen av de viktigste momentene som må tas hensyn til i valg av lokalisering.

- Fysisk sikring

Noe av det første som må tas stilling til er hvor stor grad av fysisk sikring et anlegg for lagring av bestrålt brensel og annet radioaktivt materiale skal ha. En vurdering av trusselbildet er vesentlig i den forbindelse. Gitt geologien i Norge og den kompetanse og erfaring som finnes innen tunnelbygging er et anlegg i en fjellhall en mulig løsning som gir større grad av fysisk sikring enn ved for eksempel et inngjerdet og overvåket frittliggende bygg.

- Beredskap og utrykning

Et lager må være under institusjonell kontroll i hele den operasjonelle levetiden. Det må tas hensyn til responstid ved hendelser som krever utrykning av operasjonelt personell eller "blålys"styrker.

- Transport av radioaktivt materiale

Avstand til eksisterende lager vil påvirke lengden av transporter av radioaktivt materiale på offentlig vei. Veistandard og øvrig trafikkbilde vil også være av betydning.

- Lokal infrastruktur

Dersom alt brensel som er lagret i dag besluttes overført til et nytt sentralt mellomlager, vil dette stille krav til framkommelighet for tungtransport som skal frakte det radioaktive materialet til det nye lageret. I tillegg til tilfredsstillende veiforbindelser krever et anlegg til dette formål pålitelig og stabil infrastruktur som for eksempel strømforsyning, vannforsyning, og telekommunikasjonsforbindelse med mobiltelefondekning

- Kompetanse

Det er få operative nukleære miljøer i Norge. Kompetanse innen nukleærteknologi, strålevern, og radioaktivitet generelt, er i stor grad konsentrert rundt Østlandsområdet. Fordeler med lokalisering i nærheten av relevant kompetanse bør vurderes.

- Bruk av naturressurser

Et anlegg av den størrelse det her dreier seg om vil beslaglegge en del areal for bygning, fysisk sikringssone, tilkomstsvei etc. Begrensinger som dette setter for andre bruksformål, eksempelvis, jordbruk, industriutbygging, jakt og fiske, må vurderes.

- Natur- og miljøverninteresser

Forhold som kan påvirke natur og miljø må vurderes.

- Demografi

Annen menneskelig aktivitet i området kan sette begrensinger for lokalisering. Befolkningstetthet i området må vurderes sammen med andre virksomheter i omkringliggende område som for eksempel flyplass, militærinstallasjoner, vanndemning, eksplosiver og annen industri.

- Geologi og værforhold

Forhold knyttet til geologi og værforhold er tatt vare på i IAEAs anbefalte sikkerhetskrav til nukleære installasjoner. IAEA anbefaler at det stilles krav til sikkerhetsvurderinger knyttet til sannsynlighet for og konsekvenser av jordskjelv, flom, sterke vinder, skred og lignende.

- Allmennhetens aksept

En beslutningen om lokalisering må ha aksept både hos lokale og offentlige myndigheter, men også i lokalbefolkningen. Selv om det aldri vil være mulig å oppnå 100% oppslutning om et prosjekt av denne karakter, er det viktig at det ikke møter for sterk motstand i befolkningen. En viktig forutsetning for å oppnå dette er at det utvises stor åpenhet og utstrakt informasjonsformidling.

- Samfunnsøkonomiske hensyn

Kostnader knyttet til etablering av et lager må tas i betraktning, uten at det går på bekostning av sikkerhetshensyn. Det vises også til de sikkerhetsprinsipper som legges til grunn jfr. kapittel 10.

På bakgrunn av de ovennevnte momenter er det mulig å identifisere enkelte sentrale kompetanseområder som bør være representert i en evt. gruppe som skal gjennomføre en prosess frem mot forslag til mulig lokalisering av et mellomlager for bestrålt brensel og annet radioaktivt materiale. Dette omfatter kompetanse innen eksempelvis bygg- og anlegg, (særlig ekspertise innen betong som er mye brukt som skjermingsmaterial), radioaktivitet og strålevern, geologi, informasjonsformidling, naturforvaltning, økonomi, med mer.

Det er viktig å poengtere at verken listen av momenter eller kompetanseområder er uttømmende. Allmennhetens interesser må også sørges tatt vare på av personer som ikke er knyttet til tekniske fagmiljøer.

14 Den videre prosess mot etablering av et nytt mellomlager

Berganutvalget kom i sitt arbeid med å utforme en strategi for deponering av bestrålt brensel frem til at Norge vil være tjent med å utsette en avgjørelse om deponering i påvente av nye løsninger som følge av internasjonal forskning og erfaring. Med bakgrunn i dette, anbefalte Berganutvalget at det bygges et nytt sentralt mellomlager for bestrålt brensel for å sikre forsvarlige lagringsbetingelser for brenselet i et 50 til 100 års perspektiv.

Konsesjon for bygging av KLDRA-Himdalen ble gitt i februar 1997 og anlegget sto ferdig i september 1998. Konsesjon for drift ble gitt i 1998 basert på den viten man hadde den gangen. Det er i de senere år blitt klart at det finnes en rekke radioaktive kilder i Norge som ikke kan deponeres eller lagres i KLDRA-Himdalen etter gjeldende konsesjon.

