

BESLUTNINGSGRUNDLAG

for et dansk mellemlager for lav- og mellemaktivt affald

Udarbejdet af GEUS og DD for en Tværministeriel arbejdsgruppe under Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse

Februar 2015



Indholdsfortegnelse

0	RESUME	4
1	FORORD	9
2	BAGGRUND.....	13
3	DE RETSLIGE RAMMER – LOVE, DIREKTIVER, KONVENTIONER OG RETNINGS- LINJER	15
3.1	Retslige rammer for håndtering af radioaktivt affald.....	15
3.2	Lovforhold om miljø og natur.....	19
3.3	Lov om planforhold m.m.	20
4	AFFALDSTYPER OG -MÆNGDER	23
4.1	Indledning	23
4.2	Klassificering	24
4.3	Materialer	24
4.4	Samlet opgørelse over affaldet.....	25
4.5	Særligt affald.....	27
4.6	Potentielt affald	27
4.7	Miljøfarligt affald.....	28
4.8	Affaldsbeholdernes tilstand.....	28
4.9	Sammenfatning	29
5	PRINCIPPER FOR BESKYTTELSE AF MENNESKER OG MILJØ	30
5.1	Beskyttelse af mennesker og miljø	31
5.2	Beskyttelse uden for landets grænser.....	32
5.3	Beskyttelse af fremtidige generationer	32
5.4	De juridiske og administrative rammer.....	33
5.5	Sammenfatning	33
6	SIKKERHEDSKRITERIER, -ANALYSER OG -VURDERINGER FOR ET MELLEMLAGER	35
6.1	Dosiskriterier.....	35
6.2	Sikkerhedsanalyser og -vurderinger.....	36
6.2.1	Formålet med sikkerhedsanalyser og -vurderinger.....	37
6.2.2	Scenarier og spredningsveje	37
6.2.3	Modeller.....	38
6.2.4	Data.....	38
6.3	Driftsuheld – interne og eksterne uheldsfaktorer	39
6.4	Sammenfatning	39
7	UDFORMNING, ETABLERING OG DRIFT AF ET MELLEMLAGER.....	40
7.1	Bygningstype og -funktioner	40
7.2	Materialer og konstruktionsmuligheder	43
7.3	Administrationsbygning og Informations- og besøgsfaciliteter.....	46
7.4	Sammenfatning	46
8	NATURGIVNE FORHOLD, MILJØ, KULTUR OG BEFOLKNING	47
8.1	Indledning	47
8.2	Naturgivne forhold	48
8.3	Områdeforhold	49
8.4	Naturforhold.....	50
8.5	Arealanvendelse - nutidig og fremtidig	52
8.6	Lokalisering	53

8.7	Mellemlagerstudier	55
8.8	Sammenfatning	55
9	ERFARINGER FRA UDLANDET	56
10	OVERVEJELSER OM ET MELLEMLAGER.....	57
10.1	Indledning.....	57
10.2	Mellemlager og slutdepot.....	57
10.3	Generelle forhold.....	62
10.4	Sikkerhed.....	65
10.5	Drift	66
10.6	Tidsramme og tiden efter mellemlageret.....	66
10.7	Lukning	67
10.8	Organisation	67
10.9	Samlede udgiftsposter til et mellemlager	68
10.10	Mellemlagerstudier.....	69
10.11	Forskning.....	69
10.12	Sammenfatning.....	69
11	DEN VIDERE PROCES FOR ETABLERING AF ET MELLEMLAGER	71
11.1	Lokalisering.....	72
11.1.1	Planlægning	72
11.1.2	Mellemlagerstudier	73
11.1.3	Miljøvurdering.....	76
11.1.4	Samlet vurdering.....	76
11.2	Projekteringslov og Anlægslov	76
11.3	Tentativ tidsramme.....	78
11.4	Information til – og involvering af offentligheden.....	79
11.5	Granskning af processen	79
11.6	Sammenfatning.....	80
12	AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER	81
13	LITTERATUR, REGLER OG LOVE.....	82
	BILAG 1. BESKRIVELSE OG LOKALISERING AF ET SLUTDEPOT	89
	BILAG 2. ORDLISTE MED BEGREBER	95
	BILAG 3. UDVALGTE LAGER- OG SLUTDEPOT-FACILITETER I EUROPA	99
	BILAG 4. NATURGIVNE FORHOLD – DET OMGIVENDE MILJØ	101
	BILAG 5. BESØGTE MELLEMLAGER- OG OVERFLADENÆRE SLUTDEPOT-FACILITETER I EUROPA	111

0 RESUME

I nedenstående resume omtales de vigtigste forhold omkring et dansk mellemlager, som er behandlet i Beslutningsgrundlaget.

0. Indledning

Ved et dansk mellemlager forstås i dette beslutningsgrundlag et langtidslager, som skal være i drift i op til 100 år.

I Danmark er der ca. 50 års erfaring med sikker håndtering og opbevaring af radioaktivt affald. De nødvendige kompetencer er således på nuværende tidspunkt til stede i forhold til den nuværende håndtering og en langsigtet lagerløsning for affaldet. Det er derfor muligt at etablere et mellemlager i Danmark, hvor de krav til sikkerhed, som stilles af myndighederne, forventes at kunne overholdes.

I en situation, hvor de nukleare aktiviteter er under afvikling, er det dog vigtigt at sikre, at de relevante kompetencer til stadighed vedligeholdes bl.a. ved uddannelse og træning af personalet ved relevante uddannelsesinstitutioner.

I henhold til præamblen til EU Rådets direktiv 2011/70/Euratom er oplagring af radioaktivt affald, herunder langtidsoptbevaring, en foreløbig løsning, men ikke et alternativ til deponering. I de fleste europæiske lande, som ikke allerede har et depot, er der da også ved at blive etableret eller planlagt et slutdepot. Da et mellemlager således ikke er den endelige løsning til håndtering af affaldet, men et skridt på vejen før en slutdeponering, skal der tages beslutning om, hvordan en slutdeponering skal indgå i den videre planlægning.

Samarbejde med relaterede institutioner i udlandet og deltagelse i internationale fora har altid indgået som en naturlig og nødvendig del af arbejdet med radioaktive materialer i Danmark, og erfaringer og retningslinjer herfra har indgået ved behandling af det radioaktive materiale og ved krav til opbevaring af materialet.

1. Principper for sikkerhed

Radioaktivt affald skal håndteres således, at der sikres et acceptabelt niveau af beskyttelse af mennesker og miljø.

Radioaktivt affald skal håndteres således, at det sikres, at der tages hensyn til mulige effekter på mennesker og miljø også uden for landets grænser.

Radioaktivt affald skal håndteres således, at forudsigelige sundhedseffekter på fremtidige generationer ikke bliver større, end hvad der er acceptabelt i dag. Ligeledes skal det sikres, at radioaktivt affald håndteres således, at der ikke pålægges fremtidige generationer urimelige byrder.

Radioaktivt affald skal håndteres inden for passende nationale juridiske rammer, der inkluderer fuldstændig fordeling af ansvar og økonomisk grundlag for de involverede parter.

2. Affaldet

Opgørelsen af affaldet (se afsnit 4.4) viser, hvilket omfang der skal regnes med ved etablering af et mellemlager samt affaldets indhold af kortlivede og langlivede isotoper.

Det er ikke bestemt, hvordan den tilbageværende malm fra Kvanefjeldet i Grønland skal håndteres. Desuden er der tailings, som der også skal tages stilling til fremtidig håndtering af. I øvrigt er NORM-affald ikke indregnet i opgørelserne, og der er ikke taget stilling til, hvordan det skal håndteres. Der skal ved etablering af mellemlageret tages hensyn til tilstedeværelsen af miljøfarligt affald.

Der skal opstilles en plan for, hvordan alle beholdere ved mellemlagringen kan få en tilfredsstillende tilstand, da de ikke er fremstillet til langtidsopbevaring. Det vil sige, at der skal tages stilling til konditionering af affaldet med henblik på både

mellemlagring og efterfølgende slutdeponering. Derefter skal der foretages inspektion og vedligehold af affaldsenheder.

3. Status

Mellemlageret betragtes som et nukleart anlæg i drift på linje med de nuværende nukleare anlæg på Risø.

Principper for strålebeskyttelse og referencedoser (dosisbindinger) for etablering, drift og afvikling skal overholdes.

Sikkerhedsanalyser og -vurderinger skal foretages for at dokumentere overholdelse af krav til sikkerheden gennem hele mellemlagerets levetid.

4. Etablering og drift

Et mellemlager forventes etableret terrænnært, og det vil antagelig kræve et areal på 20.000–30.000 m². Et mellemlager etableres som et bygningsværk med en dimensionering og bestandighed til at sikre overholdelse af krav til sikkerhed og stabilitet under normal drift, såvel som i uheldssituationer.

Et mellemlager skal etableres, så drift og lukning kan foregå på en hensigtsmæssig måde, og alle faser skal være indbygget i det valgte design.

Der bør etableres besøgsfaciliteter, så offentligheden kan informeres om drift og overvågning.

Det anbefales, at bygning, etablering og drift af mellemlageret skal varetages af en organisation, der er uafhængig af det politiske system. Der kan med fordel drages nytte af den operative erfaring opbygget i forbindelse med dekommissioneringen i medfør af B 48.

Ved lokalisering af et mellemlager er der en række forudsætninger til det ydre miljø, natur, kultur, erhverv og befolkning, der skal følges. Placeringen forudsættes vedtaget af Folketinget i form af en anlægslov.

Det er nødvendigt at udføre detaljerede studier af bygningstype og -konstruktion, sikkerhedsanalyser og -vurderinger, lokaliseringsforhold, organisation og drift samt økonomiske udgifter til hele projektet i processen frem mod etableringen af et mellemlager. Studierne kaldes mellemlagerstudier.

5. Mellemlager og slutdepot

Et mellemlager og et slutdepot er forskellige ved, at mellemlageret skal have bemanning og driftsbudget i en 100 års periode, hvorefter der vil være udgifter til dekommissionering og overførsel af en del af affaldet til et slutdepot.

Et mellemlager for radioaktivt affald adskiller sig også fra et slutdepot, ved at det radioaktive affald oplagres i et mellemlager med det specifikke formål at det senere skal udtages.

En yderligere fundamental forskel består i, at sikkerheden for et slutdepot i al overvejende grad sikres via passive virkemidler (konstruktion, geologi), mens sikkerheden ved et mellemlager i langt højere grad er baseret på aktive foranstaltninger (overvågning, vedligehold, udslipsbekæmpelse osv.)

Etablering og drift af et mellemlager er omkostningstungt og sammenlagt med omkostninger til et senere slutdepot en betragtelig udgift for det danske samfund.

Det vil være hensigtsmæssigt, at der udføres forskning inden for slutdepot-emnet ligesom i andre lande, som skal etablere slutdepot. Dette vil forbedre grundlaget for de fremtidige beslutninger.

6. Proces

Der er foreslået en proces med en række delprocesser, som kan føre frem til lokalisering, bygning og ibrugtagning af et mellemlager.

Der er foreslået fire studier, kaldet mellemlagerstudier, som skal gennemføres for at tilvejebringe de nødvendige detaljer angående lokalisering, sikkerhed, drift og økonomi.

Tidsplanen for hele projektet er vanskelig at fastsætte, da der er en række ukendte parametre, men på nuværende tidspunkt skønnes det, at mellemlageret kan tages i brug i 2023.

1 FORORD

I bestræbelserne på at finde en langsigtet løsning for det radioaktive affald fra Risø arbejdes der, efter aftale fra november 2012 mellem Ministeren for Sundhed og Forebyggelse og Folketingets politiske partier, parallelt i tre spor: Muligheden for et slutdepot, muligheden for et mellemlager og endelig muligheden for at eksportere alt affaldet til et andet land. Dette er en udvidelse i forhold til Folketingsbeslutning B 48 fra 13. marts 2003, i henhold til hvilken der har været gennemført undersøgelser af muligheder for dansk slutdeponering af affaldet, med undtagelse af 233 kg særligt affald – bestrålet forsøgsbrændsel – for hvilket der herudover fra start har været søgt en eksportløsning, dog hidtil uden resultat.

Der er derfor ønsket udarbejdelse af et beslutningsgrundlag for mulighederne for at etablere et terrænnært mellemlager, som skulle kunne oplagre det danske radioaktive affald i op til 100 år, hvorefter det efter planen flyttes til slutdepot.

I det hidtidige arbejde har der været fokuseret på et slutdepot, i overensstemmelse med folketingsbeslutning B 48, hvor der er udarbejdet et beslutningsgrundlag, gennemført forstudier og omegnsstudier, udarbejdet en plan for opgaven og foretaget miljøvurdering (MV) heraf med tilhørende rapporteringer (se en kort beskrivelse i Bilag 1).

Internationalt findes der mange eksempler på opbevaring af radioaktivt affald på midlertidige lagre. Imidlertid har kun et enkelt land i verden, Holland, en *national strategi* for mellemlagring af radioaktivt affald i et længere tidsrum før endelig slutdeponering. Lagre i øvrige lande er for al væsentlig del anlæg til oplagring af brugt nukleart brændsel og øvrigt radioaktivt affald, som findes på, eller i tilknytning til, øvrige nukleare installationer (kernekraftværker osv.).

Mellemlageret i Holland er bygget til lagring af affaldet i ca. 100 år, og består af en sektion til højaktivt affald og en sektion til lav- og mellemaktivt affald. Det er besluttet, at alt affaldet

(kort- og langlivet, lav-, mellem- og højtaktivt affald) skal deponeres samlet i et dybt geologisk depot efter mellemlagringen.

Ved et dansk mellemlager forstås i dette beslutningsgrundlag et langtidslager, som skal være i drift i op til 100 år.

I Danmark er der ca. 50 års erfaring med sikker håndtering og opbevaring af radioaktivt affald. De nødvendige kompetencer er således til stede i forhold til en langsigtet løsning for affaldet. Men i en situation, hvor de nukleare aktiviteter er under afvikling, er det vigtigt at sikre, at de relevante kompetencer til stadighed vedligeholdes, fx gennem uddannelse, træning og deltagelse i internationalt samarbejde.

I henhold til præamblen til Rådets direktiv 2011/70/Euratom er oplagring af radioaktivt affald, herunder langtidsoptbevaring, en foreløbig løsning, men ikke et alternativ til deponering. I de fleste europæiske lande, som ikke allerede har et depot, er der da også ved at blive etableret eller planlagt slutdepoter (se Bilag 3).

Det er forudsat, at beslutningsgrundlaget skal bygge på bl.a. sikkerhedsretningslinjer og anbefalinger fra IAEA (Det Internationale Atomenergi Agentur), gældende EU-direktiver og internationale aftaler samt dansk lovgivning, eksisterende erfaringer med etablering af mellemlagerfaciliteter i udlandet, kontakter til udenlandske eksperter, samt resultater, analyser og beskrivelser fra de udførte slutdepotstudier, som er relevante for et mellemlager.

Beslutningsgrundlaget for et mellemlager er derfor udarbejdet på grundlag af eksisterende viden og med kontakt til og besøg på udenlandske mellemlagre og overfladenære slutdepoter, som er sammenlignelige med og relevante for danske forhold. Samarbejde med relaterede institutioner i udlandet og deltagelse i internationale fora har altid indgået som en naturlig og nødvendig del af arbejdet med radioaktive materialer i Danmark.

Beslutningsgrundlaget peger på relevante, fremtidige studier, som skal foretages, kaldet mellemlagerstudier, såfremt det besluttet at gå videre med mellemlagersporet.

Opgaven har bl.a. bestået i:

- En gennemgang af mulighederne for udformning af et mellemlager (bygningstyper, materialer m.m.).
- Krav til de naturgivne forhold på potentielle lokaliteter og overordnede principper for at udpege en lokalitet.
- Påpegning af hvilke relevante forhold om terræn, overfladegeologi, overfladevand, grundvandsforhold og grundvandskemi samt klimaforhold, der bør vurderes.
- Påpegning af en række faktorer omkring arealanvendelse, socioøkonomiske forhold, natur, miljø og kulturarv, som skal inddrages i de vurderinger, der skal foretages.
- Beskrivelse af krav til etablering og drift af et mellemlager med overordnet beskrivelse af organisation, overvågning m.v. samt hvilke poster, der skal indgå i beregning af udgifterne til et mellemlager.
- Beskrivelse af sikkerhedskriterier, herunder vurdering af risiko for uheld som kan føre til spredning af radioaktivt og miljøfarligt materiale fra lageret og en beskrivelse af uheldskonsekvenser.

Det er tilstræbt at udfærdige beslutningsgrundlaget i alment forståeligt sprog, men en del fagterminologi har ikke kunnet undgås. En ordliste findes i Bilag 2.

Beslutningsgrundlaget er udarbejdet i perioden fra juni 2013 til februar 2015 af en arbejdsgruppe bestående af Dansk Dekommissionering (DD) og De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) på vegne af den Tværministerielle arbejdsgruppe under Ministeriet for Sundhed og Forebyggelses formandskab. Sundhedsstyrelsen har deltaget i besøg på udenlandske mellemlagre og slutdepoter og har været behjælpelig med beskrivelse af lovgivning på området, jf. kap. 3.

I Den Tværministerielle Arbejdsgruppe sidder repræsentanter fra:

Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse,

Statens Institut for Strålebeskyttelse/Sundhedsstyrelsen,

Uddannelses- og Forskningsministeriet,

Dansk Dekommissionering,

Miljøministeriet ved Naturstyrelsen og Miljøstyrelsen,

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet,

De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, og

Forsvarsministeriet ved Beredskabsstyrelsen.

Den Tværministerielle Arbejdsgruppe har behandlet beslutningsgrundlaget i februar måned 2015 og har tilsluttet sig ordlyden i det.

Beslutningsgrundlaget blev fremsendt til Ministeren for Sundhed og Forebyggelse i februar måned 2015.

2 BAGGRUND

Forsøgsanlæg Risø ved Roskilde Fjord blev oprettet sidst i 1950'erne. Forsøgsanlægget har siden udgjort det danske center for forskning i nuklear teknologi. Fra sidst i 1950'erne blev anlægget udbygget med tre forsøgsreaktorer og et Hot Cell anlæg til undersøgelse af stærkt radioaktive emner (eksempelvis brugt nukleart brændsel efter bestråling i en reaktor), samt Teknologihallen, hvor brændselsfremstilling fandt sted.

Forsøgsanlægget omfatter faciliteter til håndtering af det radioaktive affald, som driften af forsøgsreaktorerne har givet anledning til, fx inddampning af flydende radioaktivt affald og opbevaring af affaldet under sikre forhold. Risø og Dansk Dekommissionering har gennem tiden modtaget og håndteret radioaktivt affald fra danske sygehuse, industrivirksomheder og forskningsinstitutioner.

Efter Folketingets beslutning i 1985 om, at atomkraft ikke skulle indgå i den danske energiforsyning, blev Risøs forskningsprofil tilpasset. Den indebar stadig brug af specielt forsøgsreaktor DR 3 til avancerede materialeundersøgelser og til forskning, til grundvidenskabelige fysikforsøg og til bestråling af silicium til den hastigt stigende globale halvleder-produktion.

I 2000 måtte DR 3 lukkes ned på grund af en utæthed i reaktortanken, og Risøs bestyrelse besluttede efterfølgende den endelige nedlukning, da man ikke længere fandt, at udbyttet ved fortsat drift stod mål med udgifterne dertil (Museumsrapport, 2007). Baseret på forarbejder i flere udvalg kunne Videnskabsministeriet d. 13. marts 2003 forelægge Folketinget beslutningsforslag B 48, der blev vedtaget med tilslutning af alle de politiske partier (Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling, 2003).

Folketingsbeslutning B 48 har bl.a. følgende ordlyd:

Folketinget meddeler sit samtykke til, at regeringen fremmer afviklingen (dekommissioneringen) af de nukleare anlæg på Forskningscenter Risø hurtigst muligt i regi af den selv-

stændige virksomhed Dansk Dekommissionering, sådan at arealerne af de nukleare tilsynsmyndigheder kan frigives til ubegrænset brug inden for en tidshorisont på op til 20 år.

Folketinget meddeler sit samtykke til, at regeringen samtidig med afviklingen (dekommissioneringen) påbegynder udarbejdelsen af et beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald.

Dette var således starten på den proces, der skulle føre frem til etablering af et slutdepot i Danmark og som indtil nu er udmøntet i forstudier og omegnsstudier og senest i 2014 i en miljøvurdering (se Bilag 1).

I november 2012 aftalte et flertal af Folketingets partier, at mulighederne for en langtidsmellemlagerløsning og muligheden for eksport af alt affaldet skulle undersøges parallelt med de fortsatte slutdepotstudier.

3 DE RETSLIGE RAMMER – LOVE, DIREKTIVER, KONVENTIONER OG RETNINGSLINJER

3.1 Retslige rammer for håndtering af radioaktivt affald

Håndtering af radioaktivt affald i Danmark, herunder drift af behandlingsstationen ved Dansk Dekommissionering, er reguleret med baggrund i dansk lovgivning, EU-regulering, samt internationale anbefalinger på området. De væsentligste nationale og internationale regelsæt i forbindelse med etablering af et dansk mellemlager for radioaktivt affald er beskrevet nedenfor.

Nationale love

Lov om brug af radioaktive stoffer

Ved lov nr. 94 af 31. marts 1953 om brug m.v. af radioaktive stoffer er det bestemt, at radioaktive stoffer af enhver art, hvad enten de er i fri tilstand eller i blanding med andre stoffer eller indbygget i maskiner og apparater, kun må fremstilles, indføres eller besiddes, såfremt der er meddelt tilladelse hertil fra Sundhedsstyrelsen (Statens Institut for Strålebeskyttelse) (Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse, 1953). Der er i loven hjemmel til at fastsætte almindelige undtagelsesregler fra bestemmelsen. Endvidere gives der blandt andet hjemmel til at fastsætte bestemmelser vedrørende de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger i forbindelse med indførsel, fremstilling, anvendelse, opbevaring, transport og bortskaffelse m.v. af radioaktive stoffer.

Atomanlægsloven

Lov nr. 170 af 16. maj 1962 om nukleare anlæg bestemmer blandt andet, at nukleare anlæg (herunder lagre til radioaktivt affald) kun må bygges med Indenrigs- og Sundhedsministerens godkendelse (Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse, 1962). Godkendelse meddeles på de vilkår, som findes påkrævet af hensyn til sikkerhed og andre væsentlige almene interesser.

Atomanlægssikkerhedsloven

Lov nr. 244 af 12. maj 1976 om sikkerhedsmæssige og miljømæssige forhold ved atomanlæg mv. er kun sat i kraft for så vidt angår Beredskabsstyrelsens generelle opgaver på området. Sundhedsstyrelsen og Beredskabsstyrelsen udgør tilsammen de nukleare tilsynsmyndigheder (Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse, 1976).

EU regulering

EURATOM-traktaten

Traktaten forudsætter blandt andet, at EU (Rådet) vedtager ensartede sikkerhedsnormer for al brug af ioniserende stråling, herunder nukleare anlæg og kontrol med nukleart materiale (EU, 2010). De ensartede sikkerhedsnormer udmøntes normalt i form af direktiver, der efterfølgende gennemføres i de nationale lovgivninger. Efter traktatens artikel 37, skal hver medlemsstat forsyne EU-Kommissionen med alle almindelige oplysninger vedrørende planer om bortskaffelse af radioaktivt affald i enhver form, for at det derved kan afgøres, om iværksættelsen af denne plan kan antages at medføre en radioaktiv kontaminering af en anden medlemsstats vande, jord eller luftrum. Efter høring af en ekspertgruppe, afgiver Kommissionen en udtalelse inden for en frist af seks måneder. I henhold til Artikel 2 b) samt Artikel 30 i EURATOM-traktaten skal der endvidere indføres ensartede og grundlæggende normer til beskyttelse af befolkningens og arbejdstagernes sundhed mod de farer, som er forbundet med ioniserende stråling.

EU-strålebeskyttelsesdirektiv

Rådets direktiv nr. 96/29/EURATOM af 13. maj 1996 om fastsættelse af grundlæggende sikkerhedsnormer til beskyttelse af befolkningens og arbejdstagernes sundhed imod de farer der er forbundet med ioniserende stråling, også benævnt EU's strålebeskyttelsesdirektiv. Endvidere skal det reviderede EU-strålebeskyttelsesdirektiv, Rådets Direktiv 2013/59/EURATOM af 5. december 2013 om fastlæggelse af grundlæggende sikkerhedsnormer til beskyttelse mod de farer, som er forbundet med udsættelse for ioniserende stråling, som trådte i kraft den 6. februar 2014, være gennemført i dansk lovgivning senest den 6. februar 2018

(Rådets direktiv, 2014). Direktivet er revideret i lyset af nye anbefalinger i 2007 fra den Internationale Kommission for Strålebeskyttelse (ICRP) og erfaringerne fra gennemførelsen af krav m.m. i den nugældende EU -strålebeskyttelseslovgivning i de nationale lovgivninger. Direktivet fastsætter overordnede principper for strålebeskyttelse i forbindelse med alle typer af bestrålingssituationer; eksisterende, planlagte og nødsituationer, og omfatter således alle kategorier af bestråling for erhverv, befolkninger og i medicinske sammenhænge. Direktivets bestemmelser omfatter ikke bestrålinger som følge af det naturlige stråleniveau fra eksempelvis kosmisk stråling, stråling fra jordskorpen etc. (i bred forstand baggrundstråling).

Affaldsdirektivet for radioaktivt affald

Rådets Direktiv 2011/70/EURATOM af 19. juli 2011 om fastsættelse af en fællesskabsramme for ansvarlig og sikker håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald, anviser retningslinjer for håndtering af alt radioaktivt affald fra civile aktiviteter fra frembringelse til deponering (Rådets direktiv, 2011). Det sikrer, at nationale ordninger indføres for at sikre et højt sikkerhedsniveau i forbindelse med håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald. Direktivet har til formål at beskytte arbejdstagerne og befolkningen mod de farer, som er forbundet med ioniserende stråling, samt at undgå at pålægge fremtidige generationer urimelige byrder. Direktivet foreskriver endvidere at medlemsstater hvert tredje år (første gang i august 2015) skal rapportere til Kommissionen om indholdet af den nationale politik for håndtering af radioaktivt affald. Rapporteringen skal omfatte en beskrivelse af den nationale infrastruktur og det nationale program for affaldshåndtering og skal indeholde en realistisk og overbevisende redegørelse for, hvordan den nationale politik føres ud i livet, og hvornår det kan forventes at ske.

Det nukleare sikkerhedsdirektiv

Rådets Direktiv 2009/71/EURATOM af 25. juni 2009 om EF-rammebestemmelser for nukleare anlægs nukleare sikkerhed, fastsætter med udgangspunkt i medlemsstaternes nationale ansvar, normer for etablering og opretholdelse af et højt nukleart sikkerhedsniveau til beskyttelse af arbejdstagerne og befolkningen mod de farer, som er forbundet med ioniserende stråling fra nukleare anlæg (Rådets direktiv, 2009). Direktivets bestemmelser

vedrører også sikkerheden i forbindelse med håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald, bl.a. i lagerfaciliteter.

