

Utredning av behov for kapasitet til behandling og håndtering av radioaktivt avfall fram mot 2035

Statens strålevern

Innholdsfortegnelse

Definisjoner.....	3
Lover og forskrifter	3
Alfabetisk liste over begreper og forkortelser	3
1. Sammendrag.....	8
2. Innledning.....	11
3. Bakgrunn og status	13
4. Internasjonale konvensjoner og retningslinjer	20
4.1 Innledning.....	20
4.2 Internasjonale konvensjoner	20
4.3 Internasjonale anbefalinger og veiledninger	21
4.4 EU-direktiver og relaterte dokumenter	24
4.5 Nasjonal implementering.....	24
5. Typer radioaktivt avfall i Norge med trender fram mot 2035.....	25
5.1 Avfall fra nukleær virksomhet	26
5.1.1 Innledning.....	26
5.1.2 Brukt brensel.....	26
5.1.3 Driftsavfall.....	30
5.1.4 Avfall fra dekommisjonering	33
5.2 Avfall fra medisinsk bruk av radioaktive stoffer	35
5.2.1 Avfall fra diagnostisering og behandling med radiofarmaka	35
5.2.2 Avfall fra radiofarmaka-produksjon og protonbehandlingsanlegg.....	38
5.3 Avfall fra forskningsmessig bruk av radioaktive stoffer	41
5.4 Avfall fra forbrukerartikler og kapslede radioaktive strålekilder	45
5.4.1 Forbrukerartikler	45
5.4.2 Kapslede radioaktive strålekilder.....	45
5.5 Avfall fra petroleumsindustrien	46
5.6 Avfall fra prosessindustrien.....	50
5.7 Alunskifer.....	52
5.7.1 Avfall fra «gamle synder» - opprydning i tidligere deponert alunskifer	54
5.7.2 Oppsummering av mengder avfall fram mot 2035.....	55
5.8 Avfall fra gruvedrift	59
5.9 Avfall med organisk innhold som kan være problematisk å deponere	62
5.10 Avfall fra en hendelse.....	64
6. Avfallshåndtering	66
6.1 Deponi for farlig avfall	67
6.1.1 Deponi for farlig avfall bør ha tillatelse til å ta imot radioaktivt avfall	67
6.1.2 Avfallsmottak og deponi for farlig avfall kan også ta imot radioaktivt avfall med lavt innhold av radioaktive stoffer.....	67
6.1.3 Typer avfall som kan være både farlig avfall og radioaktivt avfall, og annet avfall som det kan være hensiktsmessig å deponere i et deponi for farlig avfall	68
6.2 Overflatedeponi	69
6.2.1 Type avfall overflatedeponi passer for.....	70
6.2.2 Kapasitetsbehov fram til 2035 for overflatedeponi	71

6.3 Nær-overflatedeponi	74
6.3.1 Type avfall nær-overflatedeponi passer for.....	74
6.3.2 Kapasitetsbehov fram til 2035 for nær-overflatedeponi.....	74
6.3.3 Annen viktig informasjon om nær-overflatedeponi og forvaltningen	78
6.4 Håndtering av brukt brensel og langlivet avfall	79
6.4.1 Kapasitetsbehov for håndtering av brukt brensel og langlivet avfall fram til 2035.....	79
6.4.2 Utfordringer med avfallsløsninger for brukt brensel og langlivet avfall	79
6.4.3 Annen viktig informasjon	82
6.5 Forbrenningsanlegg	83
6.5.1 Type avfall forbrenningsanlegg passer for.....	83
6.5.2 Kapasitetsbehov for forbrenningsanlegg fram til 2035	84
6.5.3 Utfordringer med forbrenning av radioaktivt avfall.....	85
6.5.4 Annen viktig informasjon om forbrenning av radioaktivt avfall og forvaltningen.....	86
7. Oppsummering med konklusjoner.....	87
7.1 Opprettelse av nasjonalt avfallsselskap	87
7.2 Håndtering av brukt brensel og nukleært avfall som ikke deponeres i KLDRA-Himdalen.....	87
7.3 Kapasitet i KLDRA-Himdalen	88
7.4 Forbrenning av radioaktivt avfall	89
7.5 Behov for et deponi for farlig avfall som også kan ta imot radioaktivt avfall.....	89
7.6 Håndtering av avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer	89
7.7 Syredannende bergarter som for eksempel alunskifer	90
7.8 Avfall fra petroleumsindustrien	90
7.9 Sortering og reduksjon av radioaktivt avfall før deponering	90
7.10 Videre oppfølging av utredningen	91
8. Vedlegg	92
8.1 Detaljert beskrivelse av estimerte mengder alunskifer til nå og fram til 2035.....	92
8.2 Internasjonale eksempler på disponering av ulike avfallskategorier.....	97
8.2.1 Eksempel – disponering av høyaktivt avfall (HLW).....	97
8.2.2 Eksempler – deponering av lav- og mellomaktivt avfall (LLW og ILW)	98
8.2.3 Eksempel – deponering av svært lavaktivt avfall (VLLW).....	99
8.2.4 Eksempel på landbasert deponering av avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer fra petroleumsindustrien.....	100
9. Referanser	102
9.1 Referanser til kapittel 4.....	102
9.2 Referanser til vedlegg 8.2.1	103
9.3 Referanser til vedlegg 8.2.4.....	103

Definisjoner

Lover og forskrifter

Forurensningsloven

Lov av 13. mars 1981 nr. 6 om vern mot forurensninger og avfall

Forskrift om radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall:

Forskrift av 1. november 2010 nr. 1394 om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall

Avfallsforskriften:

Forskrift av 1. juni 2004 nr. 930 om gjenvinning og behandling av avfall

Strålevernloven

Lov av 12. mai 2000 nr. 36 om strålevern og bruk av stråling

Strålevernforskriften:

Forskrift av 29. oktober 2010 nr. 1380 om strålevern og bruk av stråling

Atomenergiloven:

Lov av 12. mai 1972 nr. 28 om atomenergivirksomhet

Alfabetisk liste over begreper og forkortelser

Aktivitet¹:

Styrken til en radioaktiv kilde angitt i antall kjerneomdanninger (desintegrasjoner) per tidsenhet. Angis i enheten becquerel (Bq).

Aktivitetskonsentrasjon:

Aktivitet per volum- eller masseenhet av et materiale. I forskrift om radioaktiv forurensning og avfall benyttes spesifikk aktivitet (aktivitet per masseenhet) som mål på aktivitetskonsentrasjonen (enhet: Bq/g).

Brukt brensel:

Reaktorbrensel som har blitt bestrålt i en reaktor og er tatt ut av reaktoren.

Dekommisjoneringsavfall:

Radioaktivt avfall som vil oppstå i forbindelse med rivning og demontering av (i) nukleære anlegg, (ii) anlegg for protonbehandling og produksjon av radiofarmaka og (iii) offshoreinstallasjoner.

Deponeringspliktig radioaktivt avfall²:

Radioaktivt avfall med total eller spesifikk aktivitet større enn eller lik grenseverdiene i forskrift om radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall vedlegg I b.

¹ Definisjon hentet fra strålevernforskriften.

² Definisjon hentet fra forskrift om radioaktiv forurensning og avfall.