Med utgangspunkt i de to ovenfornevnte forhold har NHD oppnevnt et utvalg (Fase 1 utvalget) som er gitt i oppdrag å utrede kravspesifikasjoner for et nytt lager for bestrålt brensel, med mulighet for en sam-lagring av bestrålt brensel og annet radioaktivt materiale som ikke kan deponeres eller lagres i KLDRA-Himdalen. For å kunne sammenligne forskjellige mulige tekniske konsepter, er det også utarbeidet grove kostnadsoverslag for de ulike løsninger som Fase 1 utvalget har vurdert som best egnet for formålet.

Før myndighetene kan ta stilling til en slik investering som etablering av et nytt mellomlager, vil det, etter Fase 1 utvalgets mening, være nødvendig å utrede alternative løsninger. Statens strålevern har overfor Fase 1 utvalget påpekt at Plan og bygningsloven stiller krav til å utrede en null-løsning ved en eventuell etablering av et nytt mellomlager. I denne sammenheng er null-løsningen en modifisering eller utvidelse av eksisterende lagre slik at de tilfredsstiller de kravspesifikasjoner som stilles, men med minimal ressursbruk, se kapittel 6. Valg av en null-løsning vil kreve en vurdering av hvilke endringer og investeringer som vil være nødvendige for å sikre tilfredsstillende lagerkapasitet og andre forhold for en periode av 50 til 100 år.

En annen tilnærming av de to problemstillingene som er presentert innledningsvis er å finne to separate og uavhengige løsninger for de to typer avfall, istedenfor en felles løsning. Dersom det beslutes å bygge nye lagre for begge kategorier av radioaktivt avfall, gir samlokalisering en klar effektiviserings og økonomisk gevinst på grunn av mulighetene for å dele infrastruktur. Det finnes imidlertid installasjoner i drift i dag med mye av den infrastruktur som vil være påkrevd ved et eventuelt nytt lager.

For å få et komplett bilde av alle mulige løsninger vil det også være riktig å utrede løsninger som utnytter infrastrukturen ved eksisterende installasjoner. En delt løsning med utnyttelse av eksisterende infrastruktur vil spesielt ha innvirkning på kostnader, transport og kompetansekrav.

Det pågår flere utredninger som vil bidra til å gi et mer fullstendig bilde av fremtidig lagerbehov og som vil være verdifull informasjon for den videre prosess. I denne forbindelse kan nevnes IFEs utarbeidelse av nedleggingsplaner for sine nukleære anlegg og Statens strålevern kartlegging av kilder både sivilt og i Forsvaret. For å gi et mer komplett bilde av alle sider av håndtering, lagring og deponering av bestrålt brensel og annet radioaktivt materiale, samt å tillate en mer helhetlig tenkning, anbefaler Fase 1 utvalget at det gjennomføres flere tekniske del-utredninger:

1. Det bør utredes hvilke tekniske løsninger som er utviklet internasjonalt for både lagring og deponering av metallisk uran. De sikkerhetsmessige, tekniske, økonomiske og miljømessige forhold knyttet til behandling av denne type brensel er viktig å få klarlagt.
2. Det bør utredes om det bør stilles spesielle krav til lagring og deponering av uranoksidbrensel med aluminiumskapsling i en tidsperiode som anbefales i Berganutvalgets innstilling.
3. Det bør vurderes om det er mulig å treffe tiltak som vil tillate deponering eller lagring av mer radioaktivt materiale i KLDRA-Himdalen enn nåværende driftskonsesjon gir åpning for. Ny viten, forbedrede beregningsmodeller og utviklingen forøvrig tilsier at det kan være på sin plass å revurdere forutsetningene i driftskonsesjonen.

Det er viktig at de enkelte trinn i livssyklusen til bestrålt brensel og annet radioaktivt materiale vurderes samlet, og det er spesielt viktig at det ikke treffes beslutninger som setter begrensninger for fremtidig behandling, lagring eller deponering av slikt materiale. Imidlertid er det viktig å være klar over at de valg som tidligere er tatt, vil påvirke et nytt lagers utforming. Fase 1 utvalget tar ikke stilling verken til valg av teknisk løsning eller til lokalisering av lageret, men anbefaler at lagringen av det brukte brenselet og lagring og deponering av annet radioaktivt materiale i KLDRA-Himdalen ses i en større sammenheng.

Fase 1 utvalget anbefaler at eierforholdet til et nytt mellomlager, samt det bestrålte brenselet og øvrig radioaktivt materiale som skal lagres og deponeres avklares. I dag har IFE ansvaret for at alt det bestrålte brenselet som lagres på IFE oppbevares forsvarlig. I tillegg har IFE også driftsansvar for KLDRA-Himdalen, hvor Statsbygg eier anlegget. Kostnadene ved drift av dette anlegget betales i sin helhet av den norske stat. Tilsvarende ordning finnes ikke for radioaktivt avfall som ikke kan plasseres i KLDRA-Himdalen. En avklaring om at IFE i disse tilfellene opererer på vegne av Staten, vil etter Fase 1 utvalgets oppfatning medføre at også dette avfallet kan oppbevares forsvarlig i påvente av et nytt mellomlager.

Videre anbefaler Fase 1 utvalget at det framtidige driftsansvaret for et nytt mellomlager avklares. Det bør vurderes forskjellige organisatoriske modeller for å finne frem til en modell som tillater en effektiv og helhetlig tilnærming av problemstillingen. Det vises også til Berganutvalgets innstilling der dette utvalget anfører at det bør være et nasjonalt ansvar å stille de nødvendige ressurser for prosjektering og bygging av et nytt mellomlager til disposisjon. Dette vil også etter Fase 1 utvalgets oppfatning være knyttet til drift av et nytt mellomlager.