IAEA's sikkerhedsstandarder

IAEA's sikkerhedsstandarder (Fundamental Safety Principles, Safety Requirements og Safety Guides) er ikke bindende, men de udgør i dag grundstammen for, hvad der internationalt betragtes som "bedste praksis". På baggrund af sikkerhedsstandarderne kan lande etablere konkrete målsætninger på strålebeskyttelses- og miljøsikkerhedsområdet som på en entydig måde kan sammenlignes med status og fremskridt i andre lande. Det er ligeledes, med afsæt i sikkerhedsstandarderne, muligt at lade eksperter i internationale peer reviews gennemføre evalueringer af et lands sikkerhedsstandard, herunder infrastrukturelle og myndigheds-mæssige forhold. Sikkerhedsstandarderne dækker alle aspekter af et nationalt strålebeskyttelsessystem, og indeholder eksempelvis krav til lovgivning, myndigheder, ansvarlige for strålekilder, dosisgrænser og dosisovervågning, beskyttelse af arbejdstagere, befolkning og miljø.

Affaldskonventionen

Den internationale fælleskonvention om sikkerheden ved håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald af 1997 under IAEA (Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, IAEA, 1997). Danmark underskrev konventionen den 9. februar 1998 og accepterede den endeligt den 3. september 1999 (Udenrigsministeriet, 2004). Konventionen har til formål at opnå og bevare et højt sikkerhedsniveau i hele verden inden for alle stadier af håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald, fra frembringelse over lagring og indtil endelig deponering. Tiltag til at styrke nationale foranstaltninger og internationalt samarbejde inden for rammerne af konventionen opnås gennem udarbejdelse af nationale statusrapporter og 3-årige review-møder, hvor styrker og udfordringer i de enkelte landes håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald identificeres.

Nordiske og bilaterale aftaler

Nordisk Ministerråd godkendte december 1973 retningslinjer for kontakt vedrørende nukleare anlæg ved grænser mellem Danmark, Finland, Norge og Sverige for så vidt angår sikkerhedsmæssige spørgsmål, hvor det aftaltes at informere nabolande ved opførelse af nukleare anlæg. Tilsvarende aftale er indgået med Tyskland.

3.2 Lovforhold om miljø og natur

Inden for miljø- og naturområdet er der en række centrale love, bekendtgørelser og direktiver, som regulerer påvirkninger på det omgivende miljø og naturtyperne.

Naturbeskyttelsesloven

Naturbeskyttelseslovens formål er bl.a. at medvirke til at værne om landets natur og miljø, så samfundsudviklingen kan ske på et bæredygtigt grundlag i respekt for menneskets livsvilkår og for bevarelse af dyre- og plantelivet. Loven tilsigter særligt:

- at beskytte naturen med dens bestand af vilde dyr og planter samt deres levesteder og dens landskabelige, kulturhistoriske, naturvidenskabelige og undervisningsmæssige værdier,
- at forbedre, genoprette eller tilvejebringe områder, der er af betydning for vilde dyr og planter og for landskabelige og kulturhistoriske interesser, og
- at give befolkningen adgang til at færdes og opholde sig i naturen samt forbedre mulighederne for friluftslivet (Miljøministeriet, 2013c).

Habitatdirektivet og Habitatbekendtgørelsen

Natura 2000 er en fælles betegnelse for *habitatområder*, *fuglebeskyttelsesområder* og *Ramsarområder*. Habitatområder og fuglebeskyttelsesområder udpeges i medfør af EU's habitatdirektiv og fuglebeskyttelsesdirektiv, som bl.a. er implementeret i den danske habitatbekendtgørelse (Miljøministeriet, 2007 med senere ændringer). Områderne danner til sammen et økologisk netværk af beskyttede naturområder gennem hele EU. Målet er at sikre eller genoprette gunstig bevaringsstatus for de arter og naturtyper, som områderne er udpeget for at bevare. Et hovedelement i beskyttelsen af Natura 2000-områder er, at

myndighederne i deres administration og planlægning ikke må vedtage planer, projekter eller lignende, der skader de arter eller naturtyper, som områderne er udpeget for at bevare.

Bekendtgørelsen stiller endvidere krav om, at der ikke må gives tilladelser eller vedtages planer mv., der kan beskadige eller ødelægge yngle- eller rastepladser for visse dyrearter.

Miljøbeskyttelsesloven

Loven skal medvirke til at værne om natur og miljø, så samfundsudviklingen kan ske på et bæredygtigt grundlag i respekt for menneskets livsvilkår og for bevarelsen af dyre- og plantelivet (Miljøministeriet, 2010). Med loven tilsigtes særligt:

- at forebygge og bekæmpe forurening af luft, vand, jord og undergrund samt vibrations- og støjulemper,
- at tilvejebringe hygiejnisk begrundede regler af betydning for miljøet og for mennesker,
- at begrænse anvendelse og spild af råstoffer og andre ressourcer,
- at fremme anvendelse af renere teknologi
- at fremme genanvendelse og begrænse problemer i forbindelse med affaldshåndtering.

Miljømålsloven, Vandrammedirektivet og Vandforsyningsloven

Efter EU's vandrammedirektiv, som er implementeret via Miljømålsloven (Miljøministeriet, 2009), skal Danmark udarbejde vandområdeplaner til opnåelse af god tilstand i de danske vandområder. Hver vandområdeplan og dertil knyttede bekendtgørelser opstiller mål for, hvordan miljøtilstanden skal være i områdets søer, vandløb, kystvande og grundvand.

3.3 Lov om planforhold m.m.

Planloven

Planloven sætter rammerne for arealanvendelsen i Danmark (Miljøministeriet, 2013e). Loven har som mål at sikre, at den sammenfattende planlægning forener de samfundsmæssige interesser i arealanvendelsen og medvirker til at værne om landets natur og miljø, så samfundsudviklingen kan ske på et bæredygtigt grundlag i respekt for menneskets livsvilkår og

for bevarelsen af dyre- og plantelivet. Sammenfattende planlægning indebærer, at der i planlægningen efter loven anlægges en helhedsbetragtning, hvor der sigtes mod varetagelse af generelle samfundsmæssige hensyn vedrørende arealanvendelse.

Århus-Konventionen

Den internationale konvention om adgang til oplysninger, offentlig deltagelse i beslutningsprocesser samt adgang til klage og domstolsafgørelser på miljøområdet, også kaldet "Århus-Konventionen" har til formål at sikre borgernes rettigheder på miljøområdet. Konventionen, der blev underskrevet af 35 lande den 25. juni 1998, trådte i kraft den 30. oktober 2001. Konventionen er implementeret i Danmark ved bekendtgørelse nr. 447 af 31. maj 2000 og er nu indeholdt i Miljøoplysningsloven (Miljøministeriet, 2006). Det bemærkes, at der på det nukleare område ikke er foretaget ændringer i lovgivningen som følge af denne konvention.

Espoo-Konventionen

Konventionen om vurdering af virkningerne på miljøet på tværs af landegrænserne, populært kaldet "Espoo-Konventionen" (The Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context) (Udenrigsministeriet, 1999) forpligter deltagerne til at vurdere virkningerne på miljøet af visse aktiviteter på et tidligt tidspunkt i planlægningsstadiet. Konventionen fastsætter herudover en generel forpligtelse for de deltagende lande til at konsultere hinanden om alle større projekter, som er under overvejelse, såfremt projektet må antages at have en mærkbar skadevirkning på miljøet på tværs af landegrænser. Konventionen, der trådte i kraft den 10. september 1997, blev underskrevet af Danmark den 26. februar 1991 og ratificeret den 14. marts 1997.

Lov om miljøvurdering af planer og programmer og planlovens VVM-regler er indrettet på, at miljøministeren kan opfylde Espoo-konventionen og den tilhørende protokol for miljøvurdering af planer og programmer (se nedenfor).

Lov om miljøvurdering af planer og programmer

Lov om miljøvurdering af planer og programmer implementerer EU-direktiv 2001/42/EF af 27. juni 2001 om vurdering af bestemte planer og programmers indvirkning på miljøet (Europa-parlamentet og Rådets direktiv, 2001, Miljøministeriet, 2006, 2013 a).

Loven er rettet mod myndigheder, der i henhold til lovgivningen udarbejder planer, som sætter rammer for anlægsaktiviteter, der kan påvirke miljøet væsentligt. Loven pålægger myndighederne at foretage en vurdering af planen eller programmets virkninger på miljøet under overholdelse af visse mindste procedurer med bl.a. inddragelse af offentligheden. Disse regler vil være gældende, hvis det eksempelvis besluttes, at foretage reservationer for mulige placeringer af et mellemlager ved en statslig eller kommunal planlægning.

Bekendtgørelse om VVM

I forbindelse med den endelige placering og etablering af et mellemlager vil VVM-bekendtgørelsens regler om vurdering af virkninger på miljøet (VVM) være gældende med mindre anlæggets præcise udformning og placering vedtages i enkeltheder ved en særlig lov (Miljøministeriet, 2014).

VVM-reglerne foreskriver, at der forud for etableringen af et anlæg til deponering af radioaktivt affald skal gennemføres en vurdering af anlæggets virkninger på miljøet, og der udarbejdes en VVM-redegørelse, som sendes i offentlig høring, hvorefter den kompetente myndighed træffer afgørelse om anlægget kan tillades.

Hvis anlæggets etablering vedtages i enkeltheder ved en særlig lov, finder direktivet ikke anvendelse. Det forudsættes dog, at direktivets mål nås gennem lovgivningsprocessen. Dette betyder i praksis, at vurderingen af virkningerne på miljøet og inddragelse af offentligheden skal foretages i forbindelse med lovforberedelsen.

4 AFFALDSTYPER OG -MÆNGDER

4.1 Indledning

Affald (materiale uden anden anvendelse) klassificeres som radioaktivt affald, når indholdet af radioaktive stoffer i materialet overstiger de af myndighederne fastsatte niveauer.

Det danske radioaktive affald hidrører dels fra den tidligere nukleare forskning på Risø og dels fra andre danske brugere af radioaktive stoffer, fx sundhedssektoren, forskningsinstitutioner, industrien mv. og endelig fra dekommissionering af de nukleare anlæg på Risø. Når dekommissioneringen er færdig, vil den største del af det radioaktive affald i Danmark stamme herfra.

Affaldet kan inddeles i kategorier efter oprindelse:

- Komprimeret lavaktivt fast affald (papir, plast, arbejdstøj, glas, metal m.v.)
- Kasseret, radioaktivt udstyr
- Restprodukt fra rensning af vand fra Risøs anlæg (bitumenindesluttet inddampningskoncentrat, ionbytteraffald m.v.)
- Kasserede radioaktive kilder (fra sundhedssektoren, forskning og industri)
- Affald fra afvikling af de nukleare anlæg (dekommissioneringsaffald, især metaldele og beton)
- Særligt affald, dvs. forskellige typer affald, der ikke har oprindelse i de øvrige kategorier. Det er fx mindre stykker af bestrålet brændsel, som har været brugt til materialeforskning, naturligt og forarmet uran, samt kerneopløsningen fra DR 1, en af de tidligere reaktorer.

Estimatet af den overordnede sammensætning af det samlede danske radioaktive affald efter dekommissionering af anlæggene på Risø-området har ikke ændret sig væsentligt siden opgørelsen, som blev publiceret i "Beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald, 2008". Der er dog sket mindre ændringer, fx er 100 kg tungt vand afhændet.

4.2 Klassificering

I Danmark følges Det Internationale Atomenergiagenturs (IAEA) anbefalinger til klassificering af affaldet (*Classification of Radioactive Waste*. IAEA Safety Standards. General Safety Guide No. GSG-1. IAEA Vienna (2009c)). I henhold til anbefalingerne klassificeres affaldet som hhv. lav- og mellemaktivt affald, kortlivet, og lav- og mellemaktivt affald, langlivet. Kortlivet affald har overvejende radioaktive isotoper med en halveringstid på under 30 år, mens det langlivede affald indeholder betydelige mængder af isotoper med en halveringstid på 30 år eller derover.

Klassificeringen har især betydning ved håndtering af affaldet og ved kommunikation omkring affaldet. Ved sikkerhedsanalyser og -vurderinger i forbindelse med et mellemlager eller et slutdepot skal de specifikke kemiske og fysiske parametre, fx halveringstiden af de enkelte isotoper, og isotopernes mobilitet i forskellige fysiske og kemiske miljøer, indgå. Det er derfor den endelige sammensætning af affaldet sammen med de konstruerede og naturlige barrierer, der er afgørende for udfaldet af sikkerhedsanalyser og -vurderinger.

4.3 Materialer

Det danske radioaktive affald består af følgende typiske materialetyper:

- Metal; fx stål, aluminium, bly
- Beton
- Brændbart driftsaffald så som handsker, plast, arbejdstøj osv.
- Kilder, som er sammensat af et eller to radioaktive metaller
- Bitumenaffald (slam indstøbt i asfalt)
- Uranholdigt affald (herunder både metallisk og ikke-metallisk uran).

Affaldet opbevares hovedsageligt i 210 liter ståltromler, 10-fods ISO-containerne, i halv højde, og i Dansk Dekommissionerings specialfremstillede stålbeholdere (2,12 x 1,47 x 1,39 m).

4.4 Samlet opgørelse over affaldet

Affaldsmængderne kan enten angives som vægt eller volumen af selve affaldet eller som vægt/volumen af færdigkonditioneret affald. Ved konditioneret affald forstås, at affaldet er pakket og emballeret i en form, så det er egnet til at blive deponeret eller mellemlagret.

Tabel 4.1 og 4.2 viser hhv. estimerede mængder affald fra afviklingen af anlæggene på Risø og allerede eksisterende affaldsmængder, begge som estimeret afskaffelsesvolumen (færdigkonditioneret affald). Tabellerne er samlet i forbindelse med forstudierne til slutdepot, som blev afsluttet i maj 2011 (DD, 2011). Da der endnu ikke er fastsat endelige krav til konditionering af affaldet, kan det endelige volumen konditioneret affald afvige fra tallene i tabellen.

Type	Affald	Vægt / enheder	Volumen, Konditioneret (m ³)	Kortlivet β/γ (GBq)	Langlivet β/γ (GBq)	Langlivet α (GBq)
Affald fra afvikling af DR 1, DR 2, og DR 3						
1	Grafit	17 t	39	4.000	120	
2	Aluminium	17 t	75	20.400		0,7
3	Rustfrit stål og bly	345 t	732	66.600	18.000	1,5
4	Tung beton og beton	1.313 t	1.129	570	38.000	108
Affald fra afvikling af "Hot cell"						
5	Rustfrit stål, stål og bly	3 t	5			
6	Beton	20 t	40			
7	Forskellige komponenter	3 t	5			
8	Sekundært affald	100 tønder = 20 t	57	3.000	1	160
	TOTAL		2.082			

Tabel 4.1 Estimerede mængder affald fra afviklingen, anslået bortskaffelsesvolumen og aktivitet i affaldet per 1. juni 2008.

Type	Affald	Vægt/ enheder	Volumen, Konditioneret (m ³)	Kortlivet β/γ (GBq)	Langlivet β/γ (GBq)	Langlivet α (GBq)
<i>Lav-aktivt affald</i>						
9	Affald fra spildevandsbehandling	1.100 tønder	920	1.800	0,5	130
10	Sammenpresset affald og jord	4.400 tønder	1.100	2.600	0,6	170
<i>Mellem-aktivt affald</i>						
11	Affald fra DR 3	17 C + 40 tønder	80	5.400	18.000	
12	Affald fra "Hot cell"	180 tønder + 40A + diverse	430	33.000	147	1.300
13	Radioaktive kilder	18 tønder + diverse	30	370.000	300	1.500
<i>Særligt affald</i>						
14	Ca. 20 større kilder	Diverse	35			1.000
15	1,2 kg bestrålet, opløst uran	3 tønder	5	4.000	9	400
16	12 kg bestrålet brændsel	20A	20	23.000	55	1.500
17	222 kg bestrålet brændsel	13A	45	730.000	5.200	31.000
18	Kerneopløsning fra DR 1	3 flasker	10	120	1	4
19	Ikke-bestrålet uran	2 t	60			50
20	Tungt vand	0,1 t	3	5,7		
TOTAL			2.735	1.264.490	79.835	37.324

Tabel 4.2. Eksisterende affaldsmængder, estimeret afskaffelsesvolumen og affaldets aktivitet per 1. juni 2008. "C" står for beholder for "CC-blade". "A" er "A-bøtte", GBq er 10⁹ Becquerel (se ordliste, Bilag 2). Det tunge vand, type 20, er afhændet. Langlivet aktivitet, se under afsnit 4.2 (klassificering).

4.5 Særligt affald

Det særlige affald indeholder en betydelig andel af langlivede nuklider i forhold til den samlede mængde langlivede nuklider i det danske affald. Som det fremgår af tabel 4.2, består affaldet af ca. 20 større kilder, kerneopløsningen fra DR 1 samt bestrålet og ikke-bestrålet uran. Det særlige affald er mellemaktivt og langlivet.

4.6 Potentielt affald

Ud over det ovenfor nævnte affald findes der affald, som potentielt skal lagres. Det drejer sig bl.a. om 3670 ton uforarbejdet uranmalm (uran i naturlig bjergart). Uranmalmen er lavaktiv (indeholder ca. 400 ppm uran) og har en aktivitetskoncentration, der er ca. 200 gange højere, end hvad der naturligt forekommer i størstedelen af dansk jord (i gennemsnit 2 ppm uran) og ca. 100 gange højere end i bornholmsk grundfjeld (indeholder 4-5 ppm uran).

Malmen blev hentet fra Kvanefjeld i Grønland i forbindelse med uranekstraktions-projekterne i 1970'erne og -80'erne, men er ikke blevet anvendt til forsøg. Malmen er som sådan ikke radioaktivt affald, da den anses som råstof. Det må derfor vurderes særskilt, hvordan malmen og den underliggende kontaminerede jord skal håndteres. Det er endnu ikke besluttet, om malmen skal placeres i et eventuelt mellemlager.

Desuden opbevares tailings fra uranekstraktionsprojekterne i 1970erne og 1980erne i to særlige bassiner, der holdes vandmættede for at forhindre udsivning af den radioaktive gas radon. Tailings udgør ca. 600 m³, og bassinernes beton udgør omtrent 500 m³. Om denne type affald vil kunne langtidsmellemlagres sammen med det øvrige affald er tvivlsomt af hensyn til radonkoncentration i luften i en sådan mellemlagerbygning.

På nuværende tidspunkt er der heller ikke en endelig afklaring vedrørende den fremtidige håndtering af NORM-affald. Det danske NORM-affald stammer primært fra udvinding af olie og gas i Nordsøen. Hertil kommer muligvis et ukendt antal kubikmeter NORM-affald fra prøveboringer i forbindelse med efterforskning af skifergas. NORM-affald har generelt lav

aktivitet. I fx Norge deponeres NORM-affald, bl.a. på grund af den lave aktivitet, i et særskilt depot.

4.7 Miljøfarligt affald

Det radioaktive affald indeholder ud over de radioaktive stoffer også en vis mængde farligt affald i form af tungmetaller og andre kemiske stoffer, herunder 2 ton ubestrålet uran, 50–70 ton bly, omkring 20 kg cadmium, 80 kg beryllium og 40–50 ton bitumen. Da det ikke er muligt at adskille disse farlige stoffer fra de radioaktive stoffer, vurderes det, at den samlede mængde affald skal klassificeres som farligt affald.

4.8 Affaldsbeholdernes tilstand

Det eksisterende danske radioaktive affald opbevares på nuværende tidspunkt af Dansk Dekommissionering. Statens Institut for Strålebeskyttelse og Beredskabsstyrelsen er tilsynsførende myndigheder. Affaldet opbevares i midlertidige lagre, som er konstrueret til korttidslagring (en titals årrække). Lagrenes tilstand kontrolleres og vurderes løbende, og er indtil videre fundet i acceptabel stand.

At lagrene ikke er konstrueret til langtidsopbevaring betyder fx, at det ikke er muligt at opnå tilstrækkelig fugtkontrol til at hæmme tæring. Tromler, som har stået på lagrene i op til 50 år, viser spor af tæring (rust) i de yderste lag. De fleste af tromlerne består af flere lag (hhv. indertromle af stål, 5 cm beton og ydertromle af stål), så affaldet, som er på fast form, stadig befinder sig intakt i beholderne. Tæringen betyder imidlertid, at tromlerne skal kontrolleres og evt. ompakkes. Tromlernes tilstand er en væsentlig parameter i den samlede vurdering af lagerets tilstand.

Tromlernes tilstand kontrolleres jævnligt, hvor det er muligt, men måden, lagrene er konstrueret på, betyder, at det ikke er praktisk muligt at kontrollere de tromler, som befinder sig inderst i stakkene. På baggrund af tilstanden af de yderste tromler vurderes det, at det

inden for en kort tidshorisont (maks. 5–10 år) er nødvendigt med en langsigtet løsning for alle tromler.

De lagrede ISO-containerne og stålbeholdere har været i brug i mindre end 10 år og viser ingen tegn på tæring. Lageret med ISO-containerne og stålbeholdere har desuden – indtil videre – plads til at beholderne kan flyttes og kontrolleres enkeltvis. Som dekommissioneringen skrider frem, vil lagerene fyldes, hvilket resulterer i mindre plads til inspektion af beholderne.

4.9 Sammenfatning

- Opgørelsen af affaldet viser hvilket omfang, der skal regnes med ved etablering af et mellemlager samt affaldets indhold af kortlivede og langlivede isotoper.
- Det er ikke bestemt, hvordan den tilbageværende malm fra Kvanefjeldet i Grønland eller tailings fra forsøgene skal håndteres. NORM-affaldet er ikke indregnet i opgørelserne, og der er ikke taget stilling til, hvordan det skal håndteres.
- Der skal ved etablering af mellemlageret tages hensyn til tilstedeværelsen af miljøfarligt affald.
- Der skal inden for en kort tidshorisont (5–10 år) opstilles en plan for, hvordan alle beholdere/tromler ved mellemlagringen kan nå en tilfredsstillende tilstand, da de ikke er fremstillet til en langsigtet mellemlagring. Herunder skal der især tages hensyn til myndighedernes krav til den fremtidige opbevaring.

5 PRINCIPPER FOR BESKYTTELSE AF MENNESKER OG MILJØ

De fundamentale sikkerheds- og miljømæssige principper for lagringen af radioaktivt affald sætter rammen, inden for hvilke alt arbejdet omkring etableringen af et mellemlager skal udføres.

I tillæg til regelsæt i nationale lovgivninger og i EU-direktiver arbejder flere internationale organisationer med at opbygge og forbedre sikkerheds- og miljømæssige forhold inden for håndtering af radioaktivt affald, fx i form af anbefalinger og standarder på området. Fremtrædende organisationer på dette felt er det Internationale Atomenergi Agentur (IAEA) og den Internationale kommission for radiologisk beskyttelse (ICRP). Det anses som god praksis at følge disse anbefalinger og standarder, og der skal normalt gode argumenter til for at afvige fra dem.

IAEA publikationer rummer et omfattende antal udgivelser om generelle og specifikke tekniske forhold i forbindelse med lagring af radioaktivt affald, såvel som mere grundlæggende overvejelser relateret til langtidsmellemlagring (IAEA, 2003a).

Yderligere har Danmark ratificeret Affaldskonventionen under IAEA (Joint Convention), som derved er bindende. Denne konvention er i stor udstrækning baseret på anbefalinger fra IAEA. Konventionens formål er bl.a. at skabe og fastholde et højt sikkerhedsniveau i forbindelse med behandling af radioaktivt affald i hele verden og at sikre effektiv beskyttelse mod mulige risici på alle trin i behandlingen af radioaktivt affald. Konventionen sætter overordnede retningslinjer for, hvordan radioaktivt affald skal håndteres både sikkerheds- og miljømæssigt. Affaldskonventionen er dog af så overordnet karakter, at den vurderes ikke at kunne stå alene som fundament for de miljø- og sikkerhedsmæssige principper for et dansk mellemlager (IAEA, 1997), se også kapitel 3.

De fundamentale sikkerheds- og miljømæssige principper, som Danmark har vedtaget at følge og som ligger til grund for disse arbejder, skal derfor også gælde for etableringen af et dansk mellemlager (IAEA, 2006a, Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse, 2008).

Strålebeskyttelse omfatter alle tiltag til at beskytte mennesker og miljø imod de skadelige virkninger af ioniserende stråling. Sikkerhed omfatter alle foranstaltninger til at holde kilder til ioniserende stråling under kontrol, fx strålingsafskærmning og indeslutning. En høj grad af sikkerhed bidrager således til at højne niveauet af strålebeskyttelse.

Nedenstående er IAEA's grundlæggende kriterier for strålebeskyttelse, som har tilslutning fra en lang række internationale organisationer (Fundamental Safety Principles, IAEA, 2006a).

5.1 Beskyttelse af mennesker og miljø

Radioaktivt affald skal håndteres således, at der sikres et acceptabelt niveau af beskyttelse af mennesker og miljø.

Enhver eksponering af mennesker skal holdes så lav som rimeligt opnåelig under hensyn til økonomiske og samfundsmæssige faktorer. Stråling kan skade alle levende væsener, ikke bare mennesker. Strålebeskyttelse indbefatter derfor også planter, dyr og miljøet i øvrigt. Et mellemlager skal udformes, så stråling ikke udgør en risiko mod den biologiske mangfoldighed.

Ved håndtering af radioaktivt affald foretrækkes det at koncentrere radioaktive stoffer frem for at fortynde dem i omgivelserne. For at beskytte mennesker og miljø fra den skadelige virkning af ioniserende stråling fra radioaktivt affald må affaldet isoleres fra omgivelserne. Dette opnås ved at benytte flere typer af barrierer, hvor såvel naturlige som konstruerede barrierer indgår.

Beskyttelse af arbejdstagere og lokalbefolkningen under såvel normal drift som i uheldssituationer reguleres via de relevante myndigheder, og der skal gennemføres målinger og øvrige passende foranstaltninger med henblik på strålebeskyttelse af de potentielt berørte grupper.

Håndtering af radioaktivt affald omfatter også miljøfarlige stoffer, som kan resultere i forurening. Med hensyn til disse stoffer bør der iagttages et niveau af sundheds- og

miljøbeskyttelse, der svarer til kravene for andre aktiviteter, der indbefatter håndtering af farlige stoffer.

5.2 Beskyttelse uden for landets grænser

Radioaktivt affald skal håndteres således, at det sikres, at der tages hensyn til mulige effekter på mennesker og miljø uden for landets grænser.

Et land er forpligtet til at handle ansvarligt og som minimum ikke pålægge andre lande effekter på menneskers sundhed og miljø, udover hvad der er acceptabelt inden for landets egne grænser.

5.3 Beskyttelse af fremtidige generationer

Radioaktivt affald skal håndteres således, at forudsigelige sundhedseffekter på fremtidige generationer ikke bliver større end tilsvarende niveauer af effekter, der er acceptable i dag. Ligeledes skal det sikres, at radioaktivt affald håndteres således, at der ikke pålægges fremtidige generationer urimelige byrder.

Hensynet til fremtidige generationer er af fundamental vigtighed ved håndtering af radioaktivt affald. Dette princip udspringer af en etisk interesse for de fremtidige generationers helbred og miljø samt et princip om, at den generation, der nyder fordel af egne gøremål også bør bære ansvaret for at håndtere det resulterende affald.