Deponering:	Permanent oppbevaring av avfall.
Deponi ³ :	Et permanent disponeringssted for avfall ved deponering av avfallet på eller under bakken.
Disponering ⁴ :	Endelig anbringelse av radioaktivt avfall f.eks. i form av forbrenning, gjenvinning eller kontrollert deponering.
Driftsavfall:	Radioaktivt avfall som oppstår under drift av eksempelvis de nukleære anleggene i Norge. Omfatter blant annet laboratorieavfall, metallavfall, filtermasser og konsentrat etter inndamping av flytende avfall. Driftsavfall omfatter ikke brukt brensel.
Dyp-geologisk deponi:	Et permanent disponeringssted i dype, stabile geologiske formasjoner.
Halveringstid:	Tiden det tar før antallet radioaktive kjerner er halvert, det vil si at aktiviteten er halvparten av sin opprinnelige verdi. Spesifikk for den enkelte nuklide. Halveringstiden for ulike nuklider varierer fra noen sekunder til flere tusen år.
HBWR	Forkortelse for <i>Halden Boiling Water Reactor</i> . IFEs atomreaktoren i Halden.
Henfall	Spontan omdanning av radioaktive kjerner (radionuklider) til stabile eller ustabile (radioaktive) datternuklider ved frigjøring av energi i form av stråling.
Høyaktivt (avfall):	Defineres av IAEA som avfall med så høy aktivitetskonsentrasjon at det genererer betydelige mengder varme fra radioaktivt henfall og/eller har store mengder langlivede radionuklider som det må tas hensyn til ved utformingen av et deponi. Høyaktivt avfall krever stor grad av skjerming fra omgivelsene da det avgir høye stråledoser. Høyaktivt avfall er normalt brukt reaktorbrensel eller restprodukter fra repressering av brukt brensel. Avfallskategorien er ikke definert etter norsk regelverk.
IAEA	The International Atomic Energy Agency
IFE	Institutt for Energiteknikk
Isotop	Variant av et grunnstoff. Forskjellige isotoper av samme grunnstoff har likt antall protoner, men ulikt

³ Definisjon hentet fra avfallsforskriften kapittel 9 *Deponering av avfall*.

⁴ Definisjon hentet fra avfallsforskriften kapittel 16 *Radioaktivt avfall*.

	antall nøytroner i kjernen. Ustabile (radioaktive) isotoper av samme grunnstoff har forskjellige radioaktive egenskaper.
JEEP I:	IFEs første atomreaktor til forskningsmessig bruk. I drift på Kjeller fra 1951 til 1966.
Jeep II:	Forskningsreaktor ved IFEs anlegg på Kjeller. Erstattet JEEP I i 1967 og er fortsatt i drift.
Kapslet radioaktiv strålekilde ⁵	Radioaktivt stoff som er innkapslet for å forhindre spredning av det radioaktive stoffet til omgivelsene.
KLDRA	Kombinert Lager og Deponi for lav- og middelsaktivt Radioaktivt Avfall
Kortlivet (avfall):	Generell beskrivelse av IAEA: radioaktivt avfall som ikke inneholder betydelige mengder radionuklider med halveringstider som overstiger 30 år. Ikke definert etter norsk regelverk.
KS1:	Kvalitetssikring av konseptvalg (KVU) før beslutning i regjering om å starte forprosjekt.
KVU:	Konseptvalgutredning.
<i>Landfill:</i>	Betegner en enklere form for deponering enn bruk av overflatedeponi, og i <i>landfills</i> stilles det ikke krav til at konstruerte barrierer mot ytre miljø skal omslutte hele deponiområdet.
Langlivet (avfall):	Generell beskrivelse av IAEA: radioaktivt avfall som inneholder betydelige mengder radionuklider med halveringstider som overstiger 30 år. Ikke definert etter norsk regelverk eller i norsk forvaltning.
Lavaktivt avfall:	Defineres av IAEA som avfall med innhold av radioaktive stoffer som overstiger grenseverdi for radioaktivt avfall, men som inneholder begrensede mengder langlivede nuklider. Avfallet krever skjerming og isolering fra omgivelsene i opptil noen få århundrer. Lavaktivt avfall kan omfatte materiale med relativt høy konsentrasjon av kortlivede nuklider eller materiale med relativt lav konsentrasjon av enkelte langlivede nuklider. Ikke definert etter norsk regelverk.
Menneskeskapt radioaktive stoffer:	Radioaktive stoffer som er kunstig fremstilt.
Met. Lab. II/Brønnetuset:	Metallurgisk laboratorium II. Tørrlager for brukt reaktorbrensel ved IFEs anlegg på Kjeller.

⁵ Definisjon hentet fra strålevernforskriften.

Middels/mellomaktivt avfall:	Defineres av IAEA som avfall med et høyere innhold av langlivede nuklider (sammenlignet med lavaktivt avfall). Slikt avfall kan inneholde langlivede nuklider (spesielt alfa-emittere) som ikke vil henfalle til et akseptabelt aktivitetsnivå i løpet av den tiden institusjonell kontroll med deponier kan forventes. Avfall i denne kategorien krever ifølge IAEA deponering i titalls til noen få hundre meters dybde. Avfallet vil ikke generere store mengder varme. Ikke definert etter norsk regelverk.
MOX-brensel	<i>Mixed Oxide Fuel (MOX)</i> : reaktorbrensel som inneholder mer enn ett oksid ⁶ av spaltbart materiale. Består vanligvis av gjenvunnet plutonium blandet med naturlig, repressert eller utarmet uran. MOX-brensel er et alternativ til konvensjonelt brensel (urandioksid) i lettvannsreaktorer.
NORA:	Forskningsreaktor i drift ved IFE i perioden 1961-1968.
NORM:	Forkortelse for <i>Naturally Occurring Radioactive Materials</i> . I en del litteratur brukes betegnelsen NORM om alle radioaktive stoffer som finnes i miljøet. NORM brukes også mer spesifikt om naturlig forekommende radioaktivt materiale hvor menneskelig aktivitet har økt potensialet for eksponering av omgivelsene. Hvis den menneskelige aktiviteten fører til at konsentrasjonen av radioaktive stoffer i materialet øker brukes også betegnelsen TENORM (<i>Technically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials</i>).
Nær-overflatedeponi:	Deponi som er plassert under overflaten, ofte i fjell.
Overflatedeponi:	Deponi som ligger åpent på bakken eller delvis nedgravd etter å ha fjernet masse.
Partikkelgenerator/partikkelakselerator:	Maskin som benytter elektromagnetiske felt til å drive frem elektrisk ladde partikler til høye hastigheter, samt holde partiklene i veldefinerte stråler. Mindre kraftige partikkelakseleratorer brukes blant annet til partikkelterapi og produksjon av radioaktive isotoper som anvendes innen medisin og forskning.

⁶ Uorganisk forbindelse som oksygen danner med andre grunnstoffer.