Endelig valg av lokalisering må bygge på en overveining av mange faktorer, som sikkerhetsmessige, organisatoriske, logistiske og samfunnsmessige. Dette er diskutert i kap. 13. For å gi en reell mulighet til å vurdere og sammenligne alle forhold synes det helt nødvendig med tilsvarende grundig vurdering av flere alternative løsninger, der etablering av et nytt mellomlager for bestrålt brensel med mulighet for sam-lagring av annet radioaktivt avfall er et av alternativene.

Oppfølging av Fase 1 utvalgets arbeid

All lagring og deponering av radioaktivt materiale bør sees i sammenheng og koordineres ut i fra en helhetlig strategi. Etter Fase 1 utvalgets oppfatning vil dette kunne sikres ved en koordinering mellom alle berørte departementer.

Proessen videre mot en eventuell etablering av et nytt mellomlager for bestrålt brensel og annet radioaktivt materiale som ikke kan lagres i KLDRA-Himdalen vil nødvendigvis bestå av flere trinn.

Følgende må klargjøres på politisk hold:

- Klargjøre finansierings-, ansvars- og eierforhold knyttet til all behandling, lagring og deponering av radioaktivt avfall og bestrålt brensel.

Følgende tekniske utredninger og klargjøringer må tas vare på av fag-grupper med relevant kompetanse. Disse prosessene kan gjennomføres parallelt og kan med fordel igangsettes så fort som mulig for at resultatet av arbeidet er tilgjengelig for utvalget som skal stå for lokaliseringsprosessen.

- Sammenstille resultatet av pågående arbeid for å karakterisere og kvantifisere radioaktivt avfall som vil måtte lagres og deponeres i fremtiden.
- Vurdere driftskonsesjonen for KLDRA-Himdalen med bakgrunn i ny kunnskap.
- Utrede sikkerhetsmessige, tekniske, økonomiske og miljømessige forhold knyttet til lagring og deponering av metallisk uran med aluminiumskapsling
- Utrede spesielle lagringsbehov knyttet til lagring av uranoksidbrensel med aluminiumskapsling.

Selve prosessen med å finne frem til den best egnede teknisk løsningen og en egnet lokalitet anbefales utført av et Fase 2 utvalg som gis følgende mandat:

- Utrede en null-løsning, det vil si sikre tilfredsstillende lagerforhold og kapasitet i et 50 - 100 års tidsperspektiv, ved bruk av eksisterende lager.
- Utrede løsninger der det bygges nytt mellomlagre i tilknytning til eksisterende anlegg, for å kunne benytte eksisterende infrastruktur, benytte eksisterende kompetanse og begrense veitransport av radioaktivt materiale.
- Velge en teknisk løsning for sam-lagring med utgangspunkt i Fase 1 utvalgets utredning

- Identifisere mulig lokaliseringer for et sam-lagringsalternativ og gjennomføre en lokaliseringsvurdering med vekt på blant annet sikkerhetsmessige forhold, fysisk beskyttelse, kompetansesikring, åpenhet og allmennaksept
- Kartlegge kompetansebehov og beskrive hvordan kompetansesikring skal ivaretas i mellomlagerets levetid
- Med utgangspunkt i de tre alternativer som er utredet, (null-løsning, nytt sam-lagringsanlegg, nye anlegg i tilknytning til eksisterende infrastruktur) anbefale en løsning for mellomlagring av bestrålt brensel og annet radioaktivt materiale som, etter dagen konsesjon, ikke kan lagres i KLDRA-Himdalen
- Utrede konsekvensene av dekommisjonering av en eventuell ny fasilitet

Fase 2 utvalg bør settes sammen av 6-10 personer. Faglig kompetanse innen eksempelvis bygg og anlegg, radioaktivitet og strålevern og informasjonsformidling vil være sentralt i utvalget. Spesielle interesseorganisasjoner og andre med kompetanse som gjør dem skikket til å se problemstillingen fra allmennhetens synsvinkel vil også spille en viktig rolle.

Det er et omfattende arbeid å gjennomføre en grundig utredning om de tre alternative løsninger samt en lokaliseringsprosess for et evt. nytt anlegg slik at det antas at arbeidet må pågå over en toårsperiode. Med et toårstidsperspektiv for arbeidet er det også regnet med at utvalget må engasjere ekstern hjelp for å utføre noen av de tekniske oppgaver.

Med bakgrunn i det ovenfornevnte og med erfaring fra arbeidsomfang og tidsforbruk i forbindelse med fase 1 utvalgsarbeid, anbefales en budsjetttramme på ca. 5 millioner kroner for fase 2 utvalgsarbeid. Dette inkluderer ikke kostnader til de nevnte tekniske utredningsoppgaver som regnes å gå parallelt med fase 2 utvalgsarbeide.

Når det pågående arbeidet (i regi av IFE, Statens strålevern, m.fl.) med kartlegging av avfall er avsluttet, fagutredningene foreligger (i regi av egne arbeidsgrupper), de politiske og strategiske vurderingene er utført (i regi av departementene) og lokaliseringsprosessen er gjennomført (Fase 2 utvalget for lokalisering), vil det videre arbeidet med prosjektet gå som en vanlig byggesak. Det er hensiktsmessig at alle aktørene starter opp samtidig og arbeider koordinert parallelt, slik at man kan utnytte tiden i tidligfasen av prosjektet og at man sikrer koordinering mellom aktørene slik at alle vesentlige forhold bli fanget opp.