Intentionen er at skabe acceptabel sikkerhed for, at der ikke sker påvirkninger af menneskers helbred og af miljøet, som rækker ud over de beskyttelsesniveauer, der er gældende i dag.

Lagring af radioaktivt materiale kan have effekt på fremtidig ressourceudnyttelse. Mellemlagring af radioaktivt affald bør derfor udføres, så fremtidig nyttiggørelse af naturlige ressourcer tages med i betragtning ved etablering af lageret. Begrænset handlefrihed kan dog blive overført til efterfølgende generationer, for eksempel i form af nødvendig overvågning af et mellemlager.

Beliggenhed, indhold og indretning af et mellemlager til radioaktivt affald skal registreres og bevares på passende vis, så fremtidige generationer har fuld viden om forholdene i og omkring mellemlageret.

5.4 De juridiske og administrative rammer

Radioaktivt affald skal håndteres inden for passende nationale juridiske rammer, der inkluderer fuldstændig fordeling af ansvar og økonomisk grundlag for de involverede parter.

Der bør ske en klar fordeling af ansvar mellem alle involverede operatører og organisationer inden for ethvert gøremål omkring håndtering af radioaktivt affald. Der kræves klar administrativ og operationel adskillelse mellem den tilsynsførende myndighed og de udførende parter for at garantere uafhængigt tilsyn med håndteringen af radioaktivt affald.

Da håndtering af radioaktivt affald i et mellemlager tidsmæssigt strækker sig over flere generationer, bør der gøres overvejelser om nuværende og sandsynlige fremtidige handlinger. Det bør sikres, at grundlaget for opfyldelse af tilstrækkelig langvarig kontinuitet med hensyn til ansvar og økonomiske krav er til stede. Der bør samtidigt med etablering af et mellemlager, tilvejebringes en klart defineret plan for afvikling og dekommissionering af lageret, samt endelig deponering af det radioaktive affald.

5.5 Sammenfatning

- Radioaktivt affald skal håndteres således, at der sikres et acceptabelt niveau af beskyttelse af mennesker og miljø.
- Radioaktivt affald skal håndteres således, at det sikres, at der tages hensyn til mulige effekter på mennesker og miljø uden for landets grænser.
- Radioaktivt affald skal håndteres således, at forudsigelige sundhedseffekter på fremtidige generationer ikke bliver større end tilsvarende niveauer af effekter, der er

acceptable i dag. Ligeledes skal det sikres, at radioaktivt affald håndteres således, at der ikke pålægges fremtidige generationer urimelige byrder.

- Radioaktivt affald skal håndteres inden for passende nationale juridiske rammer, der inkluderer fuldstændig fordeling af ansvar og økonomisk grundlag for de involverede parter.

6 SIKKERHEDSKRITERIER, -ANALYSER OG -VURDERINGER FOR ET MELLEM-LAGER

6.1 Dosiskriterier

De overordnede principper, der er beskrevet i kapitel 5, kan udmøntes i krav til strålebeskyttelse af mennesker i form af principper for og begrænsning af stråleudsættelse af ansatte og enkeltpersoner i befolkningen fra affaldet. Kravene skal fastsættes af de nukleare tilsynsmyndigheder (Statens Institut for Strålebeskyttelse under Sundhedsstyrelsen og Nukleart Kontor i Beredskabsstyrelsen) med hjemmel i den gældende lovgivning og eventuel ny specifik lovgivning, der måtte blive vedtaget for et dansk mellemlager. Neden for præsenteres disse principper og begrænsninger.

Et mellemlager i drift er et nukleart anlæg i lighed med det nuværende nukleare anlæg på Risø-området. I medfør af Sundhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 823 af 31. oktober 1997 om dosisgrænser for ioniserende stråling fastsættes følgende principper for begrænsning af stråledoser:

1. *Berettigelse:* Ved enhver anvendelse af ioniserende stråling skal fordelene opveje den forventede skadevirkning af strålingsudsættelsen.
2. *Optimering:* Alle retfærdiggjorte strålingsdoser skal holdes så lave, som det med rimelighed kan opnås under hensyntagen til økonomiske og samfundsmæssige forhold (As Low As Reasonably Achievable, ALARA, (ICRP, 2007)).
3. *Dosisbegrænsning:* Ingen personer må modtage doser, der overstiger de i bekendtgørelsen fastsatte dosisgrænser.

Specielt princip 2 om optimering har en væsentlig indflydelse på størrelsen af de stråledoser, som modtages. De fastsatte dosisgrænser i *bekendtgørelsen (BEK 823, 1997)* fremgår af følgende tabel:

Kategori	Grænse for effektiv dosis (helkropsbestråling) mSv pr. år
Arbejdstagere over 18 år	20
Enkeltpersoner i befolkningen	1

Tabel 6.1. De fastsatte dosisgrænser jf. bekendtgørelse nr. 823 af 31. oktober 1997.

Bestrålingen af enkeltpersoner i befolkningen fra et nukleart anlæg i drift vil kunne ske som følge af udslip til atmosfæren eller til vandløb, søer og havmiljøet i nærheden af anlægget. Da dosisgrænserne for enkeltpersoner i befolkningen gælder for bestråling fra alle strålekilder (dog undtaget medicinsk og naturlig bestråling), er det nødvendigt at fastsætte hvilken brøkdel af dosisgrænserne, der må komme fra mellemlageret. Denne brøkdel benævnes *referencedosis* eller *dosisbinding*, og foreslås på linje med de nuværende krav for de nukleare anlæg på Risø-området fastsat til 0,1 mSv pr år.

For potentielle udslip af radioaktive stoffer som følge af enkeltstående hændelser, fx i form af skader på enkelte eller flere af mellemlagerets barrierer (fejlfunktion, driftsuheld, oversvømmelse, jordskælv osv.) vil det være nødvendigt at se både på de resulterende stråledoser fra sådanne hændelser samt på sandsynligheden for deres indtræden. En konkret analyse og vurdering af sådanne potentielle hændelser skal danne grundlag for en endelig fastsættelse af sikkerheds- og strålebeskyttelsesmæssige krav til disse situationer. For hændelser som forventes at optræde med meget lille sandsynlighed, eller med meget vidtrækkende konsekvenser, skal tilsvarende overvejelser og ALARA-princippet tilsammen danne grundlag for fastsættelse af de sikkerheds- og strålebeskyttelsesmæssige målsætninger. Det er de nukleare tilsynsmyndigheder, der fastsætter værdien af en dosisbinding.

6.2 Sikkerhedsanalyser og -vurderinger

Efterfølgende beskrives forhold omkring sikkerhedsanalyser og -vurderinger.

6.2.1 Formålet med sikkerhedsanalyser og -vurderinger

Før der etableres et mellemlager for radioaktivt affald skal der gennemføres systematiske vurderinger af sikkerheden (sikkerhedsanalyser og -vurderinger) i hele lagerets levetid, inkl. fyldning og tømning af lageret, bl.a. på grundlag af de krav, som de danske myndigheder stiller. Sikkerhedsanalyserne omfatter fastsættelse af sandsynligheden for – og konsekvenserne af – forudsigelige uheld og hændelser og er essentielle i vurderingen af mellemlagerets konsekvenser for sundhed og miljø. Sikkerhedsanalyserne anvendes sammen med vurderingerne til at demonstrere, hvorvidt mellemlageret lever op til myndighedernes krav.

Sikkerhedsanalyserne og -vurderingerne kan i de tidlige faser anvendes ved udformning af overordnede kriterier for placering af mellemlageret. Under detailudformningen anvendes sikkerhedsanalyser til udarbejdelse af kravspecifikationer og systemoptimering. Endelig kan sikkerhedsanalyser og -vurderinger anvendes til fastlæggelse af overvågningsprogrammer.

Sikkerhedsanalyserne og vurderingerne efterfølges af en vurdering af effekten af de mulige forudsigelige hændelser samt en beslutning om, hvorvidt mellemlageret bør være konstrueret til at kunne modstå disse hændelser. Ideen bag denne udvælgelse er, at et mellemlager er bygget til, at personale skal færdes på lageret i hele dets levetid, og at aktiv overvågning og vedligehold er en del af de vigtige funktioner, som skal sikre adskillelse af affaldet fra mennesker og miljø. Dette betyder også, at det er vigtigt, at mellemlageret prioriteres ressourcemæssigt i hele dets levetid.

6.2.2 Scenarier og spredningsveje

For at identificere forhold, der kan have indflydelse på mellemlagerets sikkerhed, gennemgås forskellige egenskaber og mulige hændelser, ligesom mellemlagerets indflydelse på omgivelserne inddrages. Følgende forhold indgår:

- Mellemlagerets omgivelser, design og bygningsstruktur
- Planlagte arbejdsprocedurer, som skal udføres i forbindelse med driften og opretholdelse af de nødvendige og tilstrækkelige kompetencer hertil

- Naturlige processer som kan påvirke lageret, fx fluktuerende grundvandsstand, jordskred i nærheden, meteoritnedslag, jordskælv og bevægelser i jordlagene under mellemlageret, klimaændringer m.v.
- Processer, der skyldes affaldet eller de nærmeste omgivelser, fx kemiske reaktioner i affaldet
- Indefra eller udefra kommende uheld som skyldes menneskelig aktivitet (fx håndteringsuheld og aktiviteter i omegnen, som kan forårsage skade på bygningerne, eksempelvis byggeaktivitet eller grundvandssænkninger, flystyrt osv.)
- Risikoen for uønsket indtrængen, hærværk og terrorhandling.

Scenarier, der enten er helt usandsynlige, eller hvor konsekvensen af hændelsen er så ødelæggende, at spredning af det radioaktive affald er det mindste problem, vil ikke blive vurderet som scenarier. Eksempler herpå er en ny istid (forventes ikke inden for de næste ca. 100 år) eller vulkanudbrud, da der er ikke aktive vulkaner til stede i Danmark eller i tilgrænsende områder. Påvirkninger fra en evt. tsunami, som rammer kystegnene, må også anses for at være relativt usandsynlige, men bør vurderes (Buch et al., 2005).

6.2.3 Modeller

Som en del af sikkerhedsanalyserne skal der anvendes modeller efter internationale standarder, som sammen med de nødvendige data (se afsnit 6.2.4) muliggør beregning af mellemlagerets potentielle påvirkning af mennesker og miljø. Sandsynligheden for at uheld og forskellige hændelser opstår – og de radiologiske konsekvenser af disse – estimeres ud fra modellerne.

6.2.4 Data

De data, som er nødvendige for sikkerhedsanalyserne, omfatter:

- Affaldets sammensætning (radiologiske og kemiske egenskaber, herunder konditionering af affaldet)
- Beholdernes karakteristika (dimensioner, materialer, forarbejdning)
- Mellemlagerets karakteristika (dimensioner, materialer, opbygning)

- Lokalitetsdata (den nære overfladegeologi, terræn, hydrogeologi, geokemi, klima m.m.)
- Det omgivende miljø (biosfære m.m.)
- Demografiske forhold, infrastruktur m.m.

6.3 Driftsuheld – interne og eksterne uheldsfaktorer

For både sandsynlige uheld og mindre sandsynlige hændelser bør der udarbejdes planer for tiltag som, uafhængigt af hinanden, er med til at forhindre og/eller reducere konsekvenserne af hændelserne. Tiltagene kan være af organisatorisk, praktisk eller fx af konstruktionsmæssig karakter. Ligeledes skal der udarbejdes sikrings- og beredskabsplaner for uønsket indtrængen.

6.4 Sammenfatning

- Mellemlageret betragtes som et nukleart anlæg i drift. Principper og krav til strålebeskyttelse og sikkerhed skal overholdes. Sikkerhedsanalyser og -vurderinger skal foretages for at vurdere sikkerheden gennem hele mellemlagerets levetid.

7 UDFORMNING, ETABLERING OG DRIFT AF ET MELLEMLAGER

7.1 Bygningstype og -funktioner

Den væsentligste funktion for et mellemlager for konditioneret radioaktivt affald er, at det skal tilvejebringe sikker opbevaring af affaldet, således at affaldet efter endt lagring stadig er sikret og kan transporteres til slutdeponering (IAEA, 2003b).

Mellemlagerets design har således til formål at isolere affaldet fra det omgivende miljø i tilstrækkelig grad og samtidig at reducere sandsynligheden for ulykker til det praktisk lavest mulige. Anlægget skal som helhed kunne bevare affaldsenhederne uskadte i hele opbevaringsperioden, således at affaldet er beskyttet imod ydre påvirkninger, herunder fugt, varme, kulde og andre forhold, som kan medvirke til nedbrydning af affaldet eller dets emballage (IAEA, 2003b, 2003c). Lageret skal endvidere være udformet, så det er sikret mod både tilsigtet indgriben i mellemlagerets funktion og utilsigtede hændelser (inkl. terror-handlinger og ulykker) samt naturskabte forstyrrelser (fx oversvømmelser, storme og jordskælv), (OECD, 2006).

Samtidig skal mellemlagerets udformning beskytte både mennesker og miljø imod risici som følge af affaldets fysiske og kemiske – herunder radiologiske – egenskaber (IAEA, 2013).

For et langtidsmellemlager er det vigtigt, at konstruktionen af mellemlageret kan vedligeholdes sammen med den etablerede infrastruktur til håndtering og inspektion af affaldet og dets emballage.

Det er myndighedsgodkendelsen baseret på en vurdering af alle relevante emner af betydning for sikkerhed (den samlede sikkerhedsvurdering), der er afgørende for udformningen af de specifikke krav til et mellemlager. Mellemlageret skal være udformet således, at det er let at anbringe og udtage de forskellige typer af beholdere, der skal placeres i mellemlageret, med mindst mulig strålingsudsættelse af personalet, og således at placeringen af de forskellige affaldstyper er overskuelig og i sig selv medvirker til at beskytte omgivelserne mod eksponering. Mellemlageret skal være designet med reservekapacitet, således at affaldet kan

omplaceres om nødvendigt, fx i forbindelse med vedligehold og reparation efter uheld (IAEA, 2003b, 2006b).

Udtagning af affaldsbeholdere til inspektion og udbedring skal være så enkel som mulig. Dette kræver et hensigtsmæssigt design af åbninger, passager og håndteringssystemer, herunder opstabling af affaldsbeholderne og afstanden imellem dem (IAEA, 2006b).

Endelig skal mellemlageret være udformet således, at bygningsdele, der især har risiko for at blive kontaminerede, let kan identificeres, når lageret skal dekommissioneres. Dette gælder også for et behandlingsanlæg, som der er brug for til konditionering af affald m.m. Størrelsen af dette anlæg vil afhænge af, hvorvidt det affald, der nu er oplagret, skal endeligt konditioneres inden transporten til mellemlageret, eller om der skal ske yderligere konditionering på mellemlageret, fx pakning og efterfyldning af tromler i containere. Under alle omstændigheder vil der være behov for dels at konditionere det affald, der kan blive tilført mellemlageret i den 100-årige periode, dels at re-konditionere affald, hvor beholderne ikke længere er holdbare, eller hvor konditioneringen er beskadiget som følge af uheld. Behandlingsanlægget skal kunne rumme faciliteter til modtagelse og mærkning af affaldet. Desuden er det meget tænkeligt, at affaldet skal rekonditioneres efter endt lagring inden deponering.

Omkostninger i forbindelse med konditionering består af omkostninger til tromler og containere samt af omkostninger til fyldmateriale. Omkostninger til etablering af behandlingsanlægget henhører under etableringsomkostningerne. Størrelsen af omkostningerne vil afhænge af, hvorvidt anlægget skal håndtere konditionering af store mængder affald i forbindelse med flytningen af affaldet fra Risø. Hvis dette foretages på Risø, og anlægget derfor kun skal håndtere mindre mængder nyt affald; re-konditionering i løbet af mellemlagerets levetid samt evt. konditionering i forbindelse med flytning af affaldet fra mellemlager til slutdepot, vil omkostningerne til behandlingsanlægget blive mindre.

Ud over mellemlager og behandlingsanlæg er der også behov for en række bygninger knyttet til drift af mellemlageret og til modtagelse af besøgende.

Alt i alt vil det samlede anlæg således skulle omfatte følgende faciliteter:

- 1 Vagtbygning
- 2 Kontor- og medarbejderfaciliteter
- 3 Besøgscenter / PR-faciliteter
- 4 Behandlingsanlæg, karakteriserings - og konditioneringsfaciliteter
- 5 Garage / vedligeholdelsesværksted
- 6 Mellemlagerbygninger
- 7 Parkeringsplads til ansatte og besøgende
- 8 Andre udenomsarealer.

Det nødvendige areal til det samlede anlæg forventes at ligge på omkring 20.000 – 30.000 m².

Der bør etableres en fysisk adgangsbegrænsning som bl.a. inkluderer en indhegning af anlægget. Den ydre fysiske afgrænsning kan suppleres med elektroniske løsninger.

Da mellemlageret forventes placeret terrænnært, dvs. på terræn eller delvist indbygget i dette, bør integrering af mellemlageret i landskabet tænkes ind i det samlede design. Integreringen bør afskærme anlægget fra omgivelserne på en ikke-påtrængende måde, fx ved at det er omgivet af træbevoksning. Adgangen til anlægget skal være lettilgængelig og ikke skjult. Mellemlageret skal tilpasses omgivelserne. Placeringen af de tilhørende bygninger - såsom besøgscenteret og behandlingsanlægget - bør vurderes i denne sammenhæng.

På og omkring anlægget skal der etableres udstyr til overvågning af strålingsmiljøet samt af evt. udledning af radioaktive stoffer til luft og vand.

Belægninger på det samlede anlæg skal udgøre et solidt og tæt underlag som basis for tungt maskineri, der anvendes på anlægget, og bør opbygges af robuste og holdbare materialer.

7.2 Materialer og konstruktionsmuligheder

Ved design af et mellemlager til radioaktivt affald skal der tages højde for, at anlægget skal:

- › Indeslutte det lagrede materiale og sikre mod uønsket indtrængen
- › Yde beskyttelse mod stråling og mod nedbrydning af affaldsbeholderne
- › Modvirke utilsigtet fissil kædereaktion
- › Indeholde udstyr til hensigtsmæssig håndtering af affaldsbeholderne
- › Bortlede fugt
- › Have etableret nødvendig ventilation og sikker bortledning af dannede gasser
- › Sikre mod uønskede effekter i forbindelse med en eventuel brand
- › Have facilitet til at modtage affald, herunder karakterisering
- › Sikre muligheden for en hensigtsmæssig sortering og konditionering af affaldet
- › Give mulighed for inspektion og/eller overvågning af affaldsbeholderne efter behov og af anlægget som helhed
- › Muliggøre vedligehold og reparation af affaldsbeholderne
- › Muliggøre udtagning af affaldet med henblik på yderligere behandling, ompakning og slutdeponering
- › Kunne udvides om nødvendigt
- › Sikre let intern transport med henblik på at gøre driften fleksibel
- › Være enkelt at dekommissionere (IAEA, 2003b, 2003c, 2006b).

Designet skal sikre, at der er kontrol med adgangen til og imellem områder med radioaktivt affald. Designet af anlægget skal forholde sig til de fremtidige geotekniske forhold (følgerne af fx fremtidige klimaændringer og differenssætninger i jorden). Derudover er det nødvendigt at gøre sig detaljerede overvejelser vedrørende den langsigtede holdbarhed af de anvendte byggematerialer. De anvendte materialer skal således, hvor det er relevant, have en funktion som strålingsreducerende barrierer (IAEA, 2006b) og have lang holdbarhed både for at sikre mod nedbrud af disse barrierer og for at minimere behovet for vedligehold og re-konditionering. Materialerne skal endvidere være lette at overvåge og dekontaminere (IAEA, 2006b).

Placeringen af affaldsbeholdere kan enten ske på et i forvejen etableret hyldesystem eller ved direkte stabling af beholdere. Det er vigtigt at affaldsbeholdere kan identificeres entydigt i forbindelse med inspektion m.m. (IAEA, 2006b).

Mellemlageret skal indeholde relevant udstyr (fx portal- eller traverskraner) til at sikre en velfungerende indbygning og fjernelse af affaldet, god mulighed for inspektion og for at udtage specifikke affaldsbeholdere til re-konditionering om nødvendigt. Kranerne kan evt. være fjernstyrede for at mindske personalets udsættelse for stråling. Dette anbefales af IAEA sammen med særligt afskærmede gaffeltrucks eller kraner.

Derudover skal mellemlager (og behandlingsanlæg) være udstyret med tilstrækkeligt brandslukningsudstyr, specielt i de områder, hvor potentielt antændeligt affald skal opbevares. Målet med designet skal være at begrænse risici for udslip af radionuklider eller giftige stoffer til miljøet og til områder af anlægget uden for selve lageret, såvel som at begrænse risikoen for brandskader på lagerområdet og de tilknyttede faciliteter. Systemet skal tage højde for opsamling og håndtering af potentielt forurenede brandslukningsmateriale, herunder etablering af et system til opsamling af forurenede vand (IAEA, 2003b, 2006b).

Faciliteterne skal være indrettet, således at oprensning efter evt. uheld er gjort så nemt og sikkert for personalet som muligt. Designet skal således omfatte mulighed for opsamling af udsivende væske eller spild samt systemer til registrering af lækager (IAEA, 2006b).

Gasproduktion fra nedbrydning af affaldet forventes at være meget begrænset. Behovet for ventilation bør dog vurderes for at sikre en kontrolleret udledning af eventuelle gasser.

Udslip af radioaktive stoffer skal minimeres via etablering af filtre hvor det er relevant. Design af ventilations-systemet skal tage højde for risikoen for eksplosion og brand. Designet skal endvidere inddrage risici relateret til både normal drift og mulige uheld. (IAEA, 2003b, 2006b).

Behov for affugtning og temperaturkontrol af mellemlageret skal vurderes for dermed bl.a. at sikre en længere levetid af affaldsbeholderne. Systemets driftssikkerhed skal vurderes og behovet for nødsystemer overvejes (IAEA, 2006b; OECD, 2006).

Det er vigtigt, at designet sikrer, at ventilations- og temperaturreguleringssystemer udformes, således at udledning af radioaktive stoffer ikke overstiger de af myndighederne fastsatte niveauer.

Mellemlageret skal være forsynet med udstyr til overvågning af radiologiske forhold, herunder måling af strålingsdoser, koncentration af luftbårne radioaktive stoffer og overflade-forurening.

Den forventede lange levetid af mellemlageret betyder, at det er meget vigtigt, at de anvendte materialer har en stor holdbarhed eller let kan udskiftes. Dimensionering og udførelse af beton bør modvirke alle potentielle beton-nedbrydende mekanismer. Da ikke alle dele af konstruktionerne (fx elinstallationer og ventilation) kan udføres med en holdbarhed på 100 år, er det vigtigt, at designet udformes således, at disse dele er relativt enkle at udskifte og dekontaminere om nødvendigt. Brug af passive ventilationsmekanismer bør overvejes.

Behovet for yderligere kapacitet til opbevaring også af kontaminerede bygningsdele og rengøringsrester fra udskiftning bør vurderes. Desuden bør konstruktionernes egnethed med henblik på let adskillelse i forbindelse med dekommissioneringen af bygningerne indgå i designet. Og endelig bør konstruktionen udføres på en måde, som sikrer at så lidt af bygningsaffaldet fra dekommissioneringen som muligt er forurenat.

Gulv- og vægkonstruktioner for lagre/mellemlagre i andre lande er i nyere tid især udført i beton. Vægtykkelser varierer mellem 25 cm og 80 cm afhængigt af det konkrete strålingsniveau. Lagrene er typisk forsynet med afskærmede portalkraner og med kontrol af temperatur og fugtighed (IAEA, 1998; IAEA, 2012).

7.3 Administrationsbygning og Informations- og besøgsfaciliteter

Administrationsbygningen skal kunne indeholde plads til det nødvendige antal ansatte samt til et arkiv (formentligt elektronisk) for det løbende register over affaldsmængder og -typer samt den løbende kontrol med beholdernes tilstand, bygningskonstruktionernes tilstand samt strålingsforhold på og omkring faciliteten.

Et mellemlager kan forventes at have offentlighedens bevågenhed, uanset hvad der gøres for at tilpasse det til omgivelserne. Anlæggets funktion er unik og har en indlysende uddannelsesmæssig værdi. Det vil derfor være oplagt at opføre et besøgscenter, som vil opfylde de besøgendes behov for et interaktivt udstillingsområde kombineret med mere underordnede servicefunktioner. Bygningen må forventes at have en begrænset størrelse, men bør dog være stor nok til at kunne rumme faciliteter, der dækker behovet.

7.4 Sammenfatning

- Et mellemlager forventes etableret terrænnært, og det vil antagelig kræve et areal på 20.000–30.000 m².
- Et mellemlager skal etableres så opfyldning, drift og lukning kan foregå på en hensigtsmæssig måde, og alle faser skal være indbygget i det valgte design.
- Der bør etableres besøgsfaciliteter, så offentligheden kan informeres om drift og overvågning.

8 NATURGIVNE FORHOLD, MILJØ, KULTUR OG BEFOLKNING

8.1 Indledning

Der er andre krav til et mellemlager end til et slutdepot, men de fundamentale krav om sikkerhed og strålebeskyttelse for befolkning, natur og miljø skal overholdes (IAEA, 2003b, 2006a, 2013, OECD, 2006)(se kapitel 5 og 6).

Anvisninger for lagring af affald før det overføres til et slutdepot skal tilpasses de enkelte landes forhold og behov. I IAEA (2003b), som omhandler sikkerhedsretningslinjer for lagring før slutdepot (predisposal), findes en liste med vigtige emner inden for geologi, vandmiljø, klima, fauna og flora samt risiko for naturkatastrofer, som skal undersøges, hvis det findes relevant i sammenhæng med vurdering af den eller de lokaliteter, som skal indgå i lokaliseringsprocessen.

Når man taler om sikkerhed i forbindelse med håndtering (og deponering) af radioaktivt affald opererer man typisk med to typer scenarier: Normalscenariet og uheldsscenariet.

Udgangspunktet ved deponering i et slutdepot vil typisk være, at anlægget er bragt på såkaldt "passiv form", hvilket bl.a. indebærer, at visuel kontrol med den enkelte affaldsenhed ikke er nødvendig eller mulig. Som eksempler kan nævnes slutdepoterne i fx Frankrig og Spanien, hvor affaldsenhederne er indstøbt i beton, og overvågning og kontrol retter sig mod eventuelle udslip fra depotet som helhed. I forbindelse med deponering er geologien en vigtig naturlig barriere, som supplerer de konstruerede barrierer (affaldsenhederne, fyldmaterialer i og mellem disse, og selve depotkonstruktionen).

Mellemlageret adskiller sig fra slutdepotet ved dels at have en kortere tidshorisont, dels at affaldet ikke er bragt på passiv form. Den løbende overvågning og kontrol med de enkelte affaldsenheder udgør således i sig selv en vigtig barriere i bestræbelserne på at holde affaldet isoleret fra mennesker og miljø, og der skal løbende foretages vedligeholdelse og reparation

af affaldsenheder (ompakning) og bygningsværk. Både under normalscenariet og uhelds-scenariet er de geologiske barrierer således ikke på samme måde som ved slutdepotet en afgørende parameter ved valg af mellemlagerløsningen.