PET:	Positronemisjonstomografi. Diagnostisk undersøkelse som gjør det mulig å avbilde fysiologiske aktivitet i celler og vev. Teknikken innebærer at radioaktive stoffer tilføres pasienten, og er dermed en nukleærmedisinsk undersøkelsesmetode. Bildene fra PET-undersøkelse brukes til å studere en rekke sykdommer.
Radioaktivt avfall ⁷ :	Løsøregjenstander eller stoffer som regnes som avfall etter forurensingsloven § 27 første ledd, og inneholder eller er forurenset med radioaktive stoffer med spesifikk aktivitet som er større enn eller lik verdiene angitt i forskrift om radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall vedlegg I bokstav a.
Spesifikk aktivitet:	Aktivitet per masseenheter, dvs. aktivitet dividert med masse (vanlig enhet: Bq/g).
Stråledoser	Mål på energimengden stråling avsetter i vev. Den biologiske effekten vil variere med typen stråling og hva slags vev/organ som bestråles. Oppgis normalt i enheten millisievert, mSv.
Svært kortlivet avfall:	Defineres ifølge IAEA som avfall som kan lagres for henfall over en begrenset tidsperiode (opptil noen få år) og deretter klassifiseres som ikke-radioaktivt avfall. Slikt avfall omfatter primært radionuklider med svært kort halveringstid. Slike kortlivede radionuklider benyttes ofte innen medisin og forskning. Ikke definert etter norsk regelverk.
TOC	Forkortelse for <i>Total Organic Carbon</i> . Angir innholdet av karbon i et organisk materiale.
Åpen radioaktiv strålekilde ⁸	Radioaktivt stoff som ikke er innkapslet.

⁷ Definisjon hentet fra forskrift om radioaktiv forurensning og avfall.

⁸ Definisjon hentet fra strålevernforskriften.

1. Sammendrag

På oppdrag fra Klima- og Miljødepartementet har Statens strålevern utredet kapasitetsbehovet til behandling og deponering av radioaktivt avfall fram mot 2035. Departementet har bedt om en utredning av kapasitetsbehovet for behandlingsanlegg og deponering av radioaktivt avfall, samt så langt det er mulig gi en vurdering av forventet utvikling i mengder og type radioaktivt avfall og hvor i landet slikt avfall vil oppstå, og et overslag over hvilken kapasitet og antall anlegg/deponier det vil være behov for. Klima og miljødepartementet ba også om en vurdering av alternative behandlingsmetoder for radioaktivt avfall som ikke er deponeringspliktig, slik som forbrenning av forbruksmateriell fra sykehus, farmasøytisk produksjon og avfall fra forskning med lavt innhold av radioaktive stoffer, samt foreslå tiltak for å sikre tilstrekkelig sortering og reduksjon av avfall før deponering. Departementet har også bedt om en vurdering av organiseringen av avfallssystemet og aktørenes ulike roller i systemet. I tillegg har de fremhevet at utredningen må ta i betraktning arbeidet om å utrede ulike lokaliteter for et nytt nasjonalt anlegg for mottak av uorganisk farlig avfall hvor også avfall med naturlig forekommende radioaktive stoff skal inngå.

Statens strålevern har innhentet uttalelser fra virksomhetene som drifter avfallsmottak for utrangerte plattformer, deponiene og forbrenningsanlegget for radioaktivt avfall med spørsmål om deres prognoser av avfallssituasjonen fram mot 2035, samt spørsmål om de ser spesielle utfordringer fram til 2035. Det er også sendt tilsvarende spørsmål til bransjeorganisasjonene Norsk industri, Norsk forening for farlig avfall, Norsk olje og gass, i tillegg til Institutt for energiteknikk som driver forskningsreaktorene i Norge. Andre kilder til utredningen omfatter blant annet årsrapporter fra virksomheter som har tillatelse til å håndtere radioaktivt avfall eller til radioaktiv forurensning, radioaktivt deklart avfall, andre prognoser som kan ha innvirkning på mengde avfall som for eksempel forventet utvikling i gruvedrift, samt erfaring fra forvaltningen av radioaktivt avfall.

Organisering av avfallssystemet

Statens strålevern mener at for blant annet å drive det videre arbeidet med håndtering av brukt brensel fremover vil det være hensiktsmessig at det opprettes et eget avfallsselskap med ansvar for håndtering av brukt brensel og langlivet avfall. Et slikt avfallsselskap bør videre stå for driften av KLDRA-Himdalen og et eventuelt nytt KLDRA. Et hovedpoeng er at det nasjonale avfallsselskapet må være adskilt fra operatør(er) som produserer avfallet, noe som ikke er tilfellet i dag der IFE er avfallsprodusent, -behandler og ansvarlig for driften av deponiet i Himdalen.

Kapasitet i avfallsbehandlingssystemet

Brukt brensel og annet langlivet radioaktivt avfall

Det er flere store utfordringer knyttet til avfallshåndteringen av brukt brensel i Norge. Norge har ikke en endelig disponeringsløsning for langlivet radioaktivt avfall, inkludert brukt brensel. Det er viktig å få en løsning for dette avfallet. Ved valg av løsning bør det tas hensyn til om repressering av brenselet velges, eventuelt om alt det brukte brenselet eller kun det ustabile brenselet represseres, og hvilke løsninger man ser for seg for brukt brensel etter en eventuell runde med repressering i nær fremtid.

Inntil en endelig disponeringsløsning er på plass må det brukte brenselet og annet langlivet avfall mellomlagres. Avhengig av videre drift av forskningsreaktorene, er det i perioden frem mot 2035 ventet at dagens mellomlager på Kjeller og i Halden vil nå full kapasitet. Egnetheten til dagens mellomlagre i perioden frem mot 2035 er dessuten usikker. Det er derfor behov for å utvide lagringskapasiteten for brukt brensel.

Avfall fra nukleær industri, sykehus, forskning og annen industri

Det vil ikke være tilstrekkelig deponikapasitet for avfall fra dekommisjonering av IFEs nukleære anlegg i KLDRA-Himdalen. Deponiet er per dags dato det eneste deponiet som tar imot radioaktivt avfall med kunstige fremstilte radioaktive stoffer. Disponeringsløsninger etter lukking av KLDRA-Himdalen må planlegges og forberedes. Deponiet bør også inneholde et nytt lager for brukt brensel og langlivet avfall.

Forbrenning av radioaktivt avfall

Forbrenning av avfall er en egnet metode for å redusere mengden avfall og kan frigjøre deponikapasitet. Men basert på de små mengdene avfall i Norge fra medisinsk og forskningsmessig bruk, de korte halveringstidene og utfordringene med utslipp av radioaktive stoffer ved forbrenning anbefaler Statens strålevern at deponiet som erstatter KLDRA-Himdalen bør dimensjoneres til å kunne ta imot det radioaktive avfallet som KLDRA-Himdalen tar imot.

Behov for et deponi for farlig avfall som også kan ta imot radioaktivt avfall

I og med at en del av det farlige avfallet også er klassifisert som radioaktivt avfall, i tillegg til at forurensningsregelverket har lagt opp til at deler av dette avfallet kan sendes til mottak for farlig avfall uten særskilt tillatelse fra Statens strålevern, mener vi at det er viktig at et deponi for farlig avfall også har tillatelse til å ta imot radioaktivt avfall.

Naturlig forekommende radioaktive stoffer

Statens strålevern har et pågående informasjonsarbeid rettet mot prosessindustrien og andre industrier hvor det er sannsynlig at det oppstår radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer. Majoriteten av disse virksomhetene har per i dag ikke tillatelse til håndtering av radioaktivt avfall eller utslipp av radioaktive stoffer. Vi forventer derfor en økning i mengden radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer som må håndteres. Det er derfor viktig at det etableres egnede løsninger for dette avfallet. En del virksomheter som genererer avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer deponerer avfallet i eget deponi i tilknytning til virksomheten. Det er også viktig å få flere deponier som generelt kan ta imot avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer. Det er uheldig at det kun er en virksomhet som kan ta imot en type radioaktivt avfall slik at det oppstår en monopolsituasjon.