Ordliste

α -stråling	Positivt ladet heliumkjerne som sendes ut av en atomkjerne
Aktinider	Fellesbetegnelse på en rekke forskjellige grunnstoffer med atomnummer 92 og høyere. Dvs uran og alle grunnstoffer med høyere atomnummer enn uranets 92. f.eks. Actinium (Ac), Thorium (Th), Plutonium (Pu), Americium (Am)
Anriktet uran	Uran der andel av U-235 er over den naturlig forekommende, dvs 0.7 %
Basket	Åpen beholder for bestrålt brensel eller annet radioaktivt material
Canister	Lukket eller forseglet beholder for bestrålt brensel
Cask	Massiv beholder som skaper nødvendig strålevern og avkjøling for transport og /eller lagring av bestrålt brensel eller annet radioaktivt material.
Decay, desintegrasjon	Prosessen der en ustabil atomkjerne frigjør overskuddsenergi ved å sende ut radioaktivt stråling
Dekontaminering	Fjerning av radioaktivt forurensning
Deponi	Permanent plassering av radioaktivt materiale som ikke vil være avhengig av institusjonell kontroll etter stenging
Dose, doseekvivalent	Absorbert energi per masseenhed, et mål for skaden stråling gjør i et organ eller vev
Fisjon, fisjonsprodukt	Spalting av en atomkjerne i to atomkjerne. De nye kjernene kalles fisjonsprodukter
Fissilt materiale (spaltbart materiale)	Material som inneholder atomer som kan spaltes med tilhørende frigivelse av energi og produksjon av radioaktivitet
Halveringstid ($t_{1/2}$)	Tiden det tar for at mengde aktivitet halveres
HBWR	Halden Boiling Water Reactor
HEU	High Enriched Uranium, betegner uran med en andel av U-235 som overstiger 20 vektprosent
Hot cell	Skjermet kammer utstyrt med manipulatorer til fjernhåndtering av bestrålt brensel
Hvelv	Forsterket betong struktur, enten under eller på bakkenivå som har en rekke lagringsposisjoner for bestrålt brensel
IAEA	International Atomic Energy Agency
Kapsling	Material rundt brenselspellet som skaper den primære tett barrieren mellom brenselet og omgivelsene.
Kritikalitet	Mengde/sammensetning av ulike uranisotoper som vil medføre at en kjedereaksjon av fisjonerer initieres
Lager	Lager for bestrålt brensel som krever kontinuerlig overvåking og kontroll under sin driftstid. Det forutsettes av material blir fjernet på et senere tidspunkt.

LEU	Low Enriched Uranium, betegner uran hvor andelen av U-235 er mellom 0.71% og 20%
Mellomlager	Et lager for bestrålt brensel som opprettes med et lengre tidsperspektiv i påvente av endelig løsning om deponering
NPT	Non Proliferation Treaty (Ikke-spredningsavtale)
Nuklider	Atomkjerne sammensatt av protoner og nøytroner.
Null-løsning	Modifisering av eksisterende lagre slik at de tilfredsstiller kravspesifikasjoner og kapasitetsbehov med minimal ressursbruk.
Nøytron	Elektrisk nøytral kjernepartikkel
Radionuklide	En ustabil atomkjerne som sender ut radioaktiv stråling for å oppnå stabilitet
Reprosessering	Utvinning av fissile material fra bestrålt brensel ved bruk av kjemisk separasjon
Silo	En lagringsstruktur på bakkenivå med en eller flere lagringsrom. (også kalt caisson, concrete canister, concrete cask)
Site	Området rundt en installasjon som er inngjerdet og under kontroll av virksomhetsorganisasjonen
Spaltbart materiale (Fissilt materiale)	Material som inneholder atomer som kan spaltes med tilhørende frigivelse av energi og produksjon av radioaktivitet
Tønneekvivalent	Plass som trenges for å lagre eller deponere ett 210 l stålfat
Tørrlagring	Lagring av brensel i et gassmedium, eksempelvis helium eller luft
Utbrenning	Et mål på forbruk av fissilt material i nukleært brensel, ofte oppgitt som energi produsert per volumenhet, for eksempel megawatt-dager pr ton uran.
Våtlagring	Lagring av bestrålt brensel under vann

Litteraturliste

IAEA (1994). SAFETY SERIES NO.116 – SAFETY GUIDES. *Design of spent fuel storage facilities*. Wien. ISBN 92-0-104994-3.

IAEA (1994). SAFETY SERIES NO.118 – SAFETY PRACTICES. *Safety assessment for spent fuel storage facilities*. Wien. ISBN 92-0-105194-8.

IAEA (1991). TECHNICAL REPORTS SERIES NO.240. *Guidebook on spent fuel storage*. Second edition. Wien. ISBN 92-0-155191-6.

IAEA (1995). SAFETY SERIES NO.111-F. *The principles of Radioactive Waste management*. Wien.

IAEA (1994). SAFETY SERIES NO.111-G-1.1. *Classification of radioactive waste*. Wien.

IAEA (1995). SAFETY SERIES NO.111-S-1. *Establishing a national system for radioactive waste*. Wien.

IAEA (2000). SAFETY SERIES NO.WS-R-2. REQUIREMENTS. *Predisposal management of radioactive waste, including decommissioning*. Wien.

IAEA (1994). SAFETY SERIES NO.117. *Operation of spent fuel storage facilities*. Wien.

IAEA (1995). TECHNICAL REPORTS SERIES NO.378. *Options, experience and trends in spent nuclear fuel management*. Wien.