Til gengæld er et tredje scenarium relevant ved mellemlagerløsningen, nemlig en situation med tab af institutionel kontrol. Tab af institutionel kontrol kan ske pludseligt ved større samfundskriser, fx ved udbrud af krig eller andre årsager til generel samfundsmæssig ustabilitet, eller gradvist som følge af fx ressourcemæssig nedprioritering eller tab af kompetencer hos operatør eller myndigheder. Når afviklingen af de nukleare anlæg på Risø er afsluttet, vil kompetencebehovet på området samlet set være betydeligt mindre, ligesom den offentlige interesse og bevågenhed over tid må antages at mindskes. Det rejser en særlig udfordring i forhold til opretholdelse af nødvendige og tilstrækkelige kompetencer, og øger samtidig alt andet lige risikoen for ressourcemæssig nedprioritering. Den løbende overvågning og kontrol er en væsentlig barriere ved mellemlageret, jf. også tabel 10.1. Mellemlageret vil derfor være sårbart overfor tab af institutionel kontrol. I en situation, hvor den løbende kontrol, overvågning og deraf følgende vedligeholdelse falder bort, vil de geologiske forhold have større betydning som barriere. Det er væsentligt at adressere denne problemstilling i mellemlagerstudierne.

Under afsnit 8.6 rettes opmærksomheden mod en række geologisk relaterede emner, bl.a. en eventuel geologisk barriere, som bør vurderes i lokaliseringsprocessen, således at der kan tages højde for de tre ovenstående scenarier.

8.2 Naturgivne forhold

Lokaliseringen af et mellemlager skal overholde en række danske regler og love og følge retningslinjer fra det Internationale Atom Energi Agentur (IAEA, 2003a, 2003b) i forhold til at befolkning, personale, dyr og planter skal sikres og beskyttes mod radioaktiv forurening fra mellemlageret (IAEA, 2006a, 2006b, 2009b).

Begrænsninger ligger inden for miljøbeskyttelsesområdet, hvor det skal sikres, at det omgivende miljø kan opretholdes så rent (uforurenet) som muligt.

Omvendt skal de ydre faktorer, som kan påvirke et mellemlager, også beskrives og vurderes. Bygningsmæssige forhold skal tages i betragtning i forhold til fx seismisk aktivitet, ligesom områder med grundvand med artesiske grundvandsforhold identificeres og undgås. Risikoen for påvirkninger fra mulige fremtidige klimaændringer skal ligeledes inddrages.

Forhold, der vedrører terrænoverflade, overfladegeologi, hydrogeologi og geokemi kan således have betydning for placering og udformning af et mellemlager (IAEA, 2003b). Derfor er der en række faktorer, som skal overvejes før udvælgelse af lokalitet og etablering af et mellemlager (se afsnit 8.6).

En nærmere gennemgang af de vigtigste forhold vedrørende terrænoverflade, overfladegeologi, seismisk aktivitet, overfladevand, grundvand, geokemi, klima og havniveauændringer er beskrevet i Bilag 4.

8.3 Områdeforhold

Et mellemlager kan direkte eller indirekte påvirke en række forhold i det område, hvor det placeres. I kommunerne foregår en arealplanlægning, hvor det bestemmes, hvordan en lang række forhold i kommunerne skal forvaltes. Der er bestemmelser om, hvordan miljø og natur skal beskyttes, anvendes og plejes. Tilsvarende skal kulturarv og historiske mindesmærker indpasses i kommunens struktur og udvikling. Væsentligt for kommunernes udvikling og fremtid er, at erhvervslivets behov for arealer tilgodeses. Derfor er det nødvendigt at inddrage disse forhold ved vurderinger og overvejelserne om lokalisering og placering af et mellemlager – forhold, som kan have betydning for kommunens fremtidige udvikling.

8.4 Naturforhold

Ved udpegning af en lokalitet til et terrænnært mellemlager skal følgende væsentlige forhold vurderes:

Terrænoverflade, klima og havstigninger

Det valgte terræn skal være stabilt og derfor helst uden væsentlige skråninger. Samtidig bør et mellemlager anlægges på et naturligt veldrænet område, hvor topografiske og hydrologiske forhold sikrer, at risikoen for oversvømmelse er meget lille.

Risikoen for ekstreme klimahændelser skal vurderes på den givne lokalitet for at afgøre, hvilken betydning de vil have. Scenarier for fremtidige klimaændringer skal tages i betragtning og inddrages i den samlede vurdering af en beliggenhed i forhold til, om klimaændringerne eventuelt kan påvirke mellemlageret.

Ved placering af et mellemlager skal det vurderes, om fremtidige forudsagte havstigninger i relation til terrænhøjde i kystzonen, eksponering af kyststrækning, hyppigere ekstreme storme og dominerende vindretninger kan have indflydelse.

Overfladegeologi og jordskælv

Ved placering af et mellemlager bør det vurderes, hvilken betydning de overfladegeologiske lag skal have – eksempelvis til beskyttelse af underliggende grundvandsforekomster på en konkret lokalitet. I forhold til placeringen af mellemlageret bør der helst være ensartede overfladenære geologiske lag, som også skal være stabile af hensyn til den konstruktion, der skal udføres. Det betyder, at der ikke må kunne ske bevægelser eller udskridninger af jordlagene. I hvilket omfang det er nødvendigt, at der inddrages en geologisk barriere, som kan medvirke til at beskytte mennesker og miljø, herunder vandmiljø, mod utilsigtet påvirkning fra lageret ved fx uheld, skal vurderes.

Seismisk aktivitet og jordskælvfare skal vurderes i forhold til etablering af et mellemlager i et givet område. Mellemlageret bør placeres i et jordskælvsmæssigt stabilt område uden brudlinjer/forkastninger i de geologiske lag.

Overfladevand og grundvand

Ved placering og design af et mellemlager skal der tages hensyn til forekomster af overfladevand, således at et eventuelt uheld fra mellemlageret ikke kan nå overfladevandet.

Det skal ved placering af mellemlageret sikres, at der ikke kan ske forurening af drikkevandsressourcer. Det er dansk politik, at der ikke må ske forurening af grundvandet, som bruges til drikkevand til befolkningen mv.. Som udgangspunkt vil det derfor være nødvendigt at tage hensyn til de kortlagte Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD), hvor det anbefales *ikke* at placere et mellemlager. OSD-områderne er udpeget, hvor grundvandsmagasinerne har en betydelig størrelse, en god kvalitet samt en naturlig beskyttelse (Miljøministeriet, 2010). Det kan ikke undgås at inddrage Områder med Drikkevandsinteresser (OD), med der skal i så fald tages særligt hensyn til væsentlige lokale grundvandsressourcer og vandindvindinger.

For at begrænse vandets strømning væk fra mellemlageret vil det være hensigtsmæssigt, at placere mellemlageret på/i lavpermeable aflejringer, som har beskyttende egenskaber, hvis der sker uheld i forbindelse med aktiviteter ved mellemlageret, som der ikke umiddelbart reageres på – eller i tilfælde af tab af institutionel kontrol. Disse forhold bør vurderes i de sammenhænge, hvor de er relevante, fx ved nærliggende vandindvindinger.

Det skal vurderes i hvilket omfang, jordlagene og grundvandsmiljøet skal kunne fremme tilbageholdelse af eventuelle radioaktive stoffer fra aktiviteter ved mellemlageret, og om miljøet kan fremme bevægelse af de radioaktive stoffer. Bygninger skal være konstrueret, så de er holdbare under lokale geokemiske forhold.

Mellemlageret bør ikke placeres i områder med artesiske grundvandsforhold af hensyn til bygningsværket. Placeringen i forhold til grundvandsspejlet bør vurderes, og fordi mellemlageret skal have en lang levetid, er det vigtigt at sikre sig imod en evt. ændring i grundvandsstanden over tid.

8.5 Arealanvendelse - nutidig og fremtidig

Anvendelse af et areal vil almindeligvis følge en række love, målsætninger og redegørelser, som den berørte kommune administrerer, ligesom kommunen også har visioner og målsætninger med dens udvikling. Derfor er det relevant i en lokaliseringsproces at tage hensyn til disse forhold. Planloven vil fx have regler for planlægning i kystnærhedszonen og kommunale lokalplaner for byudvikling m.m.

Der er desuden planer for råstofudnyttelse, affaldshåndtering, afledning af spildevand, jordforurening samt ikke mindst strukturen for den nødvendige vandindvinding (se ovenfor). Kommunens fremtidige udbygning er også indarbejdet i planer og målsætninger for fordeling af boliger, erhvervsejendomme og trafikale forhold.

Befolkningsfordeling og udvikling

Befolkningsfordelingen i en kommune har betydning for stabilitet, vækst, sociale forhold og sundhed, så derfor er udviklingen i til- og fraflytning samt fødselsrate af betydning. De socio-økonomiske forhold kan påvirkes af etableringen af et mellemlager og skal derfor analyseres.

Natur, miljø og landskab

Den biologiske mangfoldighed i form af dyr og planter tilstedeværelse samt de landskabelige forhold skal beskrives og relationer til NATURA2000-områder, nationalparker, skovrejsningsområder, biologiske spredningskorridorer, geologiske interesseområder og verdensarvsområder adresseres. Desuden skal planer for friluftsliv gennemgås. De "lovrelaterede" forhold i relation til NATURA2000, fredninger, beskyttede naturområder og Nationale Geologiske Interesseområder skal desuden inddrages.

Indledningsvist anbefales det ikke at placere et mellemlager i et NATURA2000-område. NATURA2000-områderne danner et netværk af beskyttede naturområder, og grundlaget er EU's naturbeskyttelsesdirektiver, som består af fuglebeskyttelsesdirektivet og habitatdirektivet. Beskyttelsesreglerne er lagt ind i danske love, bekendtgørelser og vejledninger (Miljøministeriet, 2007, 2009, 2011, 2013). Et mellemlager kan ligge tæt op ad et NATURA2000-område, hvis det kan dokumenteres, at ingen forurening kan finde sted mellem mellemlageret og NATURA2000 området.

Kultur

Relationer til kulturelle mindesmærker, fredede eller registrerede kirker og fredede eller bevaringsværdige bygninger skal vurderes, således at et mellemlager ikke placeres i strid med de eksisterende regler.

Erhverv

Erhvervsudvikling og udbygning af erhvervsområder er normalt indarbejdet i lokalplaner. Turisme er almindeligvis en vigtig "erhvervsparameter", og disse forhold skal inddrages i en vurdering af et mellemlagers placering.

8.6 Lokalisering

Nedenfor er listet en række af de emner, der er beskrevet ovenfor, og som kan inddrages ved lokalisering af et mellemlager. IAEA påpeger, at det almindeligvis kun vil være emner, der er relevante i en given situation/lokalitet, som skal vurderes. Emnerne er af to typer: De som indledningsvis bør iagttages som udgangspunkt på landsplan, og de der efterfølgende vurderes ved de udvalgte lokaliteter. En nærmere plan for processen vil ske i efterfølgende mellemlagerstudier.

A. *Udgangspunkt for en lokalisering tænkes at være en kortlægning og vurdering på landsplan efter følgende forhold:*

- **Mellemlageret placeres ikke i et OSD-område.** Mellemlageret placeres ikke i Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD-områder), herunder Nitrat-Følsomme Interesseområder (NFI-områder). Områder med Drikkevandsinteresser (OD-områder) undersøges nærmere i disse år, og der er tegn på, at områderne eventuelt skal opgraderes til OSD-områder. Dette skal der tages hensyn til ved lokaliseringsarbejdet. Mellemlageret kan således godt placeres i OD-områder, men således at der tages hensyn til væsentlig lokal vandforsyning.
- **Mellemlageret placeres ikke i et NATURA2000-område.** Mellemlageret placeres ikke i NATURA2000-områder, der i henhold til EU's Habitatdirektiv skal ydes særlig beskyttelse. Der skal være opmærksomhed på eventuelle ny-udpegede Habitatområder.
- **Mellemlageret forventes placeret terrænnært.** Det bør – i forhold til uheld omkring Mellemlageret og omstændigheder opstået som resultat af tab af institutionel kontrol – overvejes, om overfladegeologien skal udgøre en beskyttende barriere. En terrænnær placering vil også være praktisk af hensyn til fyldning/tømning, vedligehold og dekommissionering.
- **Mellemlager og virksomheder.** Det bør overvejes, om mellemlageret med fordel kan lokaliseres nært ved forurenende virksomhed/erhverv, nær tekniske anlæg/havne-områder, rensningsanlæg/forbrændingsanlæg eller anden offentlig ejendom. Det vil dog være uhensigtsmæssigt at placere mellemlageret nær anlæg med brandbare væsker så som olieraffinaderier eller store benzinbeholdere.

B. *Nedenstående forhold bør vurderes, når et antal mulige lokaliteter er fundet, alt efter om det pågældende forhold er relevant*

Mulige ydre påvirkninger af mellemlageret:

- Mulige ydre naturlige påvirkninger på mellemlageret: Overfladevand, artesisk grundvand, store årstidsvariationer i grundvandsstanden, nedbør- og temperaturændringer,

klimatiske ekstremhændelser, lynnedslag, oversvømmelser, havstigninger og jordskælv.

- Mulige ydre menneskelige påvirkninger (uheld/ulykker) på mellemlageret: Flystyrt, brand, terrorangreb og anden ulovlig menneskelig indtrængning.

Mellemlagerets mulige påvirkninger på omgivelserne:

- Påvirkning på grundvand og overfladevand
- Påvirkning på eksisterende og fremtidig arealanvendelse
- Påvirkning af natur og biologisk mangfoldighed
- Påvirkning på kulturelle mindesmærker
- Indflydelse på socioøkonomiske forhold
- Betydning for områder med befolkningstæthed

8.7 Mellemlagerstudier

De beskrevne forhold under afsnit 8.6 udmøntes i detaljer under mellemlagerstudierne (se kapitel 11).

8.8 Sammenfatning

- En række forhold angående natur, miljø, kultur, befolkning og erhverv skal vurderes i forhold til placering af et mellemlager.
- De forskellige forudsætninger, som skal indgå i lokaliseringsprocessen, beskrives nærmere i mellemlagerstudier.

9 ERFARINGER FRA UDLANDET

Samarbejde med relaterede institutioner i udlandet og deltagelse i internationale fora har altid indgået som en naturlig og nødvendig del af arbejdet med radioaktive materialer i Danmark.

Som en del af forberedelsen af dette beslutningsgrundlag har arbejdsgruppen i sidste del af 2013 og første del af 2014 besøgt mellemlager-faciliteter for både lav-, mellem- og højaktivt affald samt terrænnære slutdepoter for lav- og mellemaktivt affald i Holland, Frankrig, Tyskland og Norge. Formålet med besøgene var at drage erfaringer fra de udenlandske lagre og depoter med hensyn til lokalisering, etablering og drift. Der var desuden kontakt til og dialog med de udenlandske eksperter, som var ansvarlige for lagre og depoter. Disse erfaringer, som har været til væsentlig hjælp ved udformningen af beslutningsgrundlaget, er inkluderet i de respektive afsnit.

Der er tale om følgende besøgte faciliteter (se Bilag 5):

COVRA, Holland: Mellemlager op til 100 år med alle typer radioaktivt affald. Efterfølgende skal affaldet til slutdepot.

Greifswald NPP, Tyskland: Mellemlager, oprindeligt op til 30 år, med alle typer radioaktivt affald. Efterfølgende skal affaldet til slutdepot.

Himdalen, Norge: Et kombineret slutdepot for lavaktivt, kortlivet affald, og et mellemlager for mellemaktivt, langlivet affald. Derefter skal der i år 2030 tages stilling til, hvor det langlivede affald skal deponeres.

ANDRA, Frankrig: Slutdepot, terrænnær facilitet for primært lav- og mellemaktivt affald med kortlivede isotoper.

Erfaringer og resultater fra besøgene på de udenlandske faciliteter, som kan supplere allerede eksisterende viden i Danmark, er kortfattet beskrevet i Bilag 5.

10 OVERVEJELSER OM ET MELLEMLAGER

Dette afsnit vurderer et mellemlager, bl.a. set i relation til et slutdepot, som det var den oprindelige opgave at etablere.

10.1 Indledning

Der er andre krav til et mellemlager end til et slutdepot bl.a. på grund af de forskellige tidshorisonter (se kapitel 8). Som tidligere nævnt peger anvisninger for lagring af affald på, at disse skal tilpasses de enkelte landes forhold og behov. I IAEA (2003b), som omhandler sikkerhedsretningslinjer for lagring før placering af affald i et slutdepot (predisposal), findes en liste med vigtige emner inden for geologi, vandmiljø, klima, fauna og flora samt inden for risikoen for naturkatastrofer og menneskeligt introducerede uheld, som skal vurderes, hvis det findes relevant i sammenhæng med lokalisering af et mellemlager og i forhold til de lokale forhold.

Mellemlagring er, som beskrevet i preamblen til Affaldsdirektivet, en foreløbig løsning og et trin i håndtering af radioaktivt affald inden endelig deponering. Beslutningen om mellemlagring finder typisk ikke begrundelse i et strengt teknisk grundlag, men snarere på basis af sociale, politiske, økonomiske og etiske betragtninger.

10.2 Mellemlager og slutdepot

Der er udarbejdet en sammenstilling af de to løsninger, som kan ses i nedenstående tabel 10.1. Formålet er at give en oversigt, inden der foretages en videre beskrivelse af et mellemlager. Sammenstillingen giver "fordele" og "ulemper" ved henholdsvis et slutdepot og et mellemlager, således at det er lettere at vurdere dem i forhold til hinanden.

Mellemlager	Slutdepot
Generelt	
Sikkerheden omkring et mellemlager er i høj grad baseret på, at mennesker er til stede på mellemlageret i hele dets levetid, og i mindre grad på kemiske og fysiske barrierer, som skal	Sikkerheden omkring et slutdepot er baseret på såkaldt passiv sikkerhed. Passiv sikkerhed betyder, at depotet består af en række fysiske og kemiske barrierer, som alle er udvalgt, så

adskille affaldet fra mennesker og miljø. Affaldsbeholderne samt miljøet i mellemlageret (luftfugtighed og -kemi) er, næst efter menneskeligt opsyn, de vigtigste barrierer, som skal adskille affaldet fra mennesker og miljø. Det er således essentielt for sikkerheden at institutionel kontrol kan opretholdes i hele mellemlagerets levetid. Anlægget skal indeholde faciliteter til håndtering og løbende ompakning af affaldsenhederne i takt med, at de nedbrydes (tæres).	den samlede pakke af barrierer i størst muligt omfang forhindrer, hæmmer og forsinker udslip fra depotet til omgivelserne uden yderligere menneskelig indgriben, og sikrer at man til enhver tid ikke udsætter mennesker og miljø for en påvirkning over det tilladte. Barriererne består af • Affaldsbeholderne med affald og fyldmateriale • Selve depotbygningen med affaldsbeholdere og fyldmateriale • Den omgivende geologi For at et slutdepot skal være så sikkert som muligt, skal det som beskrevet ovenfor fyldes med et fyldmateriale, når alt affald er placeret i depotet. Når et slutdepot er lukket, kan og skal der derfor ikke færdes mennesker i depotet. Dog skal der stadig foretages overvågning omkring slutdepotet. Denne depotype kaldes et <i>irreversibelt</i> depot. Slutdepotet kan dog også konstrueres således, at det anvendte fyldmateriale er af en type, som gør adgang mulig, således at man fx kan udtage affaldet eller dele heraf, hvis det senere ønskes. Denne depotype kaldes et <i>reversibelt</i> depot.
Type af affald	
Radioaktivt affald og radioaktivt miljøfarligt affald	Radioaktivt affald og radioaktivt miljøfarligt affald
Sikkerhed	
Institutionel kontrol. Menneskelig tilstedeværelse i hele lagerets levetid. Herudover kontinuerlig overvågning. Se ovenfor. Umiddelbar adgang til den enkelte affaldsenhed og til faciliteten som helhed. Dette medfører større risiko for utilsigtet indtrængen (terror eller uheld). Det må forventes at myndighederne med tiden kan stille ændrede krav til driften på lageret.	Passiv sikkerhed baseret på et multibarriere-system. Overvågningsprogram skal etableres. Se ovenfor. Affaldsenhederne og faciliteten er ikke umiddelbart tilgængelige, men kan i et reversibelt depot tilgås, hvis det ønskes. Et depot har flere fysiske og kemiske barrierer

Alt andet lige vil et uheld, fx flystyrt, i lageret forårsage større udslip og doser til mennesker og miljø, fordi der er færre fysiske og kemiske barrierer i et mellemlager end i et depot. Drift og færdsel i et mellemlager indebærer i sig selv en større risiko for uheld, både konventionelle og radiologiske. Drift og vedligehold påfører doser til personalet. Overvågning forventes ikke at give doser til personalet. Ulemper for kommende generationer, fx i form af behov for ompakning af affaldsbeholdere med medfølgende doser til personale. Tab af institutionel kontrol kan i værste fald føre til spredning af radioaktivt materiale til omgivelserne. Tab af kompetencer vedr. håndtering af radioaktivt affald i Danmark er en reel risiko, da der ikke eksisterer nuklear industri og ikke længere er større forskningsprogrammer, som omfatter det nukleare område.	end et mellemlager. Derfor er risikoen for spredning af radioaktivt materiale ved uheld (fx flystyrt) i et slutdepot mindre end ved uheld i et mellemlager. Overvågning medfører ingen doser. Overvejelser om fortsat overvågning overladt til kommende generationer. Kræver ikke institutionel kontrol. Hvis der vælges et depot af den <i>reversible</i> type, er det vigtigt, at kompetencer vedr. håndtering af radioaktivt affald opretholdes, i fald man på et tidspunkt ønsker fx at udtage affaldet eller dele heraf.
Tidshorisont	
Et på forhånd fastsat tidsrum op til 100 år. Efter mellemlagring skal affaldet iht. Affaldsdirektivet/IAEA placeres i et depot. Medio 2015 skal de enkelte landes langsigtede planer for det radioaktive affald, iht. Affaldsdirektivet (Rådets direktiv 2011/70/EUROTOM af 19. juli 2001), angives.	Når affaldet er placeret i et depot er det i princippet ikke meningen, at det fjernes igen. Når det meste af aktiviteten i depotet er henfaldet, kan man vælge at klassificere depotet som et konventionelt affaldsdepot. Alt efter affaldet kan dette dog først ske efter hundreder eller op til tusinder af år. Medio 2015 skal de enkelte landes langsigtede planer for det radioaktive affald, iht. affaldsdirektivet, angives.
Dosistilskrivning i løbet af facilitetens eksistens	
Dosistilskrivningen stammer fra konditionering af affaldsenheder, overførsel til mellemlager, løbende ompakning, vedligehold af anlæg, overførsel til slutdepot. Højere kollektiv dosistilskrivning end ved	Dosistilskrivning stammer fra konditionering af affaldsenheder og overførsel til depot.

slutdepot.	
Udgifter	
Forberedende og indledende arbejder. Lokalisering, konstruktion og opførelse af mellemlager (herunder sikkerhedsanalyser og -vurderinger, miljøvurderinger, høringer, tilladelser m.v.) Der er omkostninger forbundet med pakning af beholdere. Overførelse af viden om det radioaktive affald på mellemlageret. Overførsel af affaldet fra nuværende lagre til mellemlager Drift af mellemlageret i fx 100 år (personale, vedligeholdelse m.v.) Uddannelse og vedligeholdelse af kompetencer hos personale. I Danmark eksisterer der ikke længere uddannelse på højt niveau inden for drift af nukleare anlæg. Evt. overvågning af omgivelserne omkring mellemlageret Design og konstruktion af slutdepot efter endt mellemlagring. Overførsel af viden om det radioaktive affald. Overførsel af affaldet til slutdepot fra mellemlager og dekommissionering af mellemlager. De samlede udgifter til langsigtet løsning vil være højere end ved slutdepot.	Forberedende og indledende arbejder. Lokalisering, konstruktion og opførelse af slutdepot (herunder sikkerhedsanalyser og -vurderinger, miljøvurderinger, høringer, tilladelser m.v.). Højere initialomkostninger i forhold til mellemlager. Der er omkostninger forbundet med pakning af beholdere. Overførsel af viden om det radioaktive affald i depotet. Overførsel af affaldet fra nuværende lagre til slutdepot. Overvågning af omgivelserne omkring slutdepot i en nærmere fastsat periode. Overførsel af viden om slutdepotet og det radioaktive affald til kommende generationer.
Internationale erfaringer	
Kun et enkelt land, Holland, har langtidsmellemlagring som national strategi. Hollands langtidsmellemlager har eksisteret siden 2003.	Adskillige lande har etableret slutdepoter til lav- og mellemaktivt affald. I Europa gælder det bl.a. Finland, Norge, Sverige, Tyskland, Storbritannien, Frankrig, Spanien, Tjekkiet og

Alle lande med nukleare anlæg har faciliteter til kortere opbevaring af affaldet før deponering.	Ungarn. Flere lande i Europa (bl.a. Sverige, Finland og Frankrig) har planlagt og udvikler depoter til langlivet affald (primært brugt brændsel).
Affaldsbeholdere	
Der findes ikke krav til affaldsbeholdere på et eventuelt dansk mellemlager. De danske beholdere er alene myndighedsgodkendt til den nuværende opbevaring. Det må forventes at der løbende skal foregå vedligehold og ompakning af beholderne.	Der findes ikke krav til affaldsbeholdere på et eventuelt dansk Slutdepot. De danske beholdere er alene myndighedsgodkendt til den nuværende opbevaring. Det forventes at størstedelen af beholderne kan bruges umiddelbart i et eventuelt dansk slutdepot.
Argumenter for faciliteten	
Der afventes en større mængde affald Der forskes (i udlandet) i muligheden af en anden anvendelse af brugt brændsel. Det er opfattelsen på nuværende tidspunkt, at der ikke er genanvendelsesmuligheder i affaldet. Offentlig accept: Ved valg af mellemlager konceptet indtil slutdeponering vil man fx føle større tryghed ved at vide, at der er menneskelig tilstedeværelse og -overvågning ved mellemlageret.	Risikoen for spredning af radioaktivt materiale ved uheld er mindre for et slutdepot. Ingen risiko ved tab af institutionel kontrol. Sikkerheden afhænger ikke af menneskelig tilstedeværelse. Generationerne, der har produceret affaldet, rydder op efter sig selv. Økonomisk mere fordelagtigt Offentlig accept: Ved valg af slutdepotkonceptet vil man fx føle større tryghed ved at vide at sandsynligheden for uheld på anlægget er mindre end ved et mellemlager og ved at vide at anlægget er baseret på passiv sikkerhed og ikke kræver menneskelig tilstedeværelse.

Tabel 10.1. Forskelle og ligheder mellem mellemlager og slutdepot.

For at belyse relationerne mellem mellemlager- og slutdepot-forholdene i Europa, er der sammenstillet informationer fra en række lande i Bilag 3. Skemaet viser, at alle de medtagne lande har foreløbige lagre, helt overvejende på terrænoverfladen. Det viser desuden, at alle lande enten har slutdepoter eller planlægger etablering af slutdepoter for lav- og

mellemaktivt affald. Det er tidligere nævnt, at det kun er Holland, som har en national strategi, hvori et langtidsmellemlager indgår.