Syredannende bergarter, som for eksempel alunskifer

Utviklingen i mengdene potensielt syredannende bergarter er estimert og dersom utviklingen følger det laveste estimatet på 1 000 000 tonn vil dagens deponikapasitet være tilstrekkelig. Det er imidlertid sannsynlig at det vil være en høyere tilvekst av potensielt syredannende bergarter i perioden, slik at det blir behov for ytterligere deponi som kan ta imot alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter i perioden frem til 2035.

Videre oppfølging av utredningen

Statens strålevern vil følge opp funnene i denne utredning i vårt videre arbeid med radioaktivt avfall. Utredningen fremhever hvilke områder det kan være og vil være utfordringer med radioaktivt avfall i Norge fram til 2035. Disse områdene vil dermed kunne prioriteres innen forvaltningen.

IAEAs Joint Convention anbefaler utarbeidelsen av en nasjonal overordnet plan for håndtering av brukt brensel og annet radioaktivt avfall. Tilsvarende er det et krav i EUs Radioactive Waste Directive at medlemslandene skal utarbeide og vedlikeholde nasjonale planer for håndteringen av brukt brensel og annet radioaktivt avfall. Under gjennomgangen av Norges rapport til Joint Convention i 2015 ble Norge anbefalt å utarbeide og vedta en slik nasjonal overordnet plan.

Denne utredningen er det første steg i en slik nasjonal plan for håndtering av radioaktivt avfall. Funnene i denne rapporten vil kunne danne basis for den videre forvaltningen av radioaktivt avfall. Prioriteringene i forvaltningen vil kunne danne den neste delen av en slik handlingsplan for å sikre forsvarlig håndtering av det radioaktive avfallet i Norge.

2. Innledning

Oppdraget fra Klima- og miljødepartementet

Statens strålevern (Strålevernet) fikk i tildelingsbrevet fra Klima- og miljødepartementet for 2016 i oppdrag å utrede kapasitetsbehovet for behandling og deponering av radioaktivt avfall i Norge frem mot 2035. Utredningen skal inneholde en vurdering av utviklingen i mengder og kategorier av radioaktivt avfall i perioden, samt hvor i landet slikt avfall kommer til å oppstå. På bakgrunn av dette skal Statens strålevern vurdere kapasitetsbehovet innen avfallshåndtering og antallet anlegg eller deponier det vil være behov for i perioden frem mot 2035. I tillegg skal det gjøres en vurdering av alternative behandlingsmetoder for radioaktivt avfall som ikke er deponeringspliktig, slik som forbrenning av avfall fra sykehus, farmasøytisk produksjon og forskning. Utredningen skal også foreslå tiltak for å sikre tilstrekkelig sortering og reduksjon av avfallet før deponering. Videre bør utredningen inneholde en vurdering av organiseringen av avfallssystemet og aktørenes ulike roller i systemet.

Det er en nasjonal målsetning at forurensning ikke skal skade helse og miljø og at utslipp av helse- og miljøfarlige stoffer skal stanses, jf. Prop. 1 S (2016–2017) fra Klima- og miljødepartementet. Målsetningen innebærer at risiko for skade på omgivelsene skal minimeres og at utslipp av helse- og miljøfarlige stoffer kontinuerlig skal reduseres med intensjon om å stanse utslippene. De langsiktige målene for radioaktiv forurensning er i tildelingsbrevet fra Helse- og omsorgsdepartementet til Helsedirektoratet og i mål- og disponeringsbrevet fra Helsedirektoratet til Strålevernet, uttrykt som følger:

«Utslipp, risiko for utslipp og spredning av radioaktive stoffer som kan forårsake helse- og miljøskade, skal holdes på lavest mulig nivå, og alt radioaktivt avfall skal håndteres forsvarlig på godkjent måte».

Forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall trådte i kraft 1. januar 2011. Dette regelverket har styrket forvaltningen av radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall ved å sikre en felles nasjonal forvaltning av radioaktiv forurensning og annen type forurensning.

Radioaktivt avfall og håndtering av radioaktivt avfall

Avfall med en tilstrekkelig høy konsentrasjon av radioaktive stoffer defineres etter gjeldende regelverk som radioaktivt avfall. Det radioaktive avfallet kan inneholde både naturlig forekommende og menneskeskapt, kunstig fremstilte radioaktive stoffer. Kunstig fremstilte radioaktive stoffer brukes blant annet innen nukleær virksomhet, forskning og medisin, mens de naturlig forekommende radioaktive stoffene finnes i lave konsentrasjoner overalt i miljøet. I enkelte tilfeller kan imidlertid naturlig forekommende radioaktive stoffer opptre i forhøyede konsentrasjoner fra naturens side eller bli oppkonsentrert på grunn av menneskelige aktiviteter, som gruvedrift og industrielle prosesser.

Uavhengig av opprinnelse eller aktivitetskonsentrasjon, må radioaktivt avfall håndteres på en slik måte at verken nåværende eller fremtidige mennesker eller miljø blir skadelidende. Forsvarlig håndtering av radioaktivt avfall skal forhindre at de radioaktive stoffene i avfallet lekker ut i miljøet og medfører skade på omgivelsene. I tillegg må avfallshåndteringen foregå

på en slik måte at stråledoser til de personene som håndterer eller oppholder seg i nærheten av det radioaktive avfallet holdes så lave som mulig.

Dokumentets oppbygning

Bakgrunnen for oppdraget og nåværende status for Strålevernets forvaltning av radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall er beskrevet i kapittel 3. I kapittel 4 gis en kort gjennomgang av relevante internasjonale konvensjoner, direktiver og retningslinjer. Videre tar kapittel 5 for seg egenskaper og utfordringer knyttet til de ulike formene for radioaktivt avfall i Norge og den forventede utviklingen i mengdene av disse avfallstypene frem mot 2035. I kapittel 6 gis en kort beskrivelse av de ulike aktuelle løsningene for håndtering av radioaktivt avfall i Norge, herunder ulike deponiløsninger og forbrenningsanlegg. I tillegg tar kapittel 6 for seg hvilke typer avfall de ulike løsningene er egnet for og hva slags kapasitetsbehov det forventes å være innen hver avfallsløsning i tiden fremover. Strålevernets konklusjoner på oppdraget er gitt i kapittel 7.

3. Bakgrunn og status

Kort om regelverk

Strålevernet har i den senere tid etablert et solid forvaltningsregime for håndtering av radioaktivt avfall og radioaktiv forurensning. Siden 2011 har dette vært hjemlet i forurensningsloven. Før 2011 forvaltet Strålevernet radioaktivt avfall og radioaktiv forurensning etter Strålevernloven av 20. mai 2000 nr. 36 og strålevernforskrift 21. november 2003 nr. 1362. Det ble da gitt godkjenninger for utslipp av radioaktive stoffer og håndtering av radioaktivt avfall.

1. januar 2011 ble forurensningsloven gjort gjeldende for radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall ved ikrafttredelsen av forskrift av 1. november 2010 nr. 1394 om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall. Dette medførte at radioaktiv forurensning nå blir behandlet etter det samme regelverket som annen forurensning. Ikrafttredelsen av forskrift 1. november 2010 nr. 1394 medførte også at et nytt kapittel 16 om oppbevaring, levering og håndtering av radioaktivt avfall ble tilføyd avfallsforskriften.