IAEA (1988). TECHNICAL REPORTS SERIES NO.290. *Survey of experience with dry storage of spent nuclear fuel and update of wet storage experience*. Wien.

IAEA (2000). PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL CONFERENCE IN CÓRDOBA, SPAIN 13. – 17. MARCH 2000. *Safety of radioactive waste management*. Wien.

NOU 1991: 9 (1999). *Deponi for lav- og middelsaktivt atomavfall*. Statens forvaltningstjeneste, Informasjonsavdelingen. Oslo.

STATSBYGG (1998). FERDIGMELDING NR.558. *Kombinert lager og deponi for lav- og middels radioaktivt avfall i Himdalen (KLDRA)*. Oslo.

GNB (2004). BROSJYRE. CASTOR[®] MTR 2 – *Transport and storage cask*. Essen.

IAEA (2002). SAFETY STANDARDS SERIES NO.NS-G-3.1. SAFETY GUIDE. *External human induced events in site evaluation for nuclear power plants*. Wien. ISBN 92-0-111202-5.

IAEA (1993). SAFETY SERIES NO.110 – SAFETY FUNDAMENTALS. *The safety of nuclear installations*. Wien. ISBN 92-0-101893-2.

IAEA (2003). IAEA-TECDOC-1347. *Consideration of external events in the design of nuclear facilities other than nuclear power plants, with emphasis on earthquakes*. Wien. ISBN 92-0-102803-2.

IAEA (2004). *RADIATION, PEOPLE AND THE ENVIRONMENT. A broad overview of ionizing radiation, its effects and uses, as well as the measures in place to use it safely*. Wien. ISBN 92-0-102803-2.

NOU 2001: 30. (2001) *Vurdering av strategier for sluttlagring av høyaktivt reaktorbrensel*. Statens forvaltningstjeneste, Informasjonsavdelingen. Oslo.

INSTITUTT FOR ENERGITEKNIKK (1997). SIKKERHETSRAPPORT. *Drift av kombinert deponi og lager for lav- og middels radioaktivt avfall i Himdalen*. Dato 11.juni 1997. Kjeller.

STATSBYGG (1996). REVIDERT SIKKERHETSRAPPORT. 93046 KLDRA-*Himdalen konsesjonsbehandling*. Dato 8. oktober 1996. Oslo.

Vedlegg 1 til rapport om fase 1 i en eventuell etablering av et nytt mellomlager for høyaktivt avfall.

Etablering av nytt mellomlager for høyaktivt avfall

Mandatet for fase 1

1. Kartlegge typer og mengder avfall som skal mellomlagres
 - I tillegg til brukt reaktorbrensel kan dette bl.a. omfatte langlivede kilder fra forskning, industri og medisin;
 - Vurdere om noe av avfallet som er lagret i Himdalen bør overføres til mellomlageret;
 - Kartlegge hvor mye og hvilke typer høyaktivt rivningsavfall man vil få ved dekommisjonering av anleggene i Halden og på Kjeller.
2. Kartlegge relevante tekniske og sikkerhetsmessige krav til et nytt mellomlager og driften av dette.
 - Det må tas hensyn til internasjonale retningslinjer (spesielt fra det internasjonale atomenergibyrået IAEA) og norske krav vedrørende strålevern, safety, security, beredskap og transport, samt mer generelle krav til design.
3. Teknisk vurdering av hva slags anlegg som er best egnet for det høyaktive avfallet.
 - Utrede og vurdere alternative tekniske løsninger;
 - Anbefale anleggstype og beskrive kriteriene for anbefalingen, for eksempel våt- eller tørrlagring, fjellhall eller bygning osv.
4. Grovkalkyle av kostnader og tidsforbruk forbundet med byggingen av den anbefalte løsningen
 - Utarbeide et detaljert budsjett for fase 1;
 - Gi forslag til budsjett for fase 2;
 - Kostnadsestimat for bygging dvs. prinsippløsningene (investeringskostnader). Dette omfatter ikke stedsavhengige kostnader.
5. Utarbeide et sett av kriterier som bør ligge til grunn for valg av mellomlager.
 - Disse kriteriene vil være viktige for det endelige lokaliseringsvalget;
 - Allmennheten bør bli informert om disse kriteriene.
6. Foreslå en mer detaljert videre prosess.
 - Utarbeide forslag til mandat for fase 2

Utvalget starter sitt arbeid 1. januar 2004, og leverer en ferdig rapport til Nærings- og handelsdepartementet innen 30. juni 2004.

Nærings- og handelsdepartementet
Postboks 8014 Dep
0030 OSLO

Norwegian Radiation
Protection Authority

Deres ref • Your ref:
200305739

Vår ref • Our ref:
2003/00979/573/AAS
Saks-b. • Inquiries: Anita Andersson Sørli

Vår dato • Our date:
13.05.2004

INNSPILL TIL NHDS UTVALG FOR FØRSTE FASE I ETABLERING AV MELLOMLAGER FOR BRUKT KJERNEBRENSSEL OG RADIOAKTIVT AVFALL

Vi viser til brev fra utvalgets leder Evelyn Foshaug av den 18. februar der Strålevernet er forespurt om et overslag over mengder av radioaktivt avfall som ikke genereres av IFE. Vi viser i tillegg til deres brev av den 5. januar 2004 og vårt brev av 23. desember 2003.