10.3 Generelle forhold

Et mellemlager forventes at skulle placeres terrænnært, hvilket er hensigtsmæssigt, da det er et midlertidigt lager, hvorfra en del af affaldet skal flyttes til et slutdepot efter en årrække.

Mellemlageret skal imidlertid overholde forskrifter angående risiko for forurening og lækage ved drift, uheld og tab af institutionel kontrol. Til dette formål må betydningen af en række ydre omstændigheder og mulige barrierer vurderes, bl.a. terrænforhold, overfladegeologi og vandmiljø. Da 99 % af det danske drikkevand kommer fra grundvand, og befolkningens vandforsyning skal holdes fri fra forurening, har dette en særlig stilling i Danmark. I forbindelse med en vurdering af en mulig placering af et mellemlager, skal der foretages både en MiljøVurdering af planen for mellemlageret (MV) og en Vurdering af mellemlagerets Virkning på Miljøet (VVM), hvor relevante krav over for en påvirkning af det ydre miljø skal iagttages (Miljøministeriet, 2006, 2013a, 2013b).

Der fordres også overvejelser angående risiko for ydre uheldspåvirkninger på mellemlageret. Det kan fx være oversvømmelser, artesisk grundvand, jordskælv, flystyrt og terrorhandlinger, som meget vel kan tænkes at være særligt betydningsfulde ved et overfladenært mellemlager.

Det er vanskeligt at vurdere udviklingen i det danske samfund og i vores omgivelser i løbet af de næste 100 år og ingen kan garantere, hvordan denne udvikling vil forløbe. Derfor bør der ved lokalisering, design og bygning af et mellemlager overvejes, hvordan de tre mulige scenarier for strålingsrisiko fra affaldet i mellemlageret skal varetages. De tre scenarier er hhv. *normal drift, interne og eksterne uheld og tab af institutionel kontrol*. Dette skal medvirke til, at der er taget højde for alle opståede situationer, som mellemlageret skal kunne modstå. Samtidig sikres det, at kommende generationer overdrages det bedst tænkelige udgangspunkt for videre behandling af affaldet.

Ved normal drift forventes risikoen for stråling fra mellemlageret at være begrænset. Det samme er tilfældet ved de fleste uheld, når der er overvågning og personale til stede til at tage vare på spild ved uheld i lageret og dets omgivelser. Imidlertid er mellemlageret, som forventes beliggende terrænnært, sårbart overfor fx uheld ved flystyrt, oversvømmelser og jordskælv, alt efter lokalisering, samt situationer skabt ved terrorisme og uautoriseret indtrængen i mellemlageret.

Den mest kritiske situation er risikoen for tab af institutionel kontrol i løbet af den 100 år lange periode, hvor mellemlageret skal være i funktion, inden affaldet overgår til et slutdepot. Det vil sige, at der kan opstå en tilstand, hvor mellemlageret mister politisk bevågenhed og økonomiske, kompetencemæssige og personalemæssige ressourcer nedprioriteres/tages på grund af fx uforudsete, ustabile forhold eller ved løbende besparelser, hvilket påvirker tekniske, sikkerhedsmæssige og organisatoriske forhold ved mellemlageret. Tab af institutionel kontrol kan således medføre ulemper for kommende generationer, fx i form af behov for tidligere ompakning af affaldsbeholderne med medfølgende doser til personale eller i værste fald føre til spredning af radioaktivt materiale til omgivelserne.

For eksempel kan tab af institutionel kontrol ved indskrænkning af kompetencer (både hos operatør og myndigheder) være af væsentlig betydning. Driften af et mellemlager vil stille betydeligt mindre krav til kompetencer end driften og afviklingen af de nuværende anlæg gør. Opretholdelse af nødvendige og tilstrækkelige kompetencer hos både operatør og myndigheder vil derfor være en særlig udfordring, jvf. også afsnit 8.1.

Derfor skal det overvejes, hvordan det omgivende miljø kan medvirke til at nedsætte risikoen for spredning. Tab af institutionel kontrol vil også påvirke de aktiviteter, der skal føre til etablering af et slutdepot og overførsel af affaldet hertil.

Ved etablering af et mellemlager vil der være forventning om, at den institutionelle kontrol vil kunne eksistere og bevares intakt i hele mellemlagerets funktionsperiode, uden at dette dog kan garanteres, bl.a. på grund af det lange tidsrum. Det skal allerede ved mellemlagerets

etablering vurderes, hvorledes der sikres en optimal institutionel kontrol fx gennem lovgivning, ejer- og ledelsesforhold, organisation, dokumentation og overvågning.

Det er arbejdsgruppens opfattelse, at det er muligt at lokalisere og etablere et langtidsmellemlager i Danmark, hvor myndighedernes sikkerhedskrav kan overholdes inden for en 100 års periode. I Danmark er der ca. 50 års erfaring med sikker håndtering og opbevaring af radioaktivt affald, dels affald fra forsøg udført i forbindelse med aktiviteterne på Risø området og dels radioaktivt affald fra forskning, industri og hospitaler i det danske samfund. De nødvendige kompetencer er således på nuværende tidspunkt til stede i forhold til at kunne varetage en langsigtet håndtering af det radioaktive affald i Danmark.

Samarbejde med relaterede institutioner i udlandet, deltagelse i internationale fora samt deltagelse i videnskabelige konferencer og seminarer har altid indgået som en naturlig og nødvendig del af arbejdet med radioaktivt affald i Danmark både for de nationale nukleare myndigheder og for ansatte ved Forsøgsstation Risø og Dansk Dekommissionering. Internationalt samarbejde vil også i fremtiden være en nødvendig del af kompetencevedligeholdelsen.

Mellemlageret skal være åbent hele perioden på op til ca. 100 år, hvorfor nyt affald fra fx hospitaler og forskningsinstitutioner kan tilføjes. Omkring mellemlageret skal der være en hensigtsmæssig organisation med ansatte med kompetencer til at varetage administrationen, driften og udviklingen m.m., hvilket er en anden situation end ved et slutdepot, hvor der kun forventes få tilknyttede ansatte i en begrænset tidsperiode. De ansattes kompetencer skal til stadighed vedligeholdes og udvikles, da det bl.a. må forventes, at mellemlagerets stab skal medvirke ved lagerets dekommissionering og affaldets overførsel til et slutdepot.

Der skal tages politisk stilling til, hvorvidt Danmark i en periode skal fortsætte bestræbelserne på at finde en international løsning for dele af – eller alle – affaldsfraktioner. Parallelt skal der tages stilling til slutdeponering af de affaldsfraktioner, for hvilke det ikke er muligt at finde en international løsning.

Der skal endvidere tages stilling til om mellemlagerperioden kan/skal afkortes, hvis særlige forhold opstår/forudses at opstå inden for en tidshorisont, der tillader etablering af et slutdepot. Endelig skal der tages stilling til forløbet, der skal lede til etablering af slutdepot – hvem skal være ansvarlig, hvordan skal arbejdet forløbe, hvad skal der gøres, osv..

Beskyttelse af fremtidige generationer kan sikres gennem etablering af en tilpas robust og dimensioneret konstruktion samt implementering af myndighedskrav til beskyttelse og sikkerhed. Ikke desto mindre pålægger krav til overvågning og vedligehold, som er væsentlige elementer for at opretholde sikkerhed, samt sikring (beskyttelse imod uønsket indtrængning) fremtidige generationer en byrde.

Et mellemlager giver fremtidige generationer indflydelse på beslutninger om håndtering af radioaktivt affald.

Forventningen om fremkomst af teknologier, der kan bruges til at reducere indholdet af langlivet aktivitet, vurderes pt. af flere organisationer (bl.a. Western European Nuclear Regulators Association, WENRA) til at være uden basis i faktuelle forhold, i det mindste inden for en 100 års tidshorisont.

10.4 Sikkerhed

Der skal foretages sikkerhedsanalyser og -vurderinger i forhold til de dosistilskrivninger, som personalet ved mellemlageret kan blive udsat for i løbet af de 100 år bl.a. ved ompakning af tromler m.m., ligesom der skal foretages sikkerhedsanalyser og -vurderinger i forhold til andre interne og eksterne faktorer, som kan påvirke mellemlageret eller som mellemlageret kan påvirke.

Sikkerhedsforholdene skal beskrives i sikkerhedsvurderingerne for mellemlageret (Safety Assessment) (IAEA, 2013). Herunder skal der også kunne tages stilling til om det lokaliseringsspecifikke grundlag lever op til forskrifterne.

10.5 Drift

Drift af et mellemlager skal finde sted i hele mellemlagerets levetid, således at der sikres gennemførelse af alle opgaver, som er relevante for en forsvarlig varetagelse af mellemlageret. Desuden skal mellemlageret også tage vare på alt nyt affald fra hospitaler, forskning og industri samt eventuelt nyt NORM-affald, hvis det vedtages, at mellemlageret skal tage sig af sidstnævnte affaldstype.

Driften af et mellemlager vil kræve ressourcetilførsel i mindst 100 år i form af fx løn- og driftsudgifter til personale (registrering og databaselagring af affaldsdata, dokumentation af sikkerhedsforskrifter, information til offentligheden, adgangskontrol), udgifter til udstyr, driftsudgifter til bygningsvedligeholdelse, driftsudgifter til eventuel behandling og lagring af nyt affald, ompakning af affaldet (hvis nødvendigt), overvågning internt og eksternt og rapportering heraf, forarbejde til dekommissionering af mellemlageret efter de 100 år, herunder planer for bygning af slutdepot, transport af affald m.m.

10.6 Tidsramme og tiden efter mellemlageret

Etablering af et mellemlager afstedkommer overvejelser angående de tekniske forhold i relation til den fastsatte periode. Perioden må fra starten være fastsat således, at lokalisering, design, bygning, drift, organisation og dekommissionering kan planlægges nøje. Det er vigtigt at have et klart defineret ejerskab og ansvar for opretholdelse af sikkerhed og strålebeskyttelseskrav, også efter lagringsperiodens ophør.

Af hensyn til mellemlagerets fremtidige sikkerhed er det nødvendigt med finansiell, samfundsmæssig og politisk engagement og forpligtelse, således at organisation, ekspertise til drift og overvågning kan bevares i mellemlagerets levetid. Det er vigtigt, da der vil være risiko for tab af institutionel kontrol i løbet af en 100 års periode. Da mellemlageret er planlagt til en bestemt levetid, vil en udstrækning af denne ud over den fastsatte være en ny situation med nye usikkerheder, som kræver, at fremtidige generationer har værktøjer til beslutninger herom og således måske kan/vil fastlægge en ny strategi (IAEA, 2003a, OECD, 2006). Det bør

derfor specifikt vurderes, hvad de sikkerhedsmæssige konsekvenser af lagring udover de maksimale 100 år, ved forskellige scenarier (fx uden kontrol, uden nødvendige eller tilstrækkelige kompetencer osv.), vil være.

10.7 Lukning

Et mellemlager skal forventeligt dekommissioneres efter endt funktionsperiode.

10.8 Organisation

IAEA mf's anbefalinger fra 2006 (IAEA, 2006,b) peger på en tredeling af aktører inden for ansvar og drift for nukleare anlæg: Regeringen, en uafhængig tilsynsmyndighed, og en operatør, som er ansvarlig for den daglige drift og sikkerhed.

Det vil således være hensigtsmæssigt, at der etableres en organisation til at varetage og drive mellemlageret, som kan omfatte følgende:

- a. Ansvarligt ministerium.
- b. En uafhængig kontrolenhed/myndighed (Direktivet, 2013).
- c. Driftsenhed/operatør som har ansvaret for den daglige funktion og sikkerhed af mellemlageret i hele dets levetid.
- d. Det kan også være hensigtsmæssigt, at lade mellemlageret være reguleret af sin egen lov, således at der sikres kontinuitet i hele lagerets 100 års eksistens, uafhængig af skiftende regeringer og ministerier. Der kunne fx være tilknyttet en bestyrelse.
- e. Ledelse og medarbejdere: Der skal tages stilling til ledelse, funktioner, organisering og behov for ressourcer og kompetencer.

10.9 Samlede udgiftsposter til et mellemlager

Indledningsvist vil der være udgifter til:

- Planlægning af det videre forløb
- Mellemlagerstudier og miljøvurdering
- Udpegning af mulige lokaliteter
- Detaljerede feltundersøgelser på lokaliteterne
- VVM-proces og skitseprojektering

Etablering og drift:

De samlede udgifter til et langtidsmellemlager vedrørende udformning, etablering, drift og afvikling skal beregnes for hele dets levetid. En mere præcis budgettering skal gennemføres i et af de efterfølgende mellemlagerstudier. Den økonomiske opgørelse vil bestå af følgende hovedelementer:

Engangsudgifter:

Arealerhvervelse

Detaljeret design- og udbudsmateriale

Bygning og indretning af mellemlager og supplerende bygninger

Omkostninger til den indledende konditionering.

Driftsudgifter:

Lønudgifter til personale:

- Lønudgifter til personale samt evt. udgifter til bestyrelse og eksterne faglige review.

Driftsudgifter til personale:

- Kontorhold (computere mv.), tjenesterejser, uddannelse, dokumentation, information og adgangskontrol.

Udgifter til løbende arbejde og bygninger:

- til bygningsvedligeholdelse, vedligehold og udskiftning af maskiner, mv.
- til behandling af nyt affald og evt. ompakning af gammelt, herunder frigivelse af affald.
- til løbende konditionering af materialer, hvor emballagerne ikke længere er holdbare.
- til dokumentation af sikkerhedsforskrifter og overvågning.

Lukning og dekommissionering:

- Udgifter til planlægning af lukning og dekommissionering
- Udgifter til planlægning og etablering af slutdepot samt flytning af affald.

10.10 Mellemlagerstudier

For de forskellige aspekter ved lokalisering, sikkerhed, drift og økonomiske forhold skal der foretages detaljerede studier, som kaldes mellemlagerstudier (se kapitel 11).

10.11 Forskning

Med sigte på etablering af et slutdepot anbefales det at oprette et forskningsprogram, således at ekspertise til deponering, håndtering og opbevaring kan vedligeholdes og forbedres. Forskning foregår allerede i andre lande, og et dansk program kunne følge samme opbygning og model som fx i Holland og Belgien. Forskningsprogrammet vil også medvirke til et kompetenceløft til personalet ved mellemlageret.

10.12 Sammenfatning

- Det er muligt at lokalisere og etablere et sikkert langtidsmellemlager i Danmark, hvor de opstillede sikkerhedskrav forventes overholdt igennem en 100 års periode.
- Mellemlageret skal antagelig placeres terrænnært.
- Et mellemlager og et slutdepot er forskellige ved, at mellemlageret skal have bemanding og driftsbudget i en 100 årsperiode, hvorefter der vil være udgifter til dekommissionering og overførsel af affaldet til et slutdepot.

- Det er nødvendigt at udføre detaljerede studier i form af sikkerhedsanalyser og -vurderinger, lokaliseringsforhold, organisation, drift samt økonomiske udgifter til hele projektet, som grundlag for en etablering af et mellemlager.
- Etablering og drift af et mellemlager er omkostningstungt og sammenlagt med omkostninger til et senere slutdepot en betragtelig ekstra udgift for det danske samfund.

11 DEN VIDERE PROCES FOR ETABLERING AF ET MELLEMLAGER

En beslutning om eventuelt at fortsætte ad sporet med etablering af et mellemlager sker i en politisk proces i Regeringen og Folketinget. Nedenfor er beskrevet en mulig proces for etablering af et mellemlager. Såfremt det besluttet at fortsætte ad dette spor skal der ske en nærmere beslutning om elementerne i den videre proces.

Processen, som er beskrevet i dette afsnit, indeholder en række forskellige delopgaver, som skal udføres frem til et mellemlager står færdigt, og alt affaldet er overført til det. Forslaget indeholder en række overordnede forudsætninger, som skal opfyldes.

Hele projektet og delprocesserne ledes overordnet af det ansvarlige ministerium. Den samlede proces kan opdeles i en række delopgaver, defineret i tre overordnede perioder, som vist i figur 11.1. Mellemlagerstudierne er indeholdt i lokaliseringsfasen i tabellen.

Perioder	Lokaliserings- og byggeperioden		Den operative periode		Lukning og affaldstransport til slutdepot	
	Lokalisering	Bygning	Lagring	Drift	Transport	Dekommissionering

Figur 11.1: Overordnet plan for perioder og aktiviteter for et mellemlager.

I lokaliserings- og byggeperioden gennemføres planlægning og lokalisering af egnede steder til placering, og generelle krav og specifikationer til mellemlageret fastlægges, inklusiv til udformning og bygning af mellemlageret. Der skal udføres undersøgelser og studier, og der udvælges en egnet lokalitet. Indholdet af undersøgelser og studier er nærmere beskrevet i afsnit 11.1 og fremefter.

Lokaliseringsprocessen sættes først i gang, når der foreligger en politisk beslutning om at undersøge mellemlagersporet.

Efter vedtagelse af mellemlagersporet skal der detailprojekteres, og mellemlageret bygges. Endelig foregår transporten af affaldet fra Risø til det etablerede mellemlager samt selve lagringen.

I det lange tidsrum (op til 100 år) foretages drift af mellemlageret i et omfang, som tidligere er beskrevet. Efter de ca. 100 år foretages nedlukning, og nedpakning af mellemlageret, hvorefter affaldet transporteres til et slutdepot. Mellemlageret dekommissioneres og affald herfra transporteres til slutdepotet. Denne periode beskrives ikke nærmere i dette beslutningsgrundlag og må tages op på et senere tidspunkt. Tilsvarende vil det være relevant at tage stilling til hvilke forhold, der kan føre til beslutning om ophør inden for perioden op til 100 år.

For hvert led i processen skal der gives undersøgelses-, bygge-, drifts- og nedlukningstilladelse af relevante myndigheder. I driftsfasen overvåges mellemlageret for at sikre, at det lever op til de gældende sikkerhedskrav. Der vedligeholdes et arkiv med oplysninger om, hvor mellemlageret har været beliggende, dets indretning og dets indhold af radioaktivt materiale.

Beslutning om placering af et mellemlager kan lovgivningsmæssigt træffes ved anvendelse af en projekteringslov efterfulgt af en anlægslov. I det følgende er det antaget, at der arbejdes videre med denne model.

11.1 Lokalisering

Denne fase består af: Planlægning, mellemlagerstudier, udarbejdelse af plan for projektet, miljøvurdering og udpegning af mulige lokaliteter.

11.1.1 Planlægning

Efter beslutningen om et mellemlager er truffet, gennemføres indledningsvis en planlægningsfase, hvor de forskellige delelementer af lokaliseringsfasen fastlægges nærmere.

Formålet med denne fase er at etablere en detaljeret plan for processen. Behovet for menneskelige og finansielle ressourcer samt materiale og udstyr skal estimeres så godt som muligt, herunder økonomi for mellemlagerstudierne og miljøvurderingen.

Ansvarsfordelingen for opgaverne skal fastlægges, og der skal udarbejdes en overordnet tids- og aktivitetsplan. Da der gennem processen skal træffes mange beslutninger, og kontinuiteten og kvaliteten af arbejdet skal sikres, anbefales det, at der nedsættes to grupper, hhv. en projekt- og en følgegruppe. Projektgruppen forestår de fire mellemlagerstudier, herunder lokaliseringen af mellemlageret. Følgegruppen – med repræsentanter fra relevante myndigheder – rådgiver om gennemførelsen. Følgegruppen bør som minimum indeholde repræsentanter fra de myndigheder og organisationer, der deltager i den eksisterende Tværministerielle Arbejdsgruppe (se Forord), samt relevante kommunale myndigheder. Projektgruppen udarbejder en projekthåndbog for de forskellige studier og opgaver inden for mellemlagerstudierne.

Endvidere skal de nærmere forhold omkring involvering og information til offentligheden og interessenter beskrives.

11.1.2 Mellemlagerstudier

Mellemlagerstudierne skal uddybe en række punkter, som er nødvendige at få afklaret for at kunne gå videre i processen med et mellemlager. Der er fire parallelle studier. Tre studier omhandler hhv. lokalisering, sikkerhedsanalyser og -vurderinger og drift. Det fjerde studie skal give et overslag på prisen af de tre første.

Studie 1. Lokalisering af et mellemlager.

Lokaliseringskriterierne for et mellemlager adskiller sig fra de tilsvarende for et slutdepot, da sikkerheden garanteres ved forskellige barrierer. Da den aktive kontrol, overvågning og vedligeholdelse er en væsentlig, aktiv barriere ved mellemlageret har de naturgivne barrierer alt andet lige mindre betydning. Det betyder, at flere lokaliteter potentielt er mulige i forhold til placering af et mellemlager. Det betyder samtidig, at det vil være nødvendigt på et tidligt

tidspunkt at definere, hvilke kriterier, der skal lægges til grund – også ud over de teknisk faglige – og med hvilken vægt. Tilsvarende er det vigtigt på et tidligt tidspunkt at beslutte, hvilke interessenter der skal inddrages i processen, og på hvilken måde.

Lokaliseringen kan herefter bygge på en overordnet ramme, hvor der foretages en kortlægning på landsplan baseret på en række overordnede kriterier (se afsnit 8.6), som kan medvirke til at styre udenom områder, som det er uhensigtsmæssigt at inddrage i processen, men også pege på områder, som *bør* indeholdes i det videre arbejde. Kriterierne skal anvendes for at sikre,

- at lageret er stabilt,
- at det er sikret mod omgivelserne,
- at der ikke kan forårsages udsivning af radioaktivt materiale til mennesker, dyr og miljø ved uheld eller ved tab af institutionel kontrol, og
- at lageret også er sikkert ved naturligt forekommende uheld, som fx oversvømmelser.

Mellemlagerstudierne skal således pege på en robust metode til en lokaliseringsproces, hvor de involverede delelementer vurderes nøje. De kan bestå af:

- a. Vurdering og specificering af overordnede grundkriterier
- b. Vurdering og specificering af supplerende parametre
- c. Kortlægning af overordnede kriterier med identificering af mulige områder
- d. Vurdering af områderne i forhold til supplerende parametre
- e. Udpegning af et antal områder

Studierne afsluttes med en eller flere rapporter.

Studie 2. Sikkerhedsanalyser og -vurderinger

Der skal foretages sikkerhedsanalyser og -vurderinger, som overordnet demonstrerer, at kravene om beskyttelse af mennesker og miljø mod skadelige virkninger af ioniserende stråling er overholdt. Der vil ikke blive foretaget generiske sikkerhedsanalyser, men kun lokalitets-

specifikke sikkerhedsanalyser og -vurderinger med inddragelse af relevante konklusioner fra slutdepot-forstudierne.

Resultaterne af sikkerhedsanalyserne og -vurderingerne vil give et sæt kravspecifikationer i form af krav til konstruktion, indretning, materialer, monitorering, drift, vedligeholdelse og afstand til naboer. Der kan inddrages overvejelser om behov for at sikre et regelsæt på højt niveau med henblik på at sikre opretholdelse af et tilstrækkeligt sikkerhedsniveau (modvirke en gradvis svækkelse).

Opgaven afsluttes med en eller flere rapporter.

Studie 3. Drift af et mellemlager

Til forskel fra et slutdepot skal der til et mellemlager etableres en organisation, som skal fungere i op til 100 år, mindst svarende til mellemlagerets driftsperiode. Kravene til en sådan mellemlager-organisation og dens drift beskrives nærmere.

Opgaven afsluttes med en eller flere rapporter.

Studie 4. Udgifter til etablering og drift af et mellemlager

Der skal udarbejdes et økonomisk overslag for et eller flere mellemlager-koncepter. I det økonomiske overslag skal bl.a. indgå udgifter til de poster, som er beskrevet i kapitel 10. Da mellemlagerstudierne vil blive et centralt beslutningsgrundlag, er det vigtigt, at prissætningen er realistisk.

Opgaven afsluttes med en rapport.

Resultater af mellemlagerstudier

Resultaterne af mellemlagerstudierne forventes samlet at pege på en eller flere potentielle lokaliteter, hvor et mellemlager muligvis vil kunne etableres. Resultaterne beskrives nærmere i en eller flere rapporter.

På baggrund af de udførte mellemlagerstudier og en nærmere beskrivelse af de omgivelser, der kan blive berørt ved hver enkelt lokalitet og hvilke konkrete karakteristika, der forventes at knytte sig til et mellemlager i de enkelte områder, orienteres Folketinget og rapporterne offentliggøres.

Første udkast til planen for mellemlager-opgaven, udarbejdes. Planen skal miljøvurderes. Der udarbejdes en rapport.

Det er arbejdsgruppens anbefaling, at der udpeges ansvarlige for de enkelte mellemlagerstudier omkring sikkerhedsanalyser, -vurderinger og økonomi. Det vil være hensigtsmæssigt, at DD og GEUS deltager i disse studier.

11.1.3 Miljøvurdering

På baggrund af beslutningsgrundlag og mellemlagerstudier m.m. foretages en miljøvurdering (MV) af den plan, der er etableret for mellemlager projektet i henhold til Bekendtgørelse af Lov om miljøvurdering af planer og programmer (Miljøministeriet, 2013a). Først udføres et scoping-studie, og derefter udarbejdes en miljørapport, som omhandler en eller flere potentielle lokaliteter. Rapporterne sendes i offentlig høring.

11.1.4 Samlet vurdering

På baggrund af beslutningsgrundlag, mellemlagerstudier, miljøvurdering og plan udpeges et eller flere områder til fortsat behandling inden for en projekteringslov. Det er Regeringen og Folketinget som beslutter, hvilke lokaliteter der skal indgå i processen.

11.2 Projekteringslov og Anlægslov

Det ansvarlige ministerium skal derefter stå for den efterfølgende proces, hvor der først udarbejdes og vedtages en projekteringslov og derefter en anlægslov til selve byggeriet.

Projekteringslov

Projekteringsloven baseres på mellemlagerstudier og miljøvurdering og dens endelige indhold forelægges Folketinget til vedtagelse.

Projekteringsloven vil fastlægge arealreservationer for de lokaliteter, der er fundet egnede som mulige placeringer for et mellemlager. Projekteringslovens arealreservationer vil udgøre bindende retningslinjer for den kommunale planlægning og administration efter planloven. Med hjemmel i den vedtagne lov vil feltundersøgelser igangsættes på de udpegede lokaliteter.

Der vil i forbindelse med projekteringsloven skulle udføres relevante detaljerede feltundersøgelser inden for en eller to lokaliteter. Undersøgelsernes emner og omfang skal tilpasses de behov, som der vil være på de udpegede lokaliteter, og de skal bl.a. demonstrere, hvorvidt lokaliteterne specifikt kan leve op til de sikkerhedsmæssige og miljømæssige krav, som myndighederne stiller. De indsamlede informationer skal indgå i den senere VVM-undersøgelse.

Under projekteringsloven skal der udarbejdes en VVM (Vurdering af Virkninger på Miljøet) for de relevante lokaliteter, og der skal udføres sikkerhedsanalyser og -vurderinger med brug af seneste data om de lokale forhold.

På baggrund af en samlet vurdering af de udførte feltundersøgelser og studier samt VVM redegørelsen skal der ske indstilling af én lokalitet og af ét koncept for et mellemlager. Regeringen og Folketinget udpeger og vedtager den endelige lokalitet.

Anlægslov

Udarbejdelse af anlægsloven foretages på grundlag af de udførte feltundersøgelser og VVM-vurderinger under projekteringsloven, og de samlede vurderinger til udpegning af den endelige lokalitet.