Noe av det som ble endret ved overgangen fra strålevernslovgivningen til forurensningsloven, var at det ble fastsatt grenseverdier for hva som regnes som tillatelsespliktige utslipp. Det ble også fastsatt nye grenseverdier for hva som forvaltes som radioaktivt avfall og hva som er å anse som deponeringspliktig radioaktivt avfall. I tillegg ble det innført leveringsplikt og deklarasjonsplikt for radioaktivt avfall. Leveringsplikten innebærer at radioaktivt avfall må leveres til godkjent mottak minst en gang per år, mens deklarasjonsplikten innebærer at virksomheter som leverer radioaktivt avfall skal gi tilstrekkelige opplysninger om avfallets opprinnelse, innhold og egenskaper. Dette skal sikre at den videre håndteringen av avfallet kan skje på en forsvarlig måte. Når avfallet leveres, skal virksomheten fylle ut et elektronisk deklarasjonsskjema på www.avfallsdeklarering.no.

Bestemmelsene i avfallsforskriftens kapittel 16 har til formål å sikre at radioaktivt avfall tas hånd om på en slik måte at det ikke skaper forurensning eller skade på mennesker eller dyr, eller fare for dette, og å bidra til et hensiktsmessig og forsvarlig system for håndtering av radioaktivt avfall. Det følger av § 16-4 at radioaktivt avfall skal håndteres forsvarlig. Virksomheter skal treffe nødvendige tiltak for å unngå fare for forurensning eller skade på mennesker og miljø. Kapittel 16 i avfallsforskriften inneholder også regler om import og eksport av radioaktivt avfall (§§ 16-11 og 16-12). Det er Strålevernet som gir slike tillatelser. Ved eksport og import av offshoreinstallasjoner som inneholder både radioaktivt avfall og farlig avfall kreves kun tillatelse fra Miljødirektoratet, med en uttalelse fra Strålevernet.

Avfallsforskriften § 16-5 sier at den som håndterer radioaktivt avfall skal ha tillatelse fra Strålevernet. Regelverket åpner samtidig for at radioaktivt avfall, som både er klassifisert som radioaktivt og farlig avfall og samtidig er under grenseverdiene for deponeringspliktig radioaktivt avfall, kan håndteres av mottaker med tillatelse som omfatter farlig avfall uten egen tillatelse fra Strålevernet. Virksomheten må likevel følge generelle krav til håndtering av radioaktivt avfall og strålevern.

Ved eventuelle utslipp av radioaktive stoffer eller fare for slike utslipp fra deponi for farlig avfall, vil det imidlertid kreves tillatelse fra Strålevernet, jf. forskrift om radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall. En slik tillatelse vil da også regulere deponering av avfallet, selv om det er under grenseverdiene for deponeringspliktig radioaktivt avfall.

Det er viktig å ikke gjøre noen innskrenkninger av det som regelverket legger til rette for og ikke utelukke muligheter for mottak av radioaktivt avfall. Fremtidige deponier for farlig avfall bør derfor planlegge utformingen av deponiet fra prosjektering, slik at det er tilpasset håndtering av radioaktivt avfall.

Der hvor det foreligger en tillatelse til håndtering av radioaktivt avfall fra Statens strålevern vil denne tillatelsen gi vilkår for å sikre forsvarlig håndtering av det radioaktive avfallet, samt stille krav til avslutning av deponiet og etterbruk. For radioaktivt avfall som kan sendes til håndtering hos mottaker som kun har tillatelse til håndtering av farlig avfall anses denne tillatelsen, i tillegg til generelle krav i regelverket, som tilstrekkelig for å sikre en forsvarlig håndtering av det radioaktive avfallet. Erfaring viser at tiltak for å håndtere farlig avfall forsvarlig i stor grad sammenfaller med tiltakene for å håndtere radioaktivt avfall med lavt innhold av radioaktive stoffer forsvarlig.

Joint Convention og internasjonale konvensjoner

Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management (Joint Convention) skal sikre forsvarlig håndtering av radioaktivt avfall. Konvensjonen gjelder i utgangspunktet nukleært avfall, men kan også tolkes til å omfatte alle kategorier radioaktivt avfall. Norge har vært et av deltakerlandene siden konvensjonen ble gjort gjeldende i 1998. Dette innebærer at norsk regelverk og vår forvaltning av radioaktivt avfall, samt Strålevernets organisering, skal være i tråd med kravene i konvensjonen. *Joint Convention* og andre relevante internasjonale konvensjoner, direktiver, anbefalinger og veiledninger er beskrevet mer inngående i kapittel 4.

Klassifisering av radioaktivt avfall

IAEA (*The International Atomic Energy Agency*) klassifiserer radioaktivt avfall i følgende kategorier:

- **Friklasset avfall** (*Exempt Waste, EW*): Avfall som har et så lavt innhold av radioaktive stoffer at avfallet er unntatt forvaltning og ikke klassifiseres som radioaktivt avfall.
- **Svært kortlivet avfall** (*Very Short Lived Waste, VSLW*): Avfall som kan lagres for henfall over en begrenset tidsperiode (opptil noen få år) og deretter klassifiseres som ikke-radioaktivt avfall. Avfallskategorien omfatter primært radionuklider med svært kort halveringstid. Slike kortlivede radionuklider benyttes ofte innen medisin og forskning.
- **Svært lavaktivt avfall** (*Very Low Level Waste, VLLW*): Avfall med et innhold av radioaktive stoffer som *kan* overstige grenseverdiene for radioaktivt avfall. Slikt avfall har et lavt innhold av radioaktive stoffer, og krever liten grad av skjerming og isolering fra omgivelsene. Typiske eksempler kan være jord- og steinmasser. Svært lavaktivt avfall inneholder generelt lave nivåer av langlivede radionuklider.
- **Lavaktivt avfall** (*Low Level Waste, LLW*): Avfall med innhold av radioaktive stoffer som overstiger grenseverdier for radioaktivt avfall, men som inneholder begrensede mengder langlivede nuklider. Avfallet krever skjerming og isolering fra omgivelsene i opptil noen få århundrer. Lavaktivt avfall kan omfatte materiale med relativt høy konsentrasjon av kortlivede nuklider eller materiale med relativt lav konsentrasjon av enkelte langlivede nuklider.

- **Mellomaktivt avfall** (*Intermediate Level Waste (ILW)*): Avfall med et høyere innhold av langlivede nuklider (sammenlignet med lavaktivt avfall). Slikt avfall kan inneholde langlivede nuklider (spesielt alfa-emittere) som ikke vil henfalle til et akseptabelt aktivitetsnivå i løpet av den tiden institusjonell kontroll med deponier kan forventes. Avfall i denne kategorien krever ifølge IAEA deponering i titalls til noen få hundre meters dybde, men avfallet vil ikke generere store mengder varme.
- **Høyaktivt avfall** (*High Level Waste, HLW*): Avfall med så høy aktivitetskonsentrasjon at avfallet genererer betydelige mengder varme fra radioaktivt henfall og/eller har store mengder langlivede radionuklider som det må tas hensyn til ved utformingen av et deponi. Høyaktivt avfall krever stor grad av skjerming fra omgivelsene da det avgir høye stråledoser. Brukt reaktorbrensel eller restprodukter fra repressering av brukt brensel faller normalt inn under kategorien høyaktivt avfall.