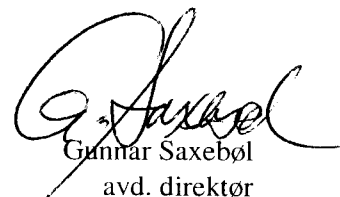
En vurdering av mengder radioaktivt avfall som ikke genereres av IFE er gjennomgått i vedlagte notat (vedlegg). Denne er ikke konkret på mengder (volum, aktivitet etc.) siden dette arbeidet baserer seg på forvaltningsprinsipper som først i det siste er blitt forskriftsfestet. Men med bakgrunn i erfaringen fra etablering av anlegget i Himdalen understreker Strålevernet i tillegg at prognoser for avfall er beheftet med stor usikkerhet. Det bør derfor legges inn store marginer og fleksibilitet ved valg av konsept og størrelse på et mellomlager. En helhetlig tankegang mot en fremtidig optimalisering av deponeringskapasitet i Himdalen og et nytt deponi allerede på nåværende stadiet vil derfor være nødvendig. Det vil derfor i sum være viktig at arbeidet i fase 2i arbeidet med et mellomlager er koordinert med andre, relevante aktiviteter, som for eksempel IFEs dekommisjoneringsplaner, eventuell konsesjonssøknad (med sikkerhetsrapporter) for IFEs anlegg for drift etter 2008 og konsesjonssøknad (med oppdatering av avfallsmengder og sikkerhetsanalyser) for anlegget i Himdalen etter 2008.

Strålevernet ser det som svært positivt at arbeidet med vurdering av mellomlagring av brukt brensel og langlivet radioaktivt avfall er godt i gang. Dette vil være det første steg på veien mot endelig deponering. Både Det internasjonale atomenergibyrået (IAEA) og EU arbeider aktivt for etablering av endelige deponeringsløsninger og at "evig lagring" ikke er et godt alternativ. Det vil derfor være viktig at også Norge arbeider med å finne en løsning for mellomlagring og senere deponering av brukt brensel og langlivet avfall.

Med hilsen



Ole Harbitz
direktør



Gunnar Saxebøl
avd. direktør

Vedlegg: Notat
Kopi: Helsedepartementet,
Utvalgsleder Evelyn Foshaug IFE

Dato: 13.05.04
Fra: Statens strålevern

Ref: 200300979
Kopi:

Oppdatering av nasjonal avfallsoversikt og arbeidet i NHDs utvalg for etablering av mellomlager

1. Bakgrunn.

Strålevernet har startet på arbeidet med å kartlegge bruken og mengder av radioaktivt materiale som på en eller annen måte vil måtte tas om hånd som radioaktivt avfall. I dette notatet vil vi kort gjennomgå status for dette arbeidet, skissere bruken av radioaktive kilder i Norge som har relevans for vurderingen av mengde avfall og gi noen eksempler på kilder. Grunnlaget for klassifisering av avfall er gitt i vedlegg 1. Andre kommentarer til utvalgets arbeid følger til slutt i notatet i punkt 6.

2. Nasjonale avfallstrategier.

Statens strålevern er tilsynsmyndighet for norske atomanlegg, og har således som oppgave å vurdere forslag til løsninger innenfor et etablert regelverk. På dette grunnlag legger Strålevernet til grunn eksisterende konsesjon i sin vurdering av operative anlegg. Det vil være andre myndigheter enn Strålevernet som bør utforme de nasjonale strategier for hvordan radioaktivt avfall kan best håndteres på en helhetlig måte.

2.1 Fremtidig bruk av kombinert lager og deponi for radioaktivt avfall (KLDRA) i Himdalen

Gjennom konsesjonen for Himdalenanlegget finnes det pr. dags dato et vedtak som begrenser innholdet i Himdalen. Konsesjonen er basert på sikkerhetsanalyser som igjen tok utgangspunkt i anslagene om innhold i sin beregning av dose til kritisk gruppe. Siden grunnlaget for Himdalen anlegget ble utredet tidlig på 90-tallet, er det i dag registrert en lang rekke kilder det ikke finnes returordninger for som ikke var vurdert da anslagene for sikkerhetsanalysene ble foretatt. Eksempler i så måte kan være flere typer sterke radioaktive kilder fra bruk i industri og forskning, og i tillegg kilder bestående av andre nuklider enn de som er nevnt i listen som er spesifisert i sikkerhetsrapporten som ligger til grunn for dagens konsesjon.

Statens strålevern har pr. i dag ikke grunnlag for å spesifisere hvilke mengder dette dreier seg om i volum og aktivitet. Som nevnt senere i dette notatet er dette en funksjon hvilke returordninger som eksisterer for eksisterende kilder og et anslag over fremtidige kilder som kan komme til, av ulike grunner, å måtte tas hånd om nasjonalt.

Statens strålevern vil legge vekt på at dagens vurderinger av avfallsmengdene som vil oppstå som følge av dekommisjonering av reaktoranleggene ved IFE heller ikke synes fullstendige, og at dette vil bli mer klart i løpet av det arbeidet som nå skjer ved IFE for å planlegge dekommisjonering. IFE vil levere en rapport om dette til Strålevernet innen 31.12.04.

Dagens konsesjonsgrunnlag for Himdalen, som Strålevernet forholder seg til i sitt arbeid som tilsynsmyndighet, går ut 1. juli 2008, og i god tid før dette må det søkes Helsedepartementet om

ny konsesjon. I den forbindelse er det naturlig at fremtidig bruk av Himdalen og et eventuelt kommende mellomlager sees i sammenheng.