Når anlægget er vedtaget, skal der gennemføres en detailprojektering. Som en del af dette skal der udarbejdes et udbudsmateriale, så projektet kan udbydes, og anlægsejendomsudbydere

udvælges. Herefter bygges mellemlager på den valgte lokalitet. Affaldet overføres til den nye bygning, og driftsfasen påbegyndes.

11.3 Tentativ tidsramme

Tidsplanen for etablering af et mellemlager er vanskelig at vurdere, da der er en række ukendte parametre, som bl.a. fremkommer ud fra de krav, som myndighederne vil stille til sikkerheden i mellemlageret. Der er flere trin i en godkendelsesproces, fx. vil affaldsaccept-kriterier først kunne udformes og endeligt anvendes, når lageret står færdigt og kan demonstreres at leve op til specifikationer. Myndighedsgodkendelse sker således efter, at de endelige sikkerheds-analyser med tilhørende sikkerhedsvurderinger ligger klar (Safety case).

I Tabel 11.2 er vist det p.t. bedste bud på en tentativ tidsramme for de enkelte delaktiviteter.

Aktivitet	Tentativ tidsramme?
Planlægning af det videre forløb	?Primo 2015 – medio 2015
Udvælgelse af lokaliteter, mellemlagerstudier, plan Miljøvurdering Myndighedsgodkendelse?	Primo 2015 – medio 2016 Medio 2016-medio 2017
Vedtagelse af Projekteringslov	Medio 2017 – primo 2018
Feltarbejde, VVM-proces, valg af lokalitet og skitseprojektering	Primo 2018 – ultimo 2020
Forslag til og vedtagelse af Anlægslov	2019
Detailprojektering og udbud, Myndighedsgodkendelse?	2020
Arealerhvervelse, bygning Etablering	2021 2021-2022
Ibrugtagning efter myndighedsgodkendelse	2022-2023

Tabel 11.2. Skøn af tidsramme for de fremtidige delaktiviteter

Tidsplanen kan medføre, at tidsplanen i Folketingsbeslutning B 48 ikke kan overholdes, afhængig af den tid, der skal bruges til tømning og efterfølgende dekommissionering af de midlertidige lagerfaciliteter, frigivelsesmålinger af området m.v.

Det skønnes, at den indledende opfyldningsperiode, hvor størstedelen af affaldet anbringes i mellemlageret, vil vare omkring et år efter etableringen. Dette inkluderer ikke tiden til forberedelse af affaldet inden det anbringes i depotet. Aktiviteterne i denne periode inkluderer pakning og konditionering af affaldet på Risø.

11.4 Information til – og involvering af offentligheden

Der skal arbejdes aktivt for, at borgere og andre interessenter kan følge arbejdet. Der skal endvidere arbejdes aktivt på at involvere decentrale myndigheder, lokale borgere og interesseorganisationer i processen. Dette sker gennem at:

- Involvere de decentrale myndigheder i processen
- Udarbejde informationsmateriale til bred offentliggørelse og lægge relevant materiale ud på det ansvarlige ministeriums hjemmeside/projektets hjemmeside
- Afholde høringer i forbindelse med lovforslag, MV og VVM
- Oprette et Kontaktforum bestående af relevante NGO'er, Kommunernes Landsforening, Danske Regioner m.fl.
- Afholde borgermøder

Information og involvering sker i et samarbejde mellem det ansvarlige ministerium og projektgruppen. Der udarbejdes en informationsplan, og projektgruppen vil være den udfarende aktør i informationsvirksomheden.

11.5 Granskning af processen

Der vil blive inddraget et uafhængigt internationalt panel af eksperter fx udpeget via International Atomic Energy Agency (IAEA), eller OECDs Nuclear Energy Agency (NEA), for at granske processen og de tekniske forhold omkring etablering af mellemlageret, herunder

sikkerheds-vurderingerne. Dette skal sikre, at kvaliteten af arbejdet lever op til de krav, der stilles internationalt.

11.6 Sammenfatning

- Der er foreslået en proces bestående af en række delprocesser, som kan føre frem til lokalisering, bygning og ibrugtagning af et mellemlager.
- Der er foreslået fire studier – mellemlagerstudierne – som skal gennemføres for at give de nødvendige detaljer angående lokalisering, sikkerhed, drift og økonomi.
- Tidsplanen for hele projektet er vanskelig at fastsætte præcist, da der er en række ukendte parametre, men det skønnes muligt, at mellemlageret kan tages i brug i 2023. Det kan medføre forsinkelse i forhold til forudsætningerne i B 48.

12 AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER

Nærværende beslutningsgrundlag peger på, at det er muligt at etablere et forsvarligt mellemlager til det radioaktive affald fra Risø.

Mellemlageret skal eksistere i op til 100 år, hvorefter affaldet skal i et slutdepot.

Der lægges op til en plan og proces, hvor mellemlagerets design og placering kan leve op til de krav, som myndighederne stiller til sikkerhed i forhold til eventuelle indre og ydre påvirkninger på mellemlageret og mellemlagerets påvirkning på omgivelserne.

Derudover skal planen og designet danne en platform for vores efterkommere, således at deres muligheder for at varetage affaldet på betryggende måde om 100 år sker på den bedst tænkelige måde.

13 LITTERATUR, REGLER OG LOVE

- Broden, K., Carugati, S., Brodersen, K., Ruokola, E. & Ramsøy, T., 2001: Experiences of Storage of Radioactive Waste Packages in the Nordic Countries. NKS-32, 28 sider.
- Buch, E., Bartholdy, J., Gregersen, S., Grauert, M., Hansen, A.W., Højerslev, N., Lastrup, C., Lomholt, S., Kliem, N., Nielsen, J.W., Pedersen, G.K., Risbo, T. & Tscherning, C.C., 2005: TSUNAMI. Risikovurdering for danske, færøske og grønlandske farvande. DMI – Teknisk Rapport no. 0508, 44 sider
- COVRA, 2014: Design and Operational Aspects of the Interim Storage Facility in the Netherlands. Rapport til Dansk Dekommissionering, 31. Januar 2014, 16 sider.
- Dahl-Jensen, D., Voss, P., Larsen, T.B. & Gregersen, S., 2013: Seismic activity in Denmark: detection level and recent felt earthquakes. Geol. Surv. Denm. and Greenl. Bulletin 28, 41-44.
- Dansk Dekommissionering (DD), 2011: Pre-feasibility study for final disposal of radioactive waste. Disposal concepts. Main Report. Udarbejdet af Cowi A/S for DD, 404 sider.
- Dansk Dekommissionering (DD), De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) & Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for strålebeskyttelse (SIS), 2011: Forstudier til slutdepot for lav – og mellemaktivt affald – sammendrag indeholdende hovedkonklusionerne og anbefalinger fra tre parallelle studier. Rapport til den tværministerielle arbejdsgruppe vedr. udarbejdelse af beslutningsgrundlag med henblik på etablering af et dansk slutdepot for lav – og mellemaktivt affald, 44 sider.
- DMI, 2012: Fremtidige klimaforandringer i Danmark. Danmarks Klimacenter rapport 12-04. 14 sider.
- DMI, 2014: Fremtidige klimaforandringer i Danmark. Danmarks Klimacenter rapport nr. 6, 31 sider.
- EU, 2010: Konsolideret udgave af Traktaten om oprettelse af det Europæiske Atomenergifælleskab. 2010/C 84/01, 112 sider.
- Europa-Parlamentet og Rådets direktiv, 2001: Europa-Parlamentet og Rådets direktiv 2001/42/EF af 27. juni 2001 om vurdering af bestemte planers og programmers indvirkning på miljøet, 7 sider.
- Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011a: *Low- and intermediate level radioactive waste from Risø, Denmark. Location studies for potential disposal areas.* 11 rapporter publiceret i GEUS Rapport Serie.

- Gravesen, P., Nilsson, B., Binderup, M. & Pedersen, S.A.S., 2011b: Forstudier: Regional kortlægning: Kriterier og metoder til udvælgelse af 6 områder ud af 22 områder, som kan anvendes til et potentielt slutdepot for Risø's lav-og mellemaktive radioaktive affald. Notat til den Tværministerielle arbejdsgruppe under Indenrigs- og Sundhedsministeriet. GEUS-NOTAT Nr.: 08-EN2011-28, 12 sider.
- Gravesen, P., Binderup, M., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S., Thomsen, H.S., Sørensen, A., Nielsen, O.K., Hannesson, H., Breddam, K. & Ulbak, K., 2011c: Slutdepot for Risø's radioaktive affald. GeoViden, Geologi og Geografi nr. 2, side 2-19.
- Gravesen, P., Nilsson, B., Binderup, M., Larsen, T. & Pedersen, S.A.S., 2012: *Lav-og mellem radioaktivt affald fra Risø, Danmark. Omegnsstudier*. 6 rapporter publiceret i GEUS Rapport Serie.
- IAEA, 1994: Siting of Near Surface Disposal Facilities. Safety Guides. Safety series no. 111-G-3.1, 37 sider.
- IAEA, 1997: Joint Convention on the Safety of Spent Fuel management and the Safe of radioactive Waste management. IAEA information Circular, 35 sider.
- IAEA, 1998: Interim Storage of Radioactive Waste Packages. Technical Report Series No. 390.
- IAEA, 1999: Near Surface Disposal of Radioactive Waste. Requirements. IAEA Safety Standards Series No. WS-R-1, 29 sider.
- IAEA, 2003: Radioactive Waste Management Glossary. 2003 Edition, 54 sider.
- IAEA, 2003a: "The Long Term Storage of Radioactive Waste: Safety and Sustainability", A Position Paper of International Experts, International Atomic Energy Agency, 18 sider.
- IAEA, 2003b: Predisposal Management of Low and Intermediate Level Radioactive Waste. Safety Guide No. WS-G-2.5, 55 sider.
- IAEA, 2003c: Selection of efficient options for processing and storage of radioactive waste in countries with small amounts of waste generation. IAEA-TECDOC-1371, 53 sider.
- IAEA, 2005: Borehole Facilities for the Disposal of Radioactive Waste. Draft Safety Guide DS 335. IAEA Safety Standards Series, 102 sider.
- IAEA, 2006a: Fundamental Safety principles. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Safety Fundamentals No. SF-1, 21 sider.
- IAEA, 2006b: Storage of Radioactive Waste. Safety Guide. No. WS-G-6.1, 55 sider.

- IAEA, 2009a: Borehole Facilities for Radioactive Waste. Safety Standards Series, SSG-1, 98 sider.
- IAEA, 2009b: Predisposal Management of Radioactive Waste. General Safety Requirements Part 5. No. GSR Part 5, 38 sider.
- IAEA, 2009c: Classification of Radioactive Waste. IAEA Safety Standards No. GSG-1. 48 sider.
- IAEA, 2009d: Safety Assessment for Facilities and Activities. General Safety Requirements Part 4. No. GSR PART 4. 40 sider.
- IAEA, 2012: Peer Review of the Radioactive Waste Management Activities of COVRA, Netherlands. November - December 2009, Borssele, Netherlands. IAEA Safety Standards Application Series No. 8, 59 sider.
- IAEA, 2013: The Safety Case and Safety Assessment for the Predisposal Management of radioactive Waste. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment, General Safety Guide No. GSG-3, 151 sider.
- IAEA, 2014: Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste. Specific Safety Guide No. SSG-29, 103 sider.
- ICRP, 2007: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, Ann. ICRP 37 (2-4).
- Indenrigs- og Sundhedsministeriet, 2005: Slutdepot for radioaktivt affald i Danmark. Hvorfor? Hvordan? Hvor?. Juni 2005, 18 sider.
- IPCC, 2013: Klimaforandringer 2013: Det naturvidenskabelige grundlag. Sammendrag for beslutningstagere. Bidrag fra arbejdsgruppe I til IPCC's femte hovedrapport (oversat af DMI), 27 sider.
- Miljøministeriet, 2006: Vejledning om miljøvurdering af planer og programmer. Skov- og Naturstyrelsen, 58 sider.
- Miljøministeriet, 2006: Bekendtgørelse om lov om aktindsigt i miljøoplysninger. LBK nr. 660 af 14/06/2006, 10 sider.
- Miljøministeriet, 2007: Bekendtgørelse om udpegning og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter 1). BEK nr. 408 af 1/05/2007, 26 sider.
- Miljøministeriet, 2009: Bekendtgørelse af lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven). LBK nr. 932 af 24/09/2009, 11 sider.

- Miljøministeriet, 2010: Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse. LBK nr. 879 af 26/06/2010, 52 sider.
- Miljøministeriet, 2011: Vejledning til bekendtgørelse nr. 408 af 1 maj 2007, juni 2011, 61 sider.
- Miljøministeriet, 2013a: Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer. LBK nr. 939 af 03/07/2013, 10 sider.
- Miljøministeriet, 2013b: Bekendtgørelse om vurdering af visse offentlige og private anlægs virkning på miljøet (VVM) i medfør af lov om planlægning. BEK nr. 1654 af 27/12/2013, 14 sider.
- Miljøministeriet, 2013c: Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse. LBK nr. 951 af 03/07/2013, 23 sider.
- Miljøministeriet, 2013d: Bekendtgørelse af lov om vandforsyning m.v.. LBK nr. 1199 af 30/09/2013., 24 sider.
- Miljøministeriet, 2013e: Bekendtgørelse af lov om planlægning. LBK nr. 587 af 27/05/2013, 37 sider.
- Miljøministeriet, 2014: Analyse af IPCC delrapport 2. Effekter, klimatilpasning og sårbarhed – med særlig fokus på Danmark. Naturstyrelsen og CRES, 53 sider.
- Ministeriet for Sundhed og forebyggelse, 2008: Beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald. Udarbejdet af en arbejdsgruppe under Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse (tidligere Indenrigs- og Sundhedsministeriet), november 2008, 48 sider + to appendiks
- Ministeren for Sundhed og Forebyggelse, 2009: Redegørelse om Beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald. Præsenteret for Folketinget. Januar 2009, 13 sider.
- Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse, 1953: Lov om brug m.v. af radioaktive stoffer. Lov nr. 94 af 31/03/1953, 2 sider.
- Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse, 1962: Lov om nukleare anlæg (atomanlæg). (Atomanlægsloven). Lov nr. 170 af 16/05/1962, 7 sider.
- Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse, 1976: Lov om sikkerhedsmæssige og miljømæssige forhold ved atomanlæg m.v. Lov nr. 244 af 12/05/1976, 4 sider.

- Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse, 2014: Plan og miljøvurdering for etablering af slutdepot for dansk lav- og mellemaktivt affald. Foreligger også på engelsk, 17 sider.
- Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse & Rambøll, 2014: Forslag til "Plan for etablering af slutdepot for dansk lav- og mellemaktivt affald" med tilhørende scoping, 34 sider.
- Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse, 2015: Plan og miljøvurdering for etablering af slutdepot for dansk lav- og mellemaktivt affald. Samlende redegørelse. Udarbejdet af Rambøll.
- Ministeriet for Videnskab og Teknologi, 2003: Folketingsbeslutning om afviklingen af de nukleare anlæg på Forskningscenter Risø. 2002/1 BSV 48 af 13. marts 2003, 1 side.
- Museumsrapport, 2007: Maskinerne i haven – tre erindringsbaserede rundrejser i Danmarks nukleare landskab v/ Henrik Knudsen, side 54.
- Rådets direktiv, 2009: Rådets Direktiv 2009/71/Euratom af 25. juni 2009 om EF-rammebestemmelser for nukleare anlægs nukleare sikkerhed, 5 sider.
- Rådets direktiv, 2011: Rådets direktiv 2011/70/EURATOM af 19. juli 2011 om fastsættelse af en fællesskabsramme for ansvarlig håndtering af brugt nukleart brændsel og radioaktivt affald, 9 sider.
- Rådets direktiv, 2014: Rådets direktiv 2013/59/Euratom af 5. december 2013 om fastlæggelse af grundlæggende sikkerhedsnormer til beskyttelse mod farer, som er forbundet med udsættelse for ioniserende stråling og om ophævelse af direktiv 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom og 2003/122/Euratom, 73 sider.
- OECD, 2006: The Roles of Storage in the management of Long-lived Radioactive waste. Practices and potentialities in OECD Countries. NEA No. 6043, 64 sider.
- OECD, 2008: Radioactive Waste Management and Decommissioning in the Netherlands. Nuclear Energy Agency.
- Rambøll, 2014: Plan for etablering af slutdepot for dansk lav- og mellemaktivt affald. Miljørapport. Udarbejdet for Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse. Foreligger også på engelsk, 229 sider.
- Regeringen, 2014: Naturplan Danmark. Vores fælles natur. Miljøministerier, 64 sider.
- Sundhedsstyrelsen, 1997: Bekendtgørelse om dosisgrænser for ioniserende stråling. BEK nr. 823 af 31/10/1997, 23 sider.

Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålebeskyttelse (SIS), 2011: Radiation doses from transport of radioactive waste to a future repository in Denmark – A model study, 50 sider.

Udenrigsministeriet, 1999: Bekendtgørelse af konventionen af 25.februer 1991 om vurdering af virkningerne på miljøet på tværs af landegrænserne. BKI nr. 71 af 04/11/1999, 12 sider.

Udenrigsministeriet, 2005: Bekendtgørelse om Danmarks godkendelse af international fælles konvention af 5. september 1997 om sikker håndtering af brugt brændsel og radioaktivt affald. BKI nr. 41 af 10/12/2004, 1 side.

Alle rapporter m.v., som er udarbejdet i forbindelse med slutdepotstudierne, kan findes på Ministeriet for Sundhed og Forebyggelses hjemmeside: www.sum.dk.

14. BILAG

Bilag 1. Beskrivelse og lokalisering af et slutdepot

Bilag 2. Ordliste med begreber

Bilag 3. Udvalgte lager- og slutdepoter-faciliteter i Europa

Bilag 4. Naturgivne forhold – det omgivende miljø

Bilag 5. Besøgte mellemlager- og overfladenære slutdepot-faciliteter i Europa

BILAG 1. BESKRIVELSE OG LOKALISERING AF ET SLUTDEPOT

Da første fase i udarbejdelsen af et beslutningsgrundlag bestod i at fastlægge de overordnede rammer og strålebeskyttelsesprincipper for et dansk slutdepot, blev der nedsat en Tværministeriel Arbejdsgruppe med formandskabet i Indenrigs- og Sundhedsministeriet og med deltagelse fra Videnskabsministeriet, Dansk Dekommissionering (DD), De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Sundhedsstyrelsen ved Statens Institut for Strålebeskyttelse (SIS), Beredskabsstyrelsen, Miljøministeriet og Miljøstyrelsen. Arbejdsgruppen udarbejdede et beslutningsgrundlag, der dannede baggrund for en Redegørelse, der blev fremlagt af Indenrigs- og sundhedsministeren i Folketinget i 2009. (Indenrigs- og Sundhedsministeriet, 2005, Ministeren for Sundhed og Forebyggelse, 2008, 2009).

Redegørelsen beskrev de overordnede rammer og principper for et dansk slutdepot og pegede på gennemførelse af tre forstudier inden næste fase med henblik på at udpege en række områder i Danmark, der var potentielt egnede til et dansk slutdepot. Disse områder skulle dernæst undersøges og udredes nærmere under omegnsstudierne. Procedurer og retningslinjer for forstudier og omegnsstudier fulgte IAEA (1994, 1999 og 2005), retningslinjer som er fastslået i den nyeste beskrivelse i IAEA (2014).

FORSTUDIERNE

De tre forstudier blev gennemført af henholdsvis DD, SIS og GEUS med afslutning i foråret 2011.

Det første studie beskrev tre depotkoncepter set i forhold til fire forskellige typiske, men teoretiske geologiske situationer. Koncepterne omfattede et depot på terræn eller lige under terræn (0–30 m's dybde), et tilsvarende depot kombineret med et borehul (30–300 m's dybde) og et mellemdybt depot (30–100 m's dybde). Muligheden for at have et åbent, reversibelt depot blev også vurderet. Risikofaktorerne i forbindelse med et udslip fra et depot, både under normale forhold og ved en ulykke, blev analyseret (Dansk Dekommissionering, 2011).

Forstudiet om transport af det radioaktive affald analyserede den risiko, der er forbundet med transporten af affaldet fra Risø til et slutdepot i Danmark. Studiet viste, at risikoen ikke begrænser valget af et slutdepots placering i Danmark (Statens Institut for Strålebeskyttelse, 2011).

Det tredje studie var en regional kortlægning af de geologiske forhold i Danmark, baseret på eksisterende informationer i arkiver, databaser og litteratur. Målet var at finde ca. 20 områder, som kunne være depotlokaliteter. Kortlægningen, som var baseret på geologiske og hydrogeologiske kriterier, resulterede i udpegningen af 22 egnede områder. Af de 22 områder blev der peget på 6 områder til det fortsatte arbejde. De 6 områder blev vurderet til at være lidt bedre egnede til at rumme et slutdepot end de øvrige 16 områder ud fra geologiske og grundvandsmæssige kriterier (Gravesen et al., 2011a, 11 rapporter).

De 6 områder, der blev udpeget til de videre omegnsstudier, var: Østermarie-Paradisbakkerne på Bornholm, Rødbyhavn på Lolland, Kertinge Mark på Fyn, Hvidbjerg på Thyholm, Thise på Salling og Skive Vest (Dansk Dekommissionering, GEUS & Statens Institut for Strålebeskyttelse, 2011, Gravesen et al., 2011 b, c).

Resultaterne af forstudierne blev præsenteret for Folketingets politiske partier i Indenrigs- og Sundhedsministeriet den 4. maj 2011, og der var tilslutning fra partierne til at fortsætte med omegnsstudierne. Resultaterne blev offentliggjort samme dag.

OMEGNSSTUDIERNE

Omegnsstudierne omfattede yderligere undersøgelser inden for de seks områder. Der blev udført supplerende borer for at underbygge de geologiske forhold, gennemført analyser af jordskælvsforhold og grundvands – drikkevandsproblemer samt udført en sammenstilling af arealbindinger inden for planlægning, natur, miljø, råstofindvinding og historiske/arkæologiske mindesmærker. Opgaven blev udført af GEUS suppleret af Naturstyrelsen og var også baseret på notater fra de respektive kommuner. Der blev udarbejdet en rapport for hvert

område, der dokumenterer forholdene i områderne og lige uden for områderne. Rapporterne blev offentliggjort 31. januar 2013 (Gravesen et al., 2012, 6 rapporter).

MILJØVURDERING

Forstudier og omegnsstudier skal bidrage til at bringe de 6 områder ned til 2 områder, som skal undersøges detaljeret inden den endelig udpegning af en lokalitet. Der er desuden udført en miljøvurdering (MV) for planen for etableringen af et slutdepot, som også skal indgå ved udvælgelsen af de 2 lokaliteter. Miljøvurderingen udføres i henhold til Lov om miljøvurdering af planer og programmer, jf. lovbekendtgørelse nr. 939 af 03/07/2013 (Miljøministeriet, 2006, 2013a).

Konsulentfirmaet Rambøll har udført MV'en, der blev afleveret til Ministeren for Sundhed og Forebyggelse januar 2015 (MIN, 2014). Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse udarbejdede planen: "Plan og miljøvurdering for etablering af slutdepot for dansk lav- og mellemaktivt affald", som derefter løbende blev revideret gennem den periode, hvor miljøvurderingen blev udført (Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse, 2014).

Ved miljøvurderingen blev der indledningsvist udarbejdet en "scoping"-rapport, som var grundlag for indsnævring af, hvilke emner der skulle medtages i miljørapporten. Dette blev gjort med baggrund i allerede eksisterende materiale samt informationer indsamlet ved en række Borgermøder. Scoping-rapporten blev derefter sendt i 4 ugers myndighedshøring (Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse & Rambøll, 2014). Efter høringen blev det fastsat hvilke emner, der skulle medtages i miljørapporten. Derefter blev den egentlige miljørapport udarbejdet og sendt i 8 ugers offentlig høring sammen med planen (Rambøll, 2014). Høringssvar blev indarbejdet i miljørapporten og endelig plan og miljørapport blev offentliggjort af Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse i starten af 2015 (Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse & Rambøll, 2015).

AFSLUTNING

Hvis Folketinget vælger at fortsætte med slutdepot-sporet, skal informationer og data fra forstudier, omegnsstudier og miljøvurdering danne grundlag for udpegning af 2 områder ud af de 6 områder, som der skal arbejdes videre med under en projekteringslov. På de 2 områder skal der bl.a. udføres detaljerede feltundersøgelser, således at en lokalitet (ca. 150 x 150 m) kan udpeges inden for de relativt store områder.

Folketinget forestår både udpegning af de 2 områder, udpegning af den ene endelige lokalitet, udpegning af hvilken af de tre depotkoncepter, der skal anvendes, samt om depotet eventuelt skal være reversibelt.

Litteratur

Dansk Dekommissionering (DD), 2011: Pre-feasibility study for final disposal of radioactive waste. Disposal concepts. Main Report. Udarbejdet af Cowi A/S for DD, 404 sider.

Dansk Dekommissionering (DD), De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) & Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for strålebeskyttelse (SIS), 2011: Forstudier til slutdepot for lav – og mellemaktivt affald – sammendrag indeholdende hovedkonklusionerne og anbefalinger fra tre parallelle studier. Rapport til den tværministerielle arbejdsgruppe vedr. udarbejdelse af beslutningsgrundlag med henblik på etablering af et dansk slutdepot for lav – og mellemaktivt affald, 44 sider.

Gravesen, P., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S. & Binderup, M., 2011a: *Low- and intermediate level radioactive waste from Risø, Denmark. Location studies for potential disposal areas*. 11 rapporter publiceret i GEUS Rapport Serie.

Gravesen, P., Nilsson, B., Binderup, M. & Pedersen, S.A.S., 2011b: Forstudier: Regional kortlægning: Kriterier og metoder til udvælgelse af 6 områder ud af 22 områder, som kan anvendes til et potentielt slutdepot for Risø's lav-og mellemaktive radioaktive affald. Notat til den Tværministerielle arbejdsgruppe under Indenrigs- og Sundhedsministeriet. GEUS-NOTAT Nr.: 08-EN2011-28, 12 sider.

Gravesen, P., Binderup, M., Nilsson, B., Pedersen, S.A.S., Thomsen, H.S., Sørensen, A., Nielsen, O.K., Hannesson, H., Breddam, K. & Ulbak, K., 2011c: Slutdepot for Risø's radioaktive affald. Geoviden, Geologi og Geografi nr. 2, side 2-19.