Vi har valgt å ikke bruke disse avfallskategoriene i vårt nasjonale regelverk. Radioaktivt avfall klassifiseres i henhold til norsk regelverk som enten radioaktivt avfall eller deponeringspliktig radioaktivt avfall, avhengig av avfallets totale aktivitet eller konsentrasjon av radioaktive stoffer. IAEA's avfallsklassifisering er beskrevet nærmere i kapittel 4, der avfallsklassifiseringen også er knyttet opp mot egnet deponeringsløsning.

Oppsummering og konklusjoner fra forrige oppdrag

I 2014 fikk Strålevernet i oppdrag av Klima- og miljødepartementet (KLD) å utarbeide en overordnet oversikt over forvaltningen av radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall etter forurensningsloven, med beskrivelse av hva som var oppnådd siden regelverket trådte i kraft. I tillegg skulle det beskrives hvilke konsekvenser bestemmelsene i avfallsforskriftens kapittel 16 har hatt for håndteringen av avfall under deponiplikt og kapasiteten i avfallsbehandlingssystemet. Nedenfor følger oppsummering og konklusjoner fra notat av 22. desember 2014 der Strålevernet besvarte oppdraget.

Strålevernet mener det må vurderes om det skal utarbeides en nasjonal overordnet avfallsstrategi for radioaktivt avfall. En slik strategi vil gi retningslinjer og prioritering for videre arbeid med forvaltningen av radioaktivt avfall, samt gi retningslinjer for håndtering og disponering av radioaktivt avfall. Strategien bør omfatte alle former for radioaktivt avfall fra NORM med lavt innhold av radioaktive stoffer/nuklider, til brukt brensel, betraktninger med hensyn til hva som kan slippes ut, hva som bør håndteres som avfall og behovet for et nasjonalt avfallsselskap som kan drive prosessene rundt håndtering av brukt brensel og annet langlivet radioaktivt avfall, samt drift av KLDRA og et eventuelt nytt mellomlager.

En av de største utfordringene de neste årene vil være forvaltning av Institutt for energiteknikk.

- *Finne forsvarlige løsninger for brukt brensel og høyaktivt radioaktivt avfall.*
- *Finne løsning for stabilisering av avfallet og mellomlagring før det må finnes en løsning for endelig deponering av avfallet.*
- *Planlegges for forsvarlig fremtidig dekommisjonering av forskningsreaktorene, med tilhørende avfallshåndtering.*

De neste årene må myndighetene være pådriver for å oppnå tilstrekkelig kapasitet for deponering og forbrenning av radioaktivt avfall.

- *Behov for ytterligere deponikapasitet for flere typer radioaktivt avfall, fra brukt brensel til avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer (NORM).*
- *Behov for forbrenningsanlegg for radioaktivt avfall spesielt fra sykehus og forskning.*

Det Strålevernet vil fokusere mer på framover er stedlig tilsyn med at kravene i regelverket følges. Dette kommer i tillegg til dokumenttilsynet som føres gjennom virksomhetenes årlige rapportering.

- *Strålevernet har de siste årene fokusert på å gi tillatelser, nå er vi over i en fase hvor det er viktig å følge opp disse virksomhetenes håndtering av radioaktivt avfall og forurensning med blant annet stedlig tilsyn.*
- *Det er viktig å kartlegge de industriene som enda ikke er fullt ut forvaltet. Dette gjelder spesielt industrier som håndterer store mengder naturlige råstoffer, såkalte NORM-industrier. Kartleggingen skal sikre at forvaltningen av blant annet NORM-industrier er i tråd med internasjonale anbefalinger fra IAEA og EU, og deres styrende dokumenter for strålevern, Basic Safety Standard.*

Norge har vedtatt OSPAR-målene for 2020, hvor utslippene til nordøstlige deler av Atlanterhavet skal reduseres gradvis slik at konsentrasjonen av radioaktive stoffer i miljøet er nær bakgrunnsnivåer for naturlig forekommende radioaktive stoffer og nær null for menneskeskapte radioaktive stoffer.

- *Det er per dags dato kun injeksjon av radioaktive stoffer til grunn som kan redusere tilførselen av naturlig forekommende radioaktive stoffer til sjø fra petroleumsindustrien, og det er ikke en generell nedgang i de radioaktive utslippene. Det eksisterer flere kunnskapshull når det gjelder mulige effekter på marine organismer av utslipp av radioaktive stoffer fra petroleumsindustrien. Strålevernet vil derfor på eget initiativ iverksette utredninger for å bedre kunnskapen på disse områdene.*

Vår forvaltning etter f-loven, inkludert arbeidet med KVU-ene for radioaktivt avfall fra brukt brensel

Regelverksendringen som trådte i kraft 1. januar 2011 medførte at kravet til godkjenninger for utslipp av radioaktive stoffer og håndtering av radioaktivt avfall etter strålevernlovgivningen ble erstattet med krav til tillatelser etter forurensningsloven, jf. forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall §§ 4 og 5, jf. avfallsforskriften § 16-5.

I forbindelse med regelverksendringen ble det etablert en overgangsordning for de virksomhetene som allerede hadde eksisterende godkjenning etter strålevernlovgivningen og andre virksomheter som hadde behov for tillatelse etter forurensningsloven.

Overgangsordningen innebar at de berørte virksomhetene måtte søke Strålevernet om tillatelse etter forurensningsloven til utslipp av radioaktive stoffer og håndtering av radioaktivt avfall innen utgangen av 2011. I løpet 2013 ferdigbehandlet Strålevernet søknadene om tillatelser etter det nye regelverket. Overgangen mellom regelverkene førte således til at Strålevernet gjennom sin saksbehandlingen fikk fornyet oversikt over de aktuelle virksomhetene. Innføringen av leverings- og deklarasjonsplikten for radioaktivt avfall har

ytterligere styrket Strålevernets forvaltning, ved å bidra til økt kontroll med og oversikt over ulike fraksjoner av radioaktivt avfall.

Fra 2011 og fram til i dag er det gitt i overkant av 200 tillatelser. Disse tillatelse er gitt til virksomheter innenfor sykehus og forskning, petroleumsindustri, avfallshåndtering samt noe annen prosessindustri. Det er i perioden 2011 – 2015 ført ca. 30 stedlige tilsyn med virksomhetene som har fått tillatelse etter forurensningsloven. I tillegg følges hver virksomhet opp årlig gjennom årsrapporten de er forpliktet til å sende inn. Gjennom dette arbeidet har Strålevernet opparbeidet seg en bred erfaring innen forvaltningen av radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall etter forurensningsloven. Framover vil vi ha mer fokus på stedlige tilsyn med virksomhetene. I tillegg har vi fokus på å kartlegge om det er ytterligere industrier der det kan være oppstå radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer. Det er også et pågående arbeid for en helhetlig vurdering av om forvaltningen av petroleumsindustrien kan forbedres.