3. Hovedelementer i en nasjonal avfallsoversikt.

Norge, som mange andre land, arbeider nå med å innføre bedre systemer for oversikt og kontroll av industrielle kilder. Gjennom dette arbeidet vil en også få bedre prognoser for kilder som vil bli værende som radioaktivt avfall i Norge. Hovedbrukerne av radioaktive kilder i Norge kan deles inn i følgende grupper, primær kildebruk listet opp under hvert punkt):

3.1 Sykehus

- Blodbestrålingsanlegg (^{137}Cs - kilder), 9 kilder per i dag i Norge. Til sammen ca 600 TBq;
- Strålekniven i Bergen med 210 ^{60}Co kilder, til sammen 220 TBq;
- Terapikilder, få kilder (brachyterapi) med kort halveringstid, bruken av slike kilder er minkende da de erstattes med akseleratorer.
- Diverse bruk på lab, forskning og klinisk bruk, inkl. dyreskrotter. Mye av dette mellomlagres og kan deretter kastes som ikke radioaktivt avfall.

3.2 Industri og forskning

- Olje-, prosess- og næringsmiddelindustri (industriell radiografi, loggevirksomhet, kontrollkilder etc.). Mange typer kilder benyttes, både svært kortlivede, langlivede, og med varierende aktivitetssinnhold. Anslagsvis finnes per i dag 3-4000 ulike typer kilder i bruk i Norge.
- Universiteter, høyskoler, IFE, Strålevernet etc,

3.3 Andre

- Konsumentartikler, alarmanlegg (røykdetektorer), div gamle kilder. Forskrift om kasserte elektriske og elektroniske produkter (EE-forskriften) og andre ikke strålevernsrelaterte aktiviteter kan forandre forholdene her.
- Forsvaret: Strålevernet har per i dag ikke noen oversikt over bruk av kilder i Forsvaret, men er kjent med at oppryddingsaktiviteter pågår, og at gamle kilder kasseres (og leveres til IFE). Forsvaret er anmodet om å komme med en oversikt innen 1. september 2004.

Hvis man plukker ut den største enkeltgruppen kilder, kontrollkilder i faste installasjoner, inneholder tabell 1 en tentativ oversikt over denne typen kilder. Det er denne typen oversikter Strålevernet søker å etablere for ulike kildetyper med tanke på hva som realistisk vil måtte tas hånd om i Norge.

	Am-241	Am-241/Be	Cs-137	Co-60
Antall installasjoner	114	44	1364	691
Sum i GBq	2337	223	11781	862
Største installasjon i GBq	696	18,5	995	111*

Tabell 1: Antall installasjoner med tilhørende aktivitet av utvalgte nuklider i kontrollkilder (totalt antall installasjoner i alt: 2213 (bare Am, Am/Be, Cs og Co)). Andre kildetyper (mobile kilder etc.) er ikke tatt med i denne oversikten. * Det finnes i tillegg en kilde ved Strålevernet på 50 TBq der returavtale ikke eksisterer, men innbytte kan være aktuelt.

4. Returordninger.

Konvensjonen for behandling av radioaktivt avfall og brukt brensel som Norge er tilsluttet peker på at radioaktive kapslede kilder bør kunne returneres etter endt bruk og at det bør finnes et regelverk som tilsier at det kan gjennomføres. Ved innføring av forskrift av 21. november 2003 nr. 1362 om strålevern og bruk av stråling (strålevernforskriften) er kravet til returordning

skjerpet inn og forhandlere er forpliktet til å etablere returordninger tilbake til produsent. Det land som produserer og selger kilder også skal ha kapasitet til å ta mot returnerte kilder for lagring og deponering. Over tid vil det derfor bli færre kilder som skal tas hånd om i Norge. Det vil i enkelte tilfeller være behov for en mer omfattende vurdering siden denne praksisen kan ha spesielle økonomiske og praktiske konsekvenser ved spesielle typer kildebruk.

I hvor stor grad retur vil kunne gjennomføres på eksisterende kilder er imidlertid usikkert. Norsk myndigheter vil måtte ta høyde for at noen kilder med returordning likevel må lagres/deponeres i Norge, for eksempel i følgende tilfeller:

- a. I forbindelse med konkurser m.m. hos forhandler eller fordi kilden er av en beskaffenhet hvor lang transport ikke kan gjennomføres på forsvarlig måte.
- b. Kilder som skal returneres må transporteres sikkert ut av landet. Det er per i dag flere transportselskaper (i luften, til havs og til lands) som *ikke* tar imot klasse 7 (dvs radioaktivt materiale). Det ser ut som at dette er en økende trend, og vil kunne føre til at flere kilder blir igjen i Norge (og at de må produseres i nærområder).
- c. Norge vil måtte ta kilder i retur fra utlandet som er produsert ved IFE.
- d. Det finnes i dag avtaler som er slik at man kan returnere kilden ved kjøp av ny, dvs en bytteordning mer enn returordning. Det kan også være tidsfrister på slike avtaler, og at en må regne med at kilder i dag en del av en slik ordning i hvert fall i siste instans ikke kan sendes tilbake, men må tas hånd om i Norge.

Lagerkapasiteten og den tekniske utformingen må derfor være fleksibel med hensyn til volum (store enheter), mengder (at det kan bli behov for lagring av mye avfall) og aktivitet (dvs. sikker lagring av enheter med høy stråling). Plassering av alle typer større kilder, uansett lager- eller deponitype, vil kreve en nøye vurdering av muligheter for å skjerme og pakke kilden slik at den er mulig å transportere og lagre til det aktuelle anlegg, det være seg Himdalenanlegget eller andre løsninger.

5. Utslippsgrenser og friklassing.

Foreløpig har ikke Strålevernet etablert utslippsgrenser ved bruk av stråling under ny forskrift. Lavere utslippsgrenser enn i dag vil også kunne føre til større behov for behandling av radioaktivt avfall, som kan generere sekundært avfall, dvs at lavere grenser også vil påvirke fast avfall, som vil måtte lagres og deponeres. Per i dag finnes ikke noen fastsatte verdier for friklassing av avfall, det vil si å unnta visse mengder fra krav om at det behandles som radioaktivt avfall. Dette vil også påvirke mengder av avfall som vil måtte behandles som radioaktivt. Det pågår mye arbeid internasjonalt på dette området.

6. NHDs utvalg vedr. etablering av mellomlager

I sin kommunikasjon med utvalget har Strålevernet understreket følgende punkter i tillegg til det som står ovenfor:

- Det må tas hensyn til at avfallet trenger behandling (innsamling, sortering, forpakning, brenning, omgjøring til fast form). Dette må gjøres på en slik måte at kriterier for langtidslagring og deponering er oppfylt.
- Det er verdt å merke seg at store deler av det brukte brenselet er så gammelt at det ikke lenger trenger kjøling. Dette har betydning for valg av løsning for mellomlager, også for tidsperspektivet for valg av løsning for mellomlager og senere deponi.
- Per i dag mottar IFE kilder som vil bli lagret inntil en endelig løsning eksisterer. Dette mottaket er betinget av at senere statlige løsninger opprettes. Optimale organisasjonsforhold slik at det ikke på noen måte er tvil om hvem som egentlig eier de enkelte kildene og om IFE opererer på kommersiell basis eller på vegne av staten, bør

det legges en plan for så fort som mulig. Dette angår i siste omgang sikkerheten rundt kildene i forhold til oversikt etc.

- Strålevernet vil peke på behovet av at det utføres en utredning om tekniske, miljømessige, og økonomiske forhold knyttet til kondisjonering av det metalliske uranet. Av om lag totalt 17 tonn er 10 tonn av brenselet i metallisk form. Brenselet kan ikke innkapsles og deponeres i denne formen. Det må foretas en kjemisk oppløsning og en etterfølgende binding av radioaktiviteten i fast form. Dette er en prosess som ligner det som kalles reprosessering av brukt brensel. Problemet er kjent fra andre land, blant annet Sverige, hvor slikt brensel lagres i påvente av at man finner akseptable løsninger. Et slikt arbeid fordrer et betydelig apparat for at det skal skje på forsvarlig måte uten unødige utslipp til arbeidere eller omgivelser. Forsvarlig lagring av dette brenselet stiller også strengere krav til blant annet tørrhet. Strålevernet anser at en bør være ekstra varsom med de valg en foretar med hensyn til dette arbeidet slik at de er godt utredet og teknisk vurdert på forhånd.
- Hvis et eller begge reaktoranleggene stenges i 2009, vil det i flere år måtte eksistere en organisasjon til å forberede og utføre dekommisjonering av anleggene som, under gitte forutsetninger, kan være kompetent til å overvåke fortsatt mellomlagring av brenselet. Det viktigste er imidlertid at dette er viktig sett i forhold til at konsesjonshaver innehar nødvendig kompetanse og en passende organisering i forhold til de konsesjonsgitte oppgaver som utføres, og dette har vært tema for Strålevernets tilsyn med IFE innen flere områder de siste årene.

Østerås

13. mai, 2004

Vedlegg: Strålevernets utgangspunkt for kategorisering av radioaktivt avfall

Vedlegg: Strålevernets utgangspunkt for kategorisering av radioaktivt avfall

1. Radioaktivt avfall

- A. Avfall som friklasses, under gitte grenser for såkalt "exemption" eller "clearance".
- B. Meget kortlivet avfall, kan som regel stå til hendøing før utslipp eller friklassing.
- C. Meget lavaktivt avfall som ikke kan friklasses.
- D. Lavaktivt avfall, kortlivet, halveringstider under 31 år:
Avfall i denne kategorien kan inneholde mindre mengder langlivet (alfa) avfall, inntill 4000 Bq/g per avfallskolli og med et gjennomsnitt på 400 Bq/g over et antall avfallskolli.
- E. Lavaktivt avfall, langlivet, halveringstider over 31 år:
Avfall med konsentrasjoner av langlivede nuklider som overstiger grensene gitt over for kortlivet avfall og /eller avfall som inneholder kun langlivede nuklider.
- F. Mellomaktivt avfall (varmeutvikling under 2 kW/m^3), kortlivet, halveringstider under 31 år:
Avfall i denne kategorien kan inneholde mindre mengder langlivet (alfa) avfall, inntil 4000 Bq/g per avfallskolli og med et gjennomsnitt på 400 Bq/g over et antall avfallskollier
- G. Mellomaktivt avfall, langlivet, halveringstider over 31 år:
Konsentrasjoner av langlivet avfall som overstiger grensene gitt over for kortlivet avfall og /eller avfall som inneholder kun langlivede nuklider.
- H. Høyaktivt avfall - varmeutvikling over 2 kW/m^3

2. Brukt kjernebrensel

Kjernebrensel som er bestrålt og permanent tatt ut av reaktoren.
Brensel i inntakt, fast form. Det planlegges ikke videre bruk av brenslet.