- Gravesen, P., Nilsson, B., Binderup, M., Larsen, T. & Pedersen, S.A.S., 2012: *Lav -og mellem radioaktivt affald fra Risø, Danmark. Omegnsstudier*. 6 rapporter publiceret i GEUS Rapport Serie.
- IAEA, 1994: Siting of Near Surface Disposal Facilities. Safety Guides. Safety series no. 111-G-3.1, 37 sider.
- IAEA, 1999: Near Surface Disposal of Radioactive Waste. Requirements. IAEA Safety Standards Series No. WS-R-1, 29 sider.
- IAEA, 2005: Borehole Facilities for the Disposal of Radioactive Waste. Draft Safety Guide DS 335. IAEA Safety Standards Series, 102 sider.
- IAEA, 2014: Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste. Specific Safety Guide No. SSG-29, 103 sider.
- Indenrigs- og Sundhedsministeriet, 2005: Slutdepot for radioaktivt affald i Danmark. Hvorfor? Hvordan? Hvor?. Juni 2005, 18 sider.
- Miljøministeriet, 2006: Vejledning om miljøvurdering af planer og programmer. Skov- og Naturstyrelsen, 58 sider.
- Miljøministeriet, 2010: Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse. LBK nr. 879 af 26/06/2010, 52 sider.
- Miljøministeriet, 2013a: Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer. LBK nr. 939 af 03/07/2013, 10 sider.
- Miljøministeriet, 2013b: Bekendtgørelse om vurdering af visse offentlige og private anlægs virkning på miljøet (VVM) i medfør af lov om planlægning. BEK nr. 1654 af 27/12/2013, 14 sider.
- Ministeriet for Sundhed og forebyggelse, 2008: Beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald. Udarbejdet af en arbejdsgruppe under Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse (tidligere Indenrigs- og Sundhedsministeriet), november 2008, 48 sider + to appendiks
- Ministeren for Sundhed og Forebyggelse, 2009: Redegørelse om Beslutningsgrundlag for et dansk slutdepot for lav- og mellemaktivt affald. Præsenteret for Folketinget. Januar 2009, 13 sider.
- Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse, 2014: Plan og miljøvurdering for etablering af slutdepot for dansk lav- og mellemaktivt affald. Foreligger også på engelsk, 17 sider.

Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse & Rambøll, 2014: Forslag til "Plan for etablering af slutdepot for dansk lav- og mellemaktivt affald" med tilhørende scoping, 34 sider.

Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse, 2015: Plan og miljøvurdering for etablering af slutdepot for dansk lav- og mellemaktivt affald. Samlende redegørelse. Udarbejdet af Rambøll.

Ministeriet for Videnskab og Teknologi, 2003: Folketingsbeslutning om afviklingen af de nukleare anlæg på Forskningscenter Risø. 2002/1 BSV 48 af 13. marts 2003, 1 side.

Rambøll, 2014: Plan for etablering af slutdepot for dansk lav- og mellemaktivt affald. Miljørapport. Udarbejdet for Ministeriet for Sundhed og Forebyggelse. Foreligger også på engelsk, 229 sider.

Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålebeskyttelse (SIS), 2011: Radiation doses from transport of radioactive waste to a future repository in Denmark – A model study, 50 sider.

Alle rapporter m.v., som er udarbejdet i forbindelse med slutdepotstudierne, kan findes på Ministeriet for Sundhed og Forebyggelses hjemmeside: www.sum.dk.

BILAG 2. ORDLISTE MED BEGREBER

Dette bilag indeholder en ordliste med kortfattede forklaringer til en række begreber. Først er der en lidt længere beskrivelse af termene mellemlagring/mellemlager.

Mellemlagring/mellemlager (på engelsk *storage* eller *long term storage*) er opbevaring af (brugt brændsel eller) radioaktivt affald med det mål at kunne tage affaldet ud igen. Mellemlagring er pr definition tidsbegrænset. Termen mellemlager bruges her i beslutningsgrundlaget om opbevaring i længere perioder (af størrelsesordenen 100 år). Formålet med mellemlagringen kan fx være at afvente nedrivning af større faciliteter, som vil bidrage med store affaldsmængder; at afvente nedkølingen af brændselselementer før deponering; at afvente eller bidrage til vidensudvikling vedrørende slutdeponering, eller forventningen om at affaldet eller dele af det kan frigives eller genbruges på et senere tidspunkt. Mellemlagring skal ikke forveksles med *korttidsmellemlagring* (på engelsk *interim storage*). Alle virksomheder/lande, der har radioaktivt affald, har *korttidsmellemlagring* af affaldet. Kun få har *egentlige mellemlagre*. Den nuværende lagring af det danske radioaktive affald på Risø-området er *korttidsmellemlagring*.

Begreb	Betydning
α -stråling	Stråling bestående af positivt ladede heliumkerner. Har kort rækkevidde, men høj energi, og er derfor primært skadelig ved indtagelse af stof, der indeholder α -aktivitet.
β -stråling	Stråling bestående af elektroner/positroner (positivt ladede elektroner). Har længere rækkevidde end α -stråling.
γ -stråling	Elektromagnetisk stråling (det vil sige "i familie med lys- og radiobølger", men mere energirig). Udsendes normalt sammen med α - og β -stråling. γ -stråling rækker generelt længere end β -stråling.
A-bøtte	Beholder brugt til opbevaring af affald med et højt strålingsniveau og/eller et væsentligt indhold af fissilt materiale.
Aktivitet	Aktivitet er defineret som antallet af atomkerne-omdannelser (henfald) pr. tidsenhed. Aktivitet måles i enheden becquerel (Bq). I en stofmængde, der

	indeholder en aktivitet på 1 Bq, henfalder ét atom pr. sekund.
Artesisk grundvandsmagasin	Grundvandsmagasin, hvor grundvandet er under større tryk end det atmosfæriske tryk, fordi det er dækket af leraflejringer.
Barriere	En fysisk, kemisk eller menneskelig forhindring, der skal adskille affaldet fra mennesker og miljø, samt hæmme, reducere og forsinke udsivning af nuklider eller andre stoffer fra en facilitet, fx et depot eller lager.
Becquerel (Bq)	Se aktivitet
Dosisbinding for erhvervsmæssigt strålingsudsatte arbejdstagere	En dosisbinding er en brøkdel af strålingsgrænsen (se dosisgrænse). En dosis-binding fastsætter den maksimale årlige strålingsdosis, en strålings-udsat arbejdstager må modtage fra alle arbejder og operationer i en praksis.
Dosisgrænse	Den grænse en strålingsdosis ikke må overskride på et år. For strålingsudsatte arbejdstagere er dosisgrænsen 20 mSv/år. For befolkningen i Danmark er dosis-grænsen 1 mSv/år. Dosisgrænser finder ikke anvendelse ved strålingsudsættelse fra naturligt forekommende strålingskilder (fx kosmisk stråling og radon i boliger) og for medicinsk strålingsudsættelse (diagnostik og terapi).
Forarmet uran	Restproduktet efter en berigning er <i>forarmet</i> uran, det vil sige uran med et lavere indhold af uran-235 end de 0,72 %, som findes i naturligt forekommende uran.
Gbq	1 Gbq = 1 Giga becquerel = 10^9 becquerel. Se også aktivitet
Halveringstid	Den tid det tager før aktiviteten af en given isotop er faldet til det halve. Halveringstiden er forskellig for forskellige isotoper og kan være fra brøkdele af et sekund til hundredetusinder af år.
Højaktivt affald	Affald med en koncentration af radioaktive stoffer, der er høj nok til at generere en betydelig varmeeffekt ved radioaktivt henfald, eller affald, der indeholder store mængder af langlivede radioaktive stoffer, der skal tages hensyn til ved konstruktionen af et depot for den slags affald.
IAEA	International Atomic Energy Agency er en organisation under FN. Formålet med IAEA er at fremme sikkerhed og sundhed i forbindelse med udvikling af fredelige nukleare teknologier. IAEA driver og støtter forskningslaboratorier, udarbejder standarder, står for konventioner og udfører inspektioner for at sikre, at nukleare materialer alene anvendes til fredelige formål. IAEA's standarder er internationalt anerkendte, og anvendes som baggrund for nationale lovgivning og udarbejdelse af standarder, herunder i EU. Efterlevelse af anbefalingerne i standarderne anses internationalt for at være en væsentlig bestanddel af "best practice".
ICRP	The International Commission on Radiological Protection er et uafhængigt internationalt netværk af specialister inden for forskellige felter af strålingsbeskyttelse. ICRP tilbyder deres anbefalinger og rådgivning til myndigheder og operatører med ansvar inden for strålingsbeskyttelse. Selvom ICRP ikke har kompetence til at pålægge nogen deres forslag, følger praksis i mange lande tæt ICRP's anbefalinger.
Indtrængen	Hændelsesforløb, hvor mennesker trænger ind (med eller uden overlæg).

Isotop	Atomer tilhørende samme grundstof, men med forskellige antal neutroner i kernen. Visse isotoper er ustabile (radioaktive), og vil spontant henfalde til et andet grundstof under afgivelse af ioniserende (radioaktiv) stråling.
Konditionering	Ved konditioneret affald forstås, at affaldet er pakket, emballeret og forseglet.
Kontamineret	Forurening, primært på overfladen eller de øverste lag af et materiale.
Kortlivet isotop	Isotop med en halveringstid på 30 år eller mindre.
Langlivet isotop	Isotop med en halveringstid på mere end 30 år.
Lavaktivt affald	Radioaktivt affald, der kan håndteres uden særlig strålingsbeskyttelse. Omfatter for eksempel kitler og afdækningsmateriale.
Malm	Geologisk dannelse, der indeholder et grundstof, ofte et metal, eller et mineral i en mængde så udnyttelse kan betale sig.
Mellemaktivt affald	Radioaktivt affald, der kræver afskærmning ved håndtering.
NEA	Nuclear Energy Agency er et specialiseret samarbejdsorgan uden formelle forpligtelser under OECD. NEA har en "Radioactive Waste Management Committee" (RWMC), der udelukkende beskæftiger sig med forhold omkring radioaktivt affald. RWMC har blandt andet udarbejdet flere publikationer vedrørende beslutnings-processer i forbindelse med håndtering af radioaktivt affald. RWMC udmærker sig således ved specifikt at have fokus på beslutningsprocesserne og de afledte reaktioner fra samfund og interessenter.
NORM	Naturally Occurring Radioactive Material; naturligt forekommende radioaktivt materiale, hvor menneskelig aktivitet har øget potentialet for strålingsudsættelse. Fx udtaget malm, tailings og belægninger på rør ved olie- og gasproduktion.
Praksis	En praksis er en planlagt drift af en facilitet, der anvender strålingskilder. Eksempler på en praksis er kernekraftværker, nukleare forskningscentre, medicinske røntgen- og strålingsterapiafdelinger og industrielle virksomheder, der anvender strålingskilder.
Referencedosis (dosisbinding) for befolkningen	Enkeltpersoner i befolkningen kan blive udsat for stråling fra mange forskellige menneskabte strålingskilder (praksisser). En enkelt praksis må derfor ikke kunne udsætte en repræsentativ gruppe i befolkningen for hele dosisgrænsen på 1 mSv/år. Hver praksis har således en referencedosis, som en kritisk gruppe maksimalt må blive udsat for. I Danmark er referencedosis 0,3 mSv/år pr. praksis, men sættes ofte lavere. Referencedosis bruges specielt i sikkerhedsanalyser og -vurderinger.
Reversibilitet	Deponering af affald, så der er mulighed for at genfinde og udtage affaldet igen på et senere tidspunkt.
Sievert (Sv)	Måleenhed for strålingsdoser (se strålingsdosis) modtaget af mennesker. En millisievert (mSv) er en tusindedel sievert (Sv).
Sikkerhedsvurdering	En vurdering af alle aspekter af en praksis, der er relevant for beskyttelse og sikkerhed. For en given facilitet omfatter dette placering, konstruktion og drift af faciliteten.

Strålingsdosis	En strålingsdosis angiver den energi, strålingen har afsat pr. vægtenhed ved en bestråling. Enheden for dosis er Sv (sievert), hvor $1 \text{ Sv} = 1 \text{ joule/kg}$. For en person, der eksempelvis har modtaget en dosis på 1 mSv ($0,001 \text{ Sv} = 0,001 \text{ joule/kg}$) til hele kroppen (kropsvægt på 70 kg), har strålingen afsat en samlet energi i hele kroppen på $70 \text{ kg} \times 0,001 \text{ joule/kg} = 0,07 \text{ joule}$.
Tailings	Tailings består af rester efter uranekstraktionsprojekterne i 1970'erne og 80'erne med uranmalm fra Kvanefjeldet i Grønland. Disse tailings opbevares i dag under vand i to særlige bassiner, for at forhindre udsivning af den radioaktive gas radon.
Tritium	Radioaktiv isotop af brint, hvis kerne indeholder en proton og to neutroner. Tritium dannes eksempelvis i tungtvandsreaktorer som DR 3.

BILAG 3. UDVALGTE LAGER- OG SLUTDEPOT-FACILITETER I EUROPA

Der er forskel på den forventede opbevaringstid i lagrene i nedenstående lande. Kun i Holland er der, som tidligere nævnt, en egentlig strategi for langtidsmellemlagring af affaldet før deponering. Listen er baseret på indrapporteringer til IAEA og EU samt øvrige offentligt tilgængelige informationer fra de enkelte lande og er ikke udtømmende.

LAGERFACILITETER				
Land	Antal	Navn	Alle typer affald samlet (m ³)	Lagertype
Norge	1	Himdalen	548	Overfladenært grundfjeldsgalleri ~50 m i samme anlæg som slutdepotet
Sverige	1	CLAB (lager for brugt brændsel)	3547	Grundfjeldsgalleri~30 m
Finland	10	Hovedsageligt driftsaffald lagret på kraftværker	18.653	Overflade
England	50+	Hovedsageligt driftsaffald lagret på kraftværker og andre nukleare anlæg	453.431	Overflade
Tyskland	10+	Ahaus, Gorleben, Lubmin samt 'Landessammelstellen' og brugt brændsel lagret på kraftværker og forskningsreaktorer	343.247	Overflade
Frankrig	4+	Saclay, Cadarache, La Hague, Grenoble, kraftværker og andre nukleare installationer	646.383	Overflade
Holland	1	COVRA. Mellemlager i 100 år	109.542	Overflade
Belgien	10+	Centrale lagre i Dessel (7 bygninger) og Mol samt ved nukleare installationer	257.731	Overflade
Spanien	13	Centrale lagre og nukleare installationer	82.828	Overflade

SLUTDEPOTER					
Land	Antal	Navn	Alle typer affald samlet (m ³)	Depottype	National politik / Bemærkning
Norge	1	Himdalen	4.902	Overfladenært grundfjeldsgalleri ~50 m	National slutdeponering. Ved Himdalen bruges 3 gallerier som depot og et identisk galleri som lager, som kan konverteres til depot ved indstøbning i beton.
Sverige	1	Forsmark	47.567	Grundfjeldsgalleri~50 m	National slutdeponering. CLAB er lager for brugt brændsel. Ved Forsmark deponeres lav- og mellemaktivt affald.
Finland	2	Olkiluoto, Loviisa	43.653	Grundfjeldsgalleri~100 m	National slutdeponering. Depoter ved kraftværker i Olkiluoto og Loviisa for lav- og mellemaktivt affald.
England	2	DRIGG Dounray	976.000	Overflade/ overfladenært	National slutdeponering. Depot DRIGG for lav- og mellemaktivt affald. Dounray er lukket.
Tyskland	3	Morsleben, Gorleben, Konrad (endnu ikke i drift), Asse	110.259	Dybe geologiske depoter	National slutdeponering. Eksisterende depoter enten lukkede, midlertidigt ude af drift eller under godkendelse.
Frankrig	3	Centre de l'Aube, Centre de la Manche, Morvilliers	1.536.302	Overflade	National slutdeponering. Eksisterende operative depoter er til lav- og mellemaktivt affald.
Holland	0				Lagring og samtidig undersøgelse af fremtidig mulighed for lagring eller deponering.
Belgien	0				National deponering. Beslutning om overfladenær slutdeponering af lav- og mellemaktivt affald i Dessel.
Spanien	1	El Cabril	275.542	Overflade	National deponering for lav- og mellemaktivt affald. Lagring for brugt brændsel og langlivet radioaktivt affald. Lav- og mellemaktivt affald deponeres ved El Cabril.

BILAG 4. NATURGIVNE FORHOLD – DET OMGIVENDE MILJØ

Dette bilag beskriver en række naturgivne forhold, som kan have betydning ved placering af et mellemlager, især ved tab af institutionel kontrol.

Centralt er, at befolkning, dyr og planter skal sikres og beskyttes mod de skadelige virkninger af ioniserende stråling (IAEA, 2006a, 2006b, 2009b). Vigtige krav ligger inden for miljøbeskyttelsesområdet, hvor det skal sikres, at det ydre miljø kan opretholdes så uforurenet som muligt i forhold til de potentielle modtagere af forurening, der er til stede i et område.

De ydre faktorer, som kan påvirke et mellemlager, skal kortlægges og vurderes. Bygningsmæssige forhold skal tages i betragtning. Seismisk aktivitet, områder med opadstigende grundvand og grundvand over terræn skal identificeres, og vurderinger af påvirkninger fra mulige fremtidige klimaændringer skal inddrages.

Anvisningerne for lagring af affald, før det overføres til et slutdepot, skal tilpasses de enkelte landes forhold og behov, og i IAEA (2003b), som omhandler sikkerheds retningslinjer for lagring før slutdeponering (predisposal) findes en liste med vigtige emner inden for geologi, vandmiljø, klima, fauna og flora samt risiko for naturkatastrofer, som bør vurderes, hvis det findes relevant i sammenhæng med behandling af den eller de lokaliteter, som skal indgå i lokaliseringsprocessen.

1. Overfladeforhold

Terrænets overfladeforhold har betydning for stabiliteten af et mellemlager. De processer på jordoverfladen, som især er vigtige, er oversvømmelser, erosion, jordskred og forvitring, som bl.a. sker i et samspil mellem påvirkningen på de geologiske lag og de klimatiske forhold. Under nuværende danske forhold er overfladeprocesserne normalt begrænsede i størrelse og udbredelse, og oftest mest markante ved kysterne, hvor også ekstreme hændelser kan have

stor indflydelse. Fremtidige klimaændringer, fx højere temperaturer, mere nedbør samt stigende havspejl, kan true et mellemlager, hvorfor det er vigtigt at forberede så sig godt som muligt herpå, når mellemlagerlokaliteten skal udpeges.

Derfor er hældende terræn bl.a. i kystzonen, skrænter ved vandløb og bakkede områder de mest kritiske terrænelementer. Udglidning, nedfald og skred af klintpartier efter høj nedbør kendes både i kalkklinter og lerklinter. Særligt de klinter der indeholder fedt plastisk ler er udsat for skred. Terrænhøjden og stabiliteten har desuden betydning i kystzonen på grund af havets påvirkning under storme. Eventuelle fremtidige havspejlsstigninger kan betyde varige oversvømmelser af lavtliggende landområder samt øge effekten af stormfloder. Voldsom bølgeerosion af klinter ved ekstreme stormvejrssituationer kan betyde nedfald af klintpartier og reduktion af landarealet. Udsivning af grundvand i kystområdet er desuden en faktor, der kan give ustabile forhold og forøge erosionen i fx kystklinter.

Ved udpegning af en lokalitet til et terrænnært mellemlager kan der peges på følgende væsentlige forhold, som bør vurderes:

- Det valgte terræn skal være stabilt uden væsentlige overfladehældninger, og der skal være tale om naturligt veldrænedede områder, hvor topografiske og hydrologiske forhold sikrer, at risikoen for oversvømmelse er meget lille.
- Risikoen for ekstreme klimahændelser skal vurderes på en lokalitet for at afgøre, hvilken betydning de vil have. Scenarier for fremtidige klimaændringer skal tages i betragtning og inddrages i den samlede vurdering af en lokalisering, herunder at overfladehøjden over havniveau bør relateres til mulige fremtidige havstigninger (se senere).

2. Overfladegeologi

De geologiske forhold på jordoverfladen og forholdene inden for de øverste meter under jordoverfladen, dvs. aflejringer fra istiderne og tiden derefter (Kvartærtiden) overlejrer ældre

lag fra Tertiær og Kridttiderne i det meste af landet. Nedenfor er der en kort gennemgang af overfladegeologien, som er relevant ved placering af et mellemlager.

Aflejringer fra Kvartærtiden

Danmark har inden for de seneste ca. 2,6 mio. år været nediset flere gange, og store gletsjere har fra det skandinaviske område bevæget sig hen over landet fra både nord, nordøst, syd og sydøst, og de har aflejret lag af ler, silt, sand og grus. I mange områder ligger lagene skråt, står lodret eller er foldede, fordi de er blevet påvirket af gletsjerne, og lagene er derved vanskelige at sammenholde (kan fx ses i mange kystklinter). Det er også almindeligt, at de øverste dele af de ældre aflejringer er skudt op som flager sammen med istidsaflejringerne (fx Møns klint, Hanklit).

Mellem og efter istiderne har Danmark adskillige gange været dækket af havet, og tykke lag af ler og silt med sandstriber er blevet aflejret, mens der i søer og moser er dannet gytje og tørv. Aflejringer fra Kvartærtiden udgør almindeligvis de øverste lag lige under jordoverfladen, men ældre lag kan også findes terrænnært. De kvartære lags tykkelse er således meget varierende, fra 0 m på fx Bornholm, ved Thisted og Ålborg til omkring 400 m ved vestkysten af Sønderjylland og i Nordjylland. Tilstedeværelsen af dybe, begravede kvartære dale over det meste af Jylland og stedvist i andre landsdele er med til at understrege den store tykkelsesvariation inden for selv korte afstande.

De kvartære aflejringer består af usorteret, stenet moræneler og -sand (aflejret af isen), smeltevandssand og -grus (dannet af smeltevandsfloder), stenfrit, homogent smeltevandsler og -silt (dannet i smeltevandssøer) og marint ler (dannet i havet), ofte i vekslende lag. Moræneler er den mest dominerende jordart, som fx udgør ca. 40 % af overfladelagene (Gravesen et al., 2011, 2012).

Aflejringer ældre end Kvartærtiden

Grænsefladen mellem de kvartære lag og de ældre aflejringer kaldes Prækvartæroverfladen. Den er betydningsfuld, fordi den markerer et skift til et helt andet mønster for dannelse af aflejringerne. På selve fladen træffes aflejringerne ældre end Kvartærtiden med de ældste lag fra perioden Kridt (fra 145 til 65 mio. år siden) mod nordøst til de yngste fra tidsafsnittet Tertiær (fra 65 til 2,6 mio. år siden) mod sydvest og med de øvrige lag liggende regelmæssigt imellem.

De ældre aflejringer er gennem perioden fra Kridt til sent i Tertiær blevet aflejret i havet enten tæt ved kystlinjen eller på dybere vand, og først sent i tidsrummet er der også dannet lag i laguner, deltaer, søer og floder. De mest betydningsfulde jordarter er hvid skrivestik, hvid og gul kalk, grå grønsandskalk, fedt og plastisk ler i forskellige farver, brunt, glimmerholdigt ler og sand samt gråt kvartssand. Aflejringsforholdene i havet betyder, at lagene optræder i mere regelmæssige mønstre og variationer inden for de forskellige aflejringstyper, end de gør inden for det kvartære tidsafsnit, og der kan forventes de samme sammenhængende aflejringer over større områder. På Bornholm træffes andre jordlag fra Kridttiden til Prækambrium (mere end 542 mio. år siden); det sidstnævnte tidsafsnit med hårde krystalline granitter og gnejser.

De forskellige prækvartære aflejringstyper er gennemskåret af forkastninger. Langs forkastningerne er der på forskellige tidspunkter sket vandrette eller lodrette bevægelser af jordlagene. Nogle forkastninger findes på stor dybde, men kan følges fra de ældste dannelser helt op i de tertiære lag. På Bornholm kan det ses, hvordan forkastninger adskiller lag af meget forskellig alder (Gravesen et al., 2011, 2012).

Generelt

De geologiske forhold fra terræn ned til øverste grundvandsmagasin er med til at beskytte grundvandet mod forurening. De geologiske lag har betydning for stabiliteten af lagene under en bygning. Derfor er ensartede forhold det optimale. Geologiske lag, som har været belastet af gletsjeris under istiderne, anses for at være stabile, mens lag, som ikke har været dækket af gletsjeris, kan være problematiske m.h.t. stabilitet. Det kan være blødbundsaflejringer som

sø- og moseaflejringer (gytje og tørv) dannet efter istiderne og havaflejringer (ler og sand), hvor sætninger af jordlagene især sker, når der i lagserien findes sådanne løse/ukonso-liderede jordlag.

Det er også hensigtsmæssigt, at geologiske lag gennemsættes af så få brudlinjer som muligt, og at de ikke er gjort ustabile ved forstyrrelse af istidens gletsjere (kaldes glacialtektonik). Morænelerslag gennemsættes næsten altid af sprækker (ned til ca. 10 m's dybde) og andre makroporer, og dette kan også være tilfældet med andre leraflejringer. Dybereliggende brudzoner og forsætninger er særligt vigtige, da disse kan have forbindelse til områder med seismisk aktivitet.

Højtliggende ældre leraflejringer, som ligger tæt på jordoverfladen kan udgøre en beskyttelse og være med til at tilbageholde en eventuel lækage ved uheld fra Mellemlageret.

Ved udpegning af en lokalitet til et mellemlager kan der peges på følgende væsentlige forhold, som bør vurderes:

- Placering på/i stabile, ensartede, lav-permeable geologiske lag, som kan medvirke til at beskytte mennesker og miljø, herunder vandmiljø, mod påvirkning fra utilsigtet stråling fra lageret.
- De geologiske forhold skal bidrage til mellemlagerets stabilitet, altså til den konstruktion, der skal udføres. Det betyder, at der ikke må kunne ske bevægelser eller udskridninger af jordlagene.

3. Seismisk aktivitet

Risiko for seismisk aktivitet og jordskælv skal indgå i overvejelserne om valg af lokalitet til et evt. mellemlager. Danmark er et lav-risiko jordskælvsområde med aktivitet normalt under styrken Richtertal 4, mens højere værdier kun i sjældne tilfælde er registreret på de seismografer, der blev opstillet i Danmark omkring 1930. Fra historisk tid viser skrevne kilder,

at der tidligere har været jordskælv med større styrke blandt andet i Nordvestjylland. De fleste jordskælv på dansk område sker på havområdet (Dahl-Jensen et al., 2013).

Følgende bør vurderes:

- Seismisk aktivitet og jordskælvsfare skal vurderes i forhold til etablering af et mellemlager i et givet område. Mellemlageret bør placeres i et jordskælvsmæssigt stabilt område uden brudlinjer/forkastninger i de geologiske lag.

4. Overfladevand

Fersk overfladevand i form af søer, vandløb og fjorde indeholder dyre- og planteliv, og hele systemet er sårbart overfor forurening. Overfladevandet er mange steder i hydraulisk kontakt med grundvandet, hvorfor en forurening i grundvandet vil kunne sprede sig til overfladevandet og til sidst ende i havet. Direkte overfladisk afstrømning foregår sjældent i Danmark og kun på hældende terræn. Forurening fra terrænoverfladen via dræn i jorden i lerrige områder vil ligeledes kunne spredes til overfladevandssystemet. Overfladevandet indgår ofte i beskyttede habitater, som er leverum for dyr og planter, herunder vådområder.

Følgende bør vurderes:

- Ved placering af et mellemlager skal der tages hensyn til forekomster af overfladevand således at eventuelt uheld fra mellemlageret ikke kan påvirke overfladevandet.