Strålevernet forvalter IFEs virksomhet i Halden og på Kjeller etter forurensningsloven, atomenergiloen og strålevernloven. Årlig gjennomfører Statens strålevern ca. 20 tilsyn med IFEs virksomhet. I perioden etter 2011 har Strålevernet særlig hatt fokus på tilstanden til det brukte brenselet og lagringsforholdene, avfallshåndtering fra produksjon av legemiddelet Xofigo, og sikkerhets- og sikringsarbeidet ved IFE. Etter en systemrevisjon i 2014 ble det avdekket alvorlige mangler ved IFEs sikkerhetskultur, noe som førte til at IFE ble satt under intensivt tilsyn.

I 2015 ble konseptvalgutredningen (KVU) for *Oppbevaring av norsk radioaktivt avfall* og KVU for *Fremtidig dekommisjonering av de nukleære anleggene i Norge* lagt frem. Kvalitetssikring (KS1) av KVU-ene i henhold til statens prosjektstyringsmodell ble lagt frem i 2016.

KS1 *Oppbevaring av norsk radioaktivt avfall* anbefaler repressering for alt ustabil brukte brensel. Videre anbefaler KS1 etablering av mellomlager for stabilt brukte brensel og repressert brensel og tilgang til dypdeponi. KS1 har lagt til grunn konkrete løsninger som anses å være tilgjengelige i dag. Samtidig peker KS1 på alternative løsninger som vil være like gode eller bedre enn løsningene som er anbefalt, men som ikke er basert på moden teknologi, eller som per i dag av andre grunner ikke er utprøvd.

For behandling av kortlivet radioaktivt avfall anbefaler KS1 en videreføring av dagens ordning, noe som medfører enten en utvidelse av KLDRA-Himdalen eller etablering av et nytt deponi.

I KS1 *Fremtidig dekommisjonering av de nukleære anleggene i Norge* vurderes spørsmålene om hvilket nivå for dekommisjonering som er samfunnsmessig mest lønnsomt, kostnad og videre planlegging. KS1 anbefaler umiddelbar dekommisjonering etter at beslutningen er fattet, og til et nivå som ikke legger restriksjoner for videre bruk av områdene.

De to utredningene har klare sammenhenger:

- Mengde radioaktivt avfall fra en dekommisjonering påvirker behovet for lager og deponi.
- Planen for håndtering av det brukte brenselet påvirker hva som kan dekommisjoneres.

Statens strålevern bidro med høringsinnspill til KVVU-ene og KS1-arbeidet, og deltar i en arbeidsgruppe nedsatt av Nærings- og fiskeridepartementet for oppfølging av anbefalingene fra utredningene. Flere av beslutningene vil imidlertid kreve påfølgende saksbehandling av Statens strålevern som myndighet. Myndighetsrollen begrenser derfor hva Statens strålevern kan involveres i.

Samarbeid med andre myndigheter

Strålevernet samarbeider med Miljødirektoratet om forvaltning av radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall. Samarbeidet er nedfelt i en avtale som spesifiserer hvilke saksområder direktoratene jevnlig skal samarbeide om. Koordineringen med Miljødirektoratet er nødvendig for en samordnet forvaltning etter regelverket, og er fremhevet i tidligere tildelingsbrev fra KLD. Videre samarbeider Strålevernet med fylkesmennene i saker som involverer forvaltning av radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall. Det er også opprettet et samarbeid med Petroleumstilsynet i forhold til håndheving av regelverket på petroleumindustriens område. Vi har også samarbeidet med Direktoratet for Mineralforvaltning innen forvaltning av gruvedrift. Strålevernet har også en samarbeidsavtale med Kystverket i forhold til beredskap ved ulykker som kan føre til radioaktiv forurensning.

Bakgrunnsdata til utredningen

Bakgrunnsdata til denne utredningen er hentet fra Strålevernets forvaltning, deklarasjoner av radioaktivt avfall for de siste 5 årene, årsrapporter og kontakt med bransjeorganisasjoner, avfallsprodusenter og virksomheter som håndterer radioaktivt avfall.

Det er utfordrende å kartlegge utviklingen innen mengder radioaktivt avfall over en lengre tidsperiode og utredningen baserer seg på en rekke forutsetninger og antakelser. De estimerte avfallsmengdene vil derfor være usikre. En rekke av faktorene som påvirker fremtidige avfallsmengder er vanskelige å vurdere. For eksempel er det vanskelig å forutsi utviklingen innen utvinning av olje og gass på norsk sokkel fram mot 2035, eller utviklingen av nye radiofarmaka til diagnose og behandling. Det er også usikkert når IFEs forskningsreaktorer vil bli dekommisjonert. Dette er eksempler som synliggjør usikkerheten forbundet med å forutsi mengder radioaktivt avfall relativt langt frem i tid.

Videre er våre antakelser basert på et relativt lite datagrunnlag. Kravet om avfallsdeklarerer ble innført da forurensningsregelverket trådte i kraft i 2011. For perioden 2011-2015 har Strålevernet derfor tilgang på tallgrunnlag fra deklarasjoner av radioaktivt avfall. Ved deklarerer registreres informasjon om det radioaktive avfallet, deriblant avfallets opprinnelse og innhold. Feildeklarasjoner kan imidlertid forekomme, og dette er en mulig feilkilde for de avfallsestimatene som baserer seg på deklarasjonsdata. Avfall deklarerer nå elektronisk på avfallsdeklarerer.no. Noen av feilkildene, som for eksempel at avfallsmottakers merknader på feil i deklarasjonen ikke fanges opp i myndighetenes oversikt, ble ved overgangen til elektronisk deklarasjon løst.

I perioden frem til 2011 ble det som nevnt gitt godkjenninger etter strålevernregelverket for avfallshåndtering og utslipp. Fra denne perioden har vi imidlertid et mindre datagrunnlag for de samlede mengdene radioaktivt avfall i Norge. Godkjenninger for håndtering av radioaktivt avfall ble innført da Strålevernforskriften ble vedtatt i 2003, med en overgangsperiode fram til

2006. Vår vurdering av utviklingen i mengder radioaktivt avfall i Norge de neste 20 årene baserer seg dermed på relativt få år med data.

4. Internasjonale konvensjoner og retningslinjer

4.1 Innledning

Dette kapittelet gir en oversikt over internasjonale dokumenter og annen internasjonal praksis når det gjelder atomsikkerhet, stråletrygghet og godt strålevern, som kan ha relevans for håndteringen av radioaktivt avfall i Norge.

Kapittel 4.2 tar for seg viktige internasjonale konvensjoner og traktater som inneholder juridisk bindende forpliktelser for de som signerer. Videre omhandler kapittel 4.3 anbefalinger og annen veiledning fra *International Commission on Radiological Protection (ICRP)*, *the International Atomic Energy Agency (IAEA)* og *the Nuclear Energy Agency of the Organisation for Economic Cooperation and Development (NEA-OECD)*. Organisasjonene er nevnt i denne rekkefølgen fordi ICRP anbefaler strålevernspinsipper, IAEA (i samarbeid med andre FN-organer) utvikler disse prinsippene til standarder og veiledninger, og NEA-OECD utvikler dokumenter om internasjonal praksis og erfaring basert på ovenstående og kontakt med operatører, lovgivere/myndigheter og andre berørte parter. Kapittel 4.4 går igjennom relevante EU-direktiver som inkluderer krav som er juridisk bindende for EU-statene. Avslutningsvis gir kapittel 4.5 en kort beskrivelse av anvendelsen av de ovennevnte dokumentene når det gjelder lover, standarder, anbefalinger og veiledninger på nasjonalt nivå, når man skiller mellom avfall som inneholder kunstig fremstilte radioaktive stoffer og avfall som inneholder naturlig forekommende radioaktive stoffer. I tillegg er det i vedlegg 8.2 gitt internasjonale eksempler på disponering av ulike avfallskategorier.

4.2 Internasjonale konvensjoner

Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management (IAEA, 1997) har som mål:

- i. Å oppnå og vedlikeholde et høyt nivå av sikkerhet i hele verden når det gjelder håndtering av brukt brensel og radioaktivt avfall, gjennom å øke og forbedre nasjonale tiltak og internasjonalt samarbeid, inkludert sikkerhetsrelatert teknisk samarbeid der det er hensiktsmessig;
- ii. Å sørge for at det gjennom alle stadier av håndteringen av brukt brensel og radioaktivt avfall foreligger effektiv beskyttelse mot potensielle farer, slik at individ, samfunn og miljø er beskyttet mot skadelige effekter av ioniserende stråling, nå og i fremtiden, på en slik måte at den nåværende generasjonen får oppfylt sine behov og ønsker, uten å ødelegge for kommende generasjoner;
- iii. Å forhindre ulykker med radiologiske konsekvenser og å redusere konsekvensene om de skulle komme til å oppstå i løpet av noen av de ulike stadiene i håndteringen av brukt brensel og radioaktivt avfall.

Joint Convention inneholder et antall tekniske og administrative krav. I noen tilfeller er kravene som angår brukt brensel bare gyldig dersom avtalepartene erklærer at dette er tilfellet.

Artikkel 19 sier at alle konvensjonens avtaleparter skal opprette og vedlikeholde et lovgivende og regulatorisk rammeverk som skal sørge for:

- i. Opprettelsen av anvendelige nasjonale sikkerhetskrav og reguleringer for strålingssikkerhet;
- ii. Et system for tillatelser til håndteringen av brukt brensel og radioaktivt avfall;
- iii. Et system for å forby drift av anlegg for håndtering av brukt brensel og radioaktivt avfall uten tillatelse;
- iv. Et system for hensiktsmessig institusjonell kontroll, tilsyn, dokumentasjon og rapportering;
- v. Håndhevelse av relevante forskrifter og betingelsene for tillatelse;
- vi. En klar tildeling av ansvar for de organer som er involvert i de ulike fasene i håndteringen av brukt brensel og radioaktivt avfall.

Andre konvensjoner fokuserer ikke direkte på håndteringen av radioaktivt avfall, men deres bestemmelser er relevante for deler av denne håndteringen. Dette gjelder følgende:

- *Convention on the Physical Protection of Nuclear Material* (IAEA, 2005a);
- *Amendment to the Convention for the Suppression of Acts of Nuclear Terrorism* (United Nations, 2005);
- *Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage*, 1963 (IAEA, 1996);

4.3 Internasjonale anbefalinger og veiledninger

Det følgende inkluderer viktige dokumenter som danner grunnlaget for utvikling av avfallshåndtering og regelverk på nasjonal basis. Legg merke til at selv om IAEA utgir dokumenter som kalles krav, er de ikke bindende for medlemsstatene. Dette kan skape forvirring hos de berørte parter.

IAEA Safety Fundamentals. Fundamental Safety Principles (SF-1) (IAEA, 2006a)

Dette dokumentet inkluderte og innlemmet et tidligere dokument som spesifikt tok opp prinsippene for håndteringen av radioaktivt avfall (IAEA, 1995). Det fastsetter prinsippene for berettigelse, optimalisering og dosegrenser, stort sett i tråd med de historiske anbefalingene til ICRP. Her er det lagt vekt på den lange halveringstiden til noen av radionuklidene i radioaktivt avfall:

Principle 7 of IAEA (2006a), som heter *Protection of present and future generations* sier at «mennesker og miljø, nå og i fremtiden, må beskyttes».

Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (IAEA, 2014)

Dette dokumentet beskriver og anbefaler et omfattende sett av standarder som er i samsvar med sikkerhetsprinsippene (*safety fundamentals*) nevnt ovenfor. De nyeste anbefalingene til ICRP ble lagt til grunn under utviklingen (ICRP, 2007).

ICRP Publication 81, Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste (ICRP, 2000)

«Når det gjelder å beskytte kommende generasjoner er de relevante indikatorene årlig individuell dose til en kritisk gruppe med normal eksponering og den årlige individuelle risikoen for en kritisk gruppe for mulig eksponering». ICRP anbefaler også «ikke mer enn 0,3 mSv per år som dosegrense for allmennheten fra deponert radioaktivt avfall», noe som «tilsvarende en risikogrense i størrelsesorden 10^{-5} per år». Dette er anvendelig i normale eksponeringssituasjoner. Det innebærer at årlig individuell dose og/eller årlig individuell risiko vanligvis blir brukt som grunnlagsdata for sikkerhetsvurderinger etter nedleggelse av deponier for radioaktivt avfall. I dokumentet står det også «... det er ikke sannsynlig at man kan oppnå total isolering på permanent basis, og noen avfallsfraksjoner kan slippes ut, noe som kan føre til en mulig økning av eksponering hundre- eller tusenvis av år fra nå». Videre veiledning om usikkerhet knyttet til langtidsberegninger blir gitt.

ICRP Publication 122, Radiological Protection in Geological Disposal of Long-Lived Solid Radioactive Waste (ICRP, 2013)

Dette dokumentet oppdaterer og utvider veiledningen når det gjelder geologisk deponering. ICRP er for øyeblikket i gang med et lignende dokument om nær-overflatedeponi. Den viktigste forskjellen er at naturlige eller menneskelige/menneskeskapt forstyrrelser av et nær-overflatedeponi er mer sannsynlig enn for et geologisk oppbevaringssted, for eksempel på 50 meters dyp. Hvis det ikke kan påvises tilstrekkelig sikkerhet for et nær-overflatedeponi, bør et dyp-geologisk deponi vurderes.

Classification of Radioactive Waste (IAEA, 2009a)

Dette dokumentet viser hvordan radioaktivt avfall er klassifisert i ulike kategorier, først og fremst som en veiledning til hvordan avfallet skal bli endelige disponert. Dokumentet identifisert seks kategorier av avfall, primært basert på aktivitetskonsentrasjonen, medregnet halveringstid og kapasitet til å generere betydelige mengder varme.

- *Exempt waste (EW)*: ikke deponeringspliktig avfall/ingen krav for håndteringen av avfall
- *Very Short Lived Waste (VSLW)*: mellomlagring for henfall
- *Very Low Level Waste (VLLW)*: overflatedeponi
- *Low Level Waste (LLW)*: nær-overflate deponi
- *Intermediate Level Waste (ILW)*: deponering i mellomdypt deponi
- *High Level Waste (HLW)*: dyp-geologisk deponi

Brukt reaktorbrensel er vanligvis tilstrekkelig varmegererende til å bli klassifisert som HLW, men det er ikke alltid slik, for eksempel i tilfellene med brensel med lav utbrenningsgrad fra forskningsreaktorer.

Specific Safety Requirements for Disposal of Radioactive Waste (IAEA, 2011a)

Dette dokumentet anbefaler 26 krav til avhending som gjelder avhending av alle typer radioaktivt avfall og typer av deponering nevnt i IAEA (2009a) i tillegg til deponering i borehull. Dokumentet er særlig relevant for avfall som deponeres i nær-