5. Grundvand og geokemi

Grundvandet i Danmark er den allervigtigste ressource til drikkevandsforsyningen, da 99 % af drikkevandet kommer fra grundvandet. Beskyttelse af denne ressource er derfor meget vigtig. Danmark er opdelt i områder med forskellige niveauer af drikkevandsinteresser. Det vigtigste område: Område med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD områder) omfatter de grundvandsdannende områder og områder med de største vandværker/vandindvindinger, og dækker et areal på ca. 40 % af landet. Mere lokale indvindinger, som også er vigtige, ligger i Områder med Drikkevandsinteresser (OD-områder), mens Områder uden eller med begrænsede drikkevandsinteresser (OBD-områder) kun har indvinding til enkelt husholdningsniveau.

De generelle grundvandsforhold er forskellige ud over landet, alt efter hvilke typer jordarter grundvandet befinder sig i. De vigtigste grundvandsmagasiner består af sand og grus fra Kvartærtiden, kalk og grønsandskalk fra Tertiærtiden, skrivekridt, kalk og sand fra Kridttiden samt sandsten og granit fra de ældste lag på Bornholm. I sand- og grusmagasiner er forholdene betinget af vandets strømning mellem aflejringeres korn, mens de øvrige magasintyper især er betinget af vandets strømning i sprækkesystemer.

I magasiner uden overliggende lag af lavpermeable dæklag af fx ler er der frie grundvandsforhold, hvor grundvandsspejlets beliggenhed varierer med nettonedbørs-mængden og lufttrykforhold. I den umættede zone (uden vandindhold) vil en vandbevægelse være lodret nedad til grundvandsspejlet, mens bevægelsen er vandret i grundvandszonen med retninger fra grundvandsskellet til vandløb, søer og havet (overfladerecipienter) eller mod aktive indvindingsboringer.

Når der er lerlag over grundvandsmagasinerne, vil grundvandsspejlet ofte være under tryk, og trykniveauet vil ligge et stykke oppe over lerlagets nedre grænse. Dette betyder, at grundvandet stiger op i fx en boring, som gennemborer laget, og nogle gange findes grundvandsspejlet over terræn. Vandbevægelsen i den umættede zone i leret er lodret, langsom i lerets matrix af finkornede partikler, der opfylder rummet mellem grus, sand og sten, men hurtig i sprækkesystemer eller sandslirer. Under grundvandsspejlet er bevægelsen næsten vandret i horisontale sprækker eller sandlag. Grundvandsspejlet varierer med årstiden og nettonedbøren, og især i lerområder kan dets beliggenhed være meget variabel. I forbindelse med kraftige regnskyl kan moræneleret blive helt fyldt med vand, og der dannes søer på jordoverfladen. Den umættede zones tykkelse kan være op til 40 meter, oftest i sand, mens den almindeligvis er tyndere i lerlag.

Den kemiske sammensætning af grundvandet og jordlagene har betydning for det miljø, som både et mellemlager og eventuelle udsivende radioaktive stoffer befinder sig i. Grundvandets

indhold af kemiske stoffer varierer, hvilket resulterer i forekomst af forskellige grundvands typer, som vil være i kontakt med jordlagene omkring et mellemlager.

Når opløste radioaktive stoffer eventuelt strømmer med grundvandet, kan de omgivende jordarters kemi have betydning for tilbageholdelsen (fx ved sorption og udfældning) i specielt organisk materiale og ler. Den kemiske sammensætning af jordlagene er betinget af deres oprindelse. Danske jordarters kemiske sammensætning er kendt på overordnet plan, men et kendskab på lokalt plan kræver yderligere oplysninger.

Ved udpegning af en lokalitet til mellemlager kan der peges på følgende væsentlige kriterier, som bør vurderes:

- Ved placering af mellemlageret skal det sikres, at der ikke kan ske forurening af drikkevandsressourcer. Det er dansk politik, at forurening af grundvand, der bruges til drikkevand til befolkningen mv., ikke må forekomme. Det vil som udgangspunkt være nødvendigt at tage hensyn til de kortlagte Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD), hvor det anbefales ikke at placere et mellemlager. Det kan ikke undgås at inddrage Områder med Drikkevandsinteresser (OD), hvor der skal tages særlig hensyn til væsentlige lokale grundvandsressourcer og vandindvindinger.
- For at begrænse vandets strømning væk fra mellemlageret vil det være hensigtsmæssigt, at det ligger på/i lavpermeable aflejringer. Ved et lav-permeabelt jordlag menes et jordlag, som vand har svært ved at strømme igennem.
- Mellemlageret bør ikke placeres i områder med artesiske grundvandsforhold af hensyn til bygningsværket.
- Jord og vandsmiljøet skal kunne fremme tilbageholdelse af eventuelle udsivende radioaktive stoffer, og omvendt må miljøet ikke kunne fremme bevægelse af de radioaktive stoffer. De geokemiske forhold må ikke kunne være aggressive overfor menneskeskabte konstruktioner, som er udført i forbindelse med mellemlageret.

6. Klimatiske forhold

Fremtidige klimaændringer inden for de næste 100 år kan have betydning for et område. Danmark vil formentlig blive præget af øget nedbør, højere temperatur og flere storme, som kan påvirke overfladevand og grundvand ligesom kystområder kan oversvømmes og eroderes (DMI, 2012, 2014, IPCC, 2013).

Med baggrund i IPCC's klimascenarier (RCP2.6 og RCP8.5) har DMI foretaget beregninger for Danmark. Temperaturen forventes at stige 1,2° C både sommer og vinter (det milde scenarie RCP2.6) og en stigning hhv. på 4,0° C og 3,7° C (det høje scenarie RCP8.5) ved år 2081-2100 i forhold til perioden 1986-2005. Der ser ud til at temperaturen vil stige lidt mere om sommeren og efteråret.

Modellerne viser desuden en generel tendens til mere nedbør, med den største stigning om vinteren. Der kan desuden forventes flere kraftige nedbørshændelser om sommeren, selv om somrene nok bliver mere tørre i Europa. Der er desuden tegn på svagt tiltagende middelvind både om sommeren og vinteren, især fra vest. Desuden tiltager styrken af storme og orkaner.

Den gennemsnitlige globale overfladetemperatur formodes også at stige ud over 2100, men dette afhænger af, om CO₂ udledningen til atmosfæren reduceres. Smeltning af permafrost og den deraf følgende frigivelse af CO₂/metan til atmosfæren er ikke indeholdt i ovennævnte klimamodeller, men kan komme til at spille en væsentlig faktor.

Følgende bør vurderes:

- Ved placering og konstruktion af et mellemlager skal der tages hensyn til om fremtidige klimaændringer eventuelt kan påvirke mellemlageret.

7. Havniveauændringer

DMI-beregninger for fremtidige havstigninger omkring Danmark viser stigninger på mellem 0,3 og 0,9 meter i et middelscenarie med en øvre grænse på 1,2 meters stigning i slutningen af århundredet (år 2081-2100) i forhold til referenceperioden 1986-2005. Havstigningerne kan oversvømme landområdet mange steder langs den danske kyst, hvor der ikke er diger. I ekstremesituationer med kraftigere og hyppigere storme og stor nedbør vil der også blive et voksende pres på digerne. Ændringerne i havniveau vil sammen med ændrede vindmønstre kunne føre til øgede stormflodshøjder med kraftigere påvirkning af kysten med erosion af kystklinter, transport af materiale og oversvømmelser til følge. Stigende havniveau vil også give øget indtrængning af salt grundvand under land, hvorved der vil ske en ændring i saltvands-/ferskvandsbalancen i kystzonen (DMI, 2012, 2014, IPCC, 2013). IPCC (2013) mener desuden, at det er relativt sikkert, at det globale middelhavspejlsniveau vil stige efter 2100 og fortsætte med at stige i mange århundreder, men der er få tilgængelige modelresultater til at forudsige noget mere præcist om stigningen, som bl.a. vil afhænge af, om udledning af CO₂ til atmosfæren reduceres.

Følgende bør vurderes:

- Ved placering af et mellemlager skal der tages hensyn til fremtidige forudsagte havstigninger i relation til terrænhøjde i kystzonen, eksponering af kyststrækning, hyppigere ekstreme storme og dominerende vindretninger.

For referencer til bilaget: se afsnit 13: Litteratur, regler og love.

BILAG 5. BESØGTE MELLEMLAGER- OG OVERFLADENÆRE SLUTDEPOT-FACILITETER I EUROPA

Arbejdsgruppen har besøgt fire europæiske faciliteter (Holland, Tyskland, Norge og Frankrig) for opbevaring og deponering af radioaktivt affald i 2013 og 2014. Mellemlagerfaciliteter i Holland og Tyskland opbevarer både lav-, mellem- og højradoaktivt affald, som efterfølgende efter en årrække skal overføres til et slutdepot. Norge opbevarer på samme lokalitet under terræn lavaktivt kortlivet affald i et slutdepot og mellemaktivt langlivet affald i et mellemlager, som forventes at overgå til slutdepot. Desuden har Norge også et slutdepot under terræn for lavaktivt affald fra olie-gasindustrien (NORM-affald). Frankrig har en række slutdepoter for lav- og mellemaktivt affald etableret terrænnært samt særlige slutdepot-faciliteter for meget lavaktivt affald.

I Tyskland etableres p.t. slutdepot for alle tre typer affald under terræn i leraflejring (Konrad faciliteten), men det er også stadig hensigten at opbevare affald i forskellige salthorste (geologisk deponering). Både Sverige og Finland etablerer underjordiske geologiske slutdepoter i grundfjeld for alle typer affald. Holland, som har et 100 års mellemlager, sigter ligesom Belgien p.t. på et underjordisk geologisk slutdepot i leraflejring (eller eventuelt salt) og er nu i en fase med undersøgelser og forskning.

Et vigtigt formål med besøgene var kontakten til og dialogen med de udenlandske eksperter, der er tilknyttet lagre og depoter, og fx har COVRA, Holland bidraget med materiale til dette beslutningsgrundlag (COVRA, 2014).

Nedenfor følger en kortfattet karakterisering af de besøgte faciliteter. Sidst i bilaget er der en separat litteraturliste, som omhandler faciliteterne.

1. Mellemlager-faciliteter

1.1 COVRA mellemlager, Borssele, Holland

Indledning

COVRAs lager- og håndteringsfacilitet ligger i det sydvestlige Holland på øen Zeeland tæt ved atomkraftværket EPZ Borssele. Placeringen blev valgt ved, at regeringen pegede på 12 områder, som var store nok til at have et lager, og som lå i et industriområde uden tæt beboelse, men med god infrastruktur. Derefter blev de lokale myndigheder spurgt, om de kunne huse lageret, hvortil de 10 sagde nej. Det endte med, at den nuværende placering – et af de to resterende områder – blev valgt.

I Holland ligger 26 % af landet under kote 0 m (under havniveau), og grundvandet ligger næsten overalt højt.

Holland følger et dobbelt spor (*dual track*) i forhold til deponering efter 100 år: Hvis et nationalt depot bliver løsningen, skal alt affaldet, lav-, mellem- og højaktivt affald, deponeres sammen i et dybt geologisk depot. Hvis der findes en international løsning, vil man gerne være en del af den, men de løsninger, der arbejdes med p.t., synes kun at fokusere på det højaktive affald. Dobbeltsporet har været den hollandske politik i ca. 30 år.

Mellemlageret skal således anvendes i ca. 100 år Herefter forventes det, med mindre der er fundet en international løsning til affaldet, at der er fundet en lokalitet til et slutdepot, inden for rammen af de komplicerede geologiske forhold i Holland (Vis & Verweij, 2014). Der er allerede påbegyndt en proces for at finde et geologisk depot. Dette sker bl.a. gennem et forskningsprogram til undersøgelse af de lerlag og/eller saltlag, som antagelig skal indeholde et geologisk depot.



Forrest i billedet ses mellemlageret for lav- og mellemaktivt affald til venstre (hvide bygninger) og administration samt foredrags - og PR-lokaler til højre (lave, grå bygninger). Bagest ses den orange bygning for højaktivt affald (fra COVRA's hjemmeside).

Beskrivelse

Mellemlageret består af separate bygninger, som indeholder henholdsvis det lav- og mellemaktive affald og det højaktive affald (se fotos). COVRA disponerer over et samlet areal på 450 x 500 m.

Det lav- og mellemaktive affald opbevares i opvarmede haller med klimakontrol. Der bruges primært tromler, men der opbevares også affald i andre typer beholdere.

I bygningerne findes faciliteter til affaldsbehandling og -modtagelse, fx dekontaminering, vandrensning, skæring og konditionering. Bygningerne er dimensionerede til 100 års brug, hvilket betyder, at der er god plads til alle håndteringsoperationer. Selve arealet er stort nok til løbende udvidelse af lagrene.



Lageret er opbygget med adskilte bygninger for forskellige typer affald: Forbundne bygninger til lav- og mellemaktivt affald (hvide på foto) og en bygning for højaktivt affald (orange). (Fra COVRA's hjemmeside).



Administrationsbygningen ses til venstre, mens mellemlageret for lav – og mellemaktivt affald ses til højre.

Der gøres meget ud af at informere offentligheden, og man vil gerne have besøg, men på grund af den lidt afsides beliggenhed kræver det nogen indsats at få folk til at besøge mellemlageret. Der er indrettet et informationscenter med auditorium og en udstilling i administrationsbygningen.

Adgangskontrollen består bl.a. i oplysning af pasnummer forude for besøg og aflevering af pas ved indgangen.



Tromler med lav- og mellemaktivt affald.

Affaldsklassificering

Man skelner mellem 'lav- og mellemaktivt affald' og 'højaktivt affald'. Klassificeringen er pragmatisk og afhænger af, om affaldet kan håndteres direkte, eller om det skal gøres fjernbetjent. Der opbevares desuden også NORM-affald på mellemlageret.

Lav- og mellemaktivt affald inddeles i fire klasser: a) affald med alfa-emittere (langlivet affald), b) affald der kommer fra a-kraftværk, samt to klasser, c) og d), som er klassificeret efter halveringstider. Højaktivt affald kommer enten fra a-kraftværk eller som brugt brændsel fra forskningsreaktorer.

Sikkerhed

For mellemlageret for lav- og mellemaktivt affald er der sat en såkaldt '*design safety basis*' (sikkerhedsgrundlag), som går ud på, at mellemlageret ikke behøver at kunne modstå alle 'rimeligt forudsigelige hændelser', så længe at hændelserne kun har en begrænset radiologisk indvirkning på omgivelserne. Fx skal bygningerne kunne modstå mindre hændelser som fx brand, og uheld, hvor en affaldscontainer tabes o. lign.. Desuden skal bygningerne kunne modstå vindhastigheder op til 125 m/s. Derimod har man valgt, at bygningerne ikke behøver at kunne modstå andre hændelser som for eksempel oversvømmelse af bygningen, jordskælv, gasekspllosioner (*gas cloud explosions*), udslip af giftige og/eller korrosive substanser eller

flystyrt og brand opstået udenfor lageret. Valget begrundes i, at sikkerhedsanalyser og -vurderinger har vist, at sandsynlighederne for disse hændelser er små, og at konsekvenserne af hændelserne vil være begrænsede. For eksempel har man vurderet sandsynligheden for oversvømmelse af bygningen til mindre end 10^{-8} . Der er strengere krav til sektionen HABOG, som huser det højaktive affald. For hele anlægget udføres en løbende overvågning for at detektere eventuelt radioaktivt udslip.

Forberedelse til slutdepot

I Holland betaler brugerne af lageret en affaldsafgift, som indeholder opsparing til slutdeponering. Desuden har Holland oprettet et forskningsprogram, OPERA, for deponering af radioaktivt affald, som startede i 2011 (OPERA, 2011). Der bruges 2 mio. Euro pr. år i en femårig periode – 25 % har været brugt til sikkerhedsanalyser og -vurderinger (safety case), resten til forskning. COVRA udfører ikke selv forskning, men vælger at bruge opslag ('calls for proposals'), hvor forskere kan byde ind på forskellige emner. Programmet omfatter mange forskellige emner (OPERA, 2011), her under fx identifikation og beskrivelse baseret på eksisterende informationer om egnede leraflejringer, som kunne rumme et geologiske depot (Vis & Verweij, 2014). Prisen for et kommende slutdepot er estimeret til ca. 2 mia. Euro inkl. forudgående undersøgelser.

1.2 Mellemlager, Greifswald, Tyskland

Indledning

Kernekraftværket i Greifswald blev lukket i 1991 og en afvikling påbegyndt. Bygning af mellemlager Nord blev startet i 1994, dekommissioneringen af atomkraftværket startede i 1995 og det første affald blev modtaget på mellemlageret i 1999. Mellemlageret indeholder både lav-, mellem- og højaktivt affald fra værkerne Greifswald og Rheinsberg. Det er hensigten, at affaldet skal overføres til et geologisk slutdepot, når Konrad slutdepotfaciliteten i det sydlige Nedre Sachsen er klar i 2019.



Mellemlager Nord set fra syd mod Østersøen omgivet af dobbelt sikringshegn.

Beskrivelse

Affaldet opbevares i 8 haller (i alt 20.000 m³), hvor hal 1–7 udelukkende indeholder lav- og mellem aktivt affald i forskellige typer beholdere. Hal 8 indeholder kun højradoaktivt affald i CASTOR beholdere. Lageret rummer både affald, som er pakket og affald, som senere skal

håndteres. En del af lagerbygningen er derfor indrettet med faciliteter til skæring, kompaktering, konditionering, dekontaminering og vandrensning. Et eksempel på affald, der skal pakkes om, er flere hundrede beholdere pakket for Konrad slutdepotet, da de ikke længere forventes at kunne accepteres i Konrad-faciliteten.

Et af lagerets sektioner huser store komponenter, fx trykvandstanke og dampgeneratorer, som afventer opskæring. Tankene bliver malet på overfladen før opbevaring på lageret for at forhindre spredning af fx radioaktiv kontamination og asbest. Der er god plads til operationer for de forskellige typer af affald, men designet er således, at affaldet snarest skal overføres til et slutdepot.

Mellemlageret er beliggende ca. 6 m over registreret højeste tidevand. Fremtidigt forhøjet tidevand og stigende havniveau og dermed efterfølgende oversvømmelse anses ikke for at være et problem for mellemlageret.

Placeringen er på terræn og mellemlageret er dermed potentielt udsat for terror og flystyrt.

Overvågningsprogrammet anvender bl.a. et system for spildevand fra mellemlageret, hvor det opsamles og analyseres for radioaktivt indhold.



ISO containere med lav- og mellemaktivt affald.

Der opretholdes en stor sikkerhed omkring adgangsforholdene i forbindelse med besøg og andre ærinder for personer, der ikke er ansat ved lageret med registrering ved indgangen og aflevering af pasoplysninger m.m. Der er flere private firmaer i operation inden for hele kernekraftværket, som er under afvikling.

Desuden er der et dobbelt sikringshegn omkring mellemlageret som en beskyttelse mod indtrængen af uvedkommende.

Der forefindes et center for information og foredrag.

2. Mellemlager og slutdepot

2.1 KLDRA, Kombineret mellemlager og slutdepot, Himdalen, Norge

Indledning

Det kombinerede mellemlager og slutdepot, der blev påbegyndt i 1994 og var færdigt i 1998, ligger i Himdalen øst for Oslo, et relativt tyndt befolkede område. Anlægget blev indviet i 1999 efter en byggeperiode på 1 ½ år. I 1997-kroner var byggeomkostningerne alene 72 mio. kroner.

Placeringen af anlægget blev besluttet af Stortinget efter mange års analyser (fra 1988) af egnede lokaliteter bl.a. angående de geologiske forhold og grundvand m.m. udført af Norges Geologiske Undersøgelse (NGU). Der var ikke lokal tilslutning til placeringen. På grund af placeringen kunne den norske stat nøjes med at købe området omkring indgangen af depotet. For områderne over depotet kunne man nøjes med at indføre byggerestriktioner. Vejen til depotet, som er en smal, kuperet grusvej gennem private skove, er heller ikke købt/reserveret til depotet.

Beskrivelse

Der er boret en tunnel ind i grundfjeldet, hvor der er etableret fire haller: Tre slutdepothaller med lav- og mellemaktivt kortlivet affald og en mellemlagerhal til affald med langlivede isotoper. Mellemlagerhallen skal være i drift foreløbig frem til ca. 2030. Der er 50 m grundfjeld over hallerne. Der er tilknyttet en servicehal med overvågningssystem bl.a. af radonkoncentration i luften.

Faciliteten er ubemandet til daglig, men der er etableret et overvågningssystem, så anlægget kan drives og styres fra Kjeller faciliteten, som ligger ca. 45 minutters kørsel fra Himdalen. Uregelmæssigheder meldes til politi og brandvæsen, samt til vagthavende på Kjeller. Overvågningen er sårbar, hvis strøm/elektronik svigter.



Indgang til Himdalen faciliteten i Østnorge.

Hallerne er uden loftdækning, men har grundfjeldet som loft. Nedbør, der trænger gennem sprækker i grundfjeldet, ledes væk fra affaldstromlerne vha. tykke "gummi-presenninger" ophængt i fjeldloftet. Hver deponthal består af fire fag med 30 cm tykke betonavægge med en 35 cm tyk bundplade. I fagene stables tromler i fire lag. For hvert lag støbes med letflydende, tæt beton. Der kan også placeres andre beholdere, som er dimensioneret, så de kan stables sammen med tromlerne. Under betongulvet er udlagt 60 cm nedknust grundfjeld, som skal opsamle drænvand, der transporteres til servicehallen, hvor der udtages vandprøver til analyse for radioaktivt indhold. Der siver dog også vand udenom drænene. Eventuelt radioaktivt forurenset vand transporteres væk med last- eller tankbil til behandling.

Tromlernes placering i mellemlagerhallen er som i slutdepotet, men tromlerne bliver ikke omstøbt med beton.

Servicehallen er indrettet med mindre lokaler til information og foredrag.



10

Tunnel i grundfjeldet med indgangsdør til to af de tre slutdepothaller (Fra Stattsbyg, 1998).



Mellemlager for langlivet affald i Himdalen.

Mellemlager – slutdepot

Himdalen faciliteten viser således muligheden for kombinationen af et mellemlager og et slutdepot, som er etableret med adskilte lagerrum for det opbevarede affald. Det virker hensigtsmæssigt med slutdepot og mellemlager samme sted. Det er dog klart, at sikkerheden for mellemlager-delen vil være mindre end for slutdepot-delen, da affaldet i slutdepotet er indstøbt i en betonbarriere.

3. Slutdepotfaciliteter

3.1 ANDRA, slutdepot, Center de l'Aube, Frankrig

Indledning

Aube slutdepot faciliteten blev taget i anvendelse i januar 1992, og det behandler og opbevarer lav- og mellemaktivt, kortlivet affald. Slutdepotet ligger ca. 50 km øst for Troye. Det



Det øverste foto viser ANDRA slutdepotet fra luften. Faciliteten er lokaliseret i en større skov. Det nederste foto viser den integrerede proces af opbygning af depotet og indfyldning af tromler med affald (fra ANDRA's informationsmateriale).

er et overfladedepot, som er lokaliseret i en skov (se foto) og fylder 95 ha. Alle bygninger m.m. holdes under træhøjde. Der kan opbevares 1 mio. m³ affald, og slutdepotet forventes at kunne være i operation i 50 år.

Det franske affald bliver placeret i betonbygninger, der løbende bliver bygget og fyldt op. Depotet er opbygget af betonceller (25m x 25m x 8m) i rækker af 5-6. Cellerne er opbygget af armeret beton.

Slutdepotet blev placeret efter detaljerede geologiske undersøgelser udført af den franske geologiske undersøgelse (BRGM). Under lokaliteten ligger impermeable lerlag overlejret af et tyndt sandlag, der fungerer som dræn.

Faciliteten har adgangskontrol (pas-id afleveres), men har i øvrigt også et gæstecenter, hvor der informeres om affaldsbehandlingen og deponeringen. Der er etableret et omfattende overvågningsprogram for vandmiljø, dyr og planter og fødevarer i omegnen af centret.

Beliggenheden på terræn gør faciliteten sårbar for terror og flystyrt.

Frankrig bruger i klassificeringen af affald også kategorien 'meget lavaktivt affald'. Dette affald deponeres i det såkaldte Cires depot, som har en kapacitet på 650.000 m³. Cires er ikke klassificeret som et nukleart anlæg og det er underlagt almindelig fransk miljølovgivning.

4. Udvalgt litteratur

ANDRA, 1996: Center de l'Áube. Disposal Facility, 31 sider.

ANDRA, 2012: In summary. National Inventory of Radioactive Material and Waste, 39 sider.

Bundesamt für Strahlenschutz, 2011: Endlager Konrad. Antworten auf die meistgestellten Fragen, 42 sider.

COVRA, 2013: Safety First. 14 sider.

COVRA, 2013: Management of radioactive waste. Introduktionsforedrag d. 24. september 2013, V/ Ewoud Verhoef, 62 power point slides.

COVRA, 2014: Design and Operational Aspects of the Interim Storage Facility in the Netherlands. Rapport til Dansk Dekommissionering, 31. Januar 2014, 16 sider.

Energiewerke Nord GmbH (EWN), 2008: Das Zwischenlager Nord, 31 sider.

IAEA, 2009: Peer Review of the Radioactive Waste Management Activities of COVRA, Netherlands, November-December 2009, Borssele. Netherlands. IAEA Safety Standards Applications Series No.8, 59 sider.

Norges offentlige utredninger (NOU), 2011: Mellomlagerløsning for brukt reaktorbrensel og langlivet mellomaktivt avfall. Rapport fra utvalg nedsatt av kongelig resolusjon av 16. januar 2009. Avgitt til Nærings- og handelsdepartementet 10. februar 2011. Departementernes servicecenter Informationsforvaltning, 2011:2, 95 sider.

Statens bygge- og eiendomsdirektorat, 1992: Deponi for lavt og middels radioaktivt avfall. Konsekvensutredning etter plan- og bygningsloven. Hovedrapport, 90 sider.

Statsbygg, 1998: Kombinert lager og deponi for lav- og middels radioaktivt avfall i Himdalen (KLDRA). Ferdigmelding nr. 558/1998, Prosjektnr. 93046, 15 sider.

Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålebeskyttelse og Beredskabsstyrelsen, 2011: Mellemlager Nord. Tysk lager for radioaktivt affald ved Østersøen. Besøg af de danske nukleare tilsynsmyndigheder, 10 sider.

Wergeland-Hasvik AS og Norse Decom AS, 2003: Etablering av anlegg for deponering av lavradioaktivt avfall fra oljeindustrien ved Stangeneset fyllplass, Gulen kommune. Melding etter Plan- og bygningsloven kap. VII-a, 26 sider.

Verhoef, E. & Schröder, T., 2011: Research Plan. OPERA-PG-CO004, 24 sider.

Vis, G.-J- & Verweij, J.M: Geological and geohydrological characterization of the Boom Clay and its overburden. OPERA-PU-TNO411, 86 sider.

Hjemmesider for de fire faciliteter:

ANDRA, l' Aube, Frankrig: www.andra.fr

COVRA, Bossele, Holland: www.covra.nl

EWN, Greifswald, Tyskland: www.ewn-gmbh.de

KLDRA, Himdalen Norge: www.ife.no

Hjemmesider for internationale organisationer:

International Atomic Energy Agency, IAEA: www.iaea.org

International Commission for Radiological Protection, ICRP: www.icrp.org

OECD- Nuclear Energy Agency, OECD-NEA: www.oecd-nea.org

Western European Nuclear Regulators Association, WENRA: www.wenra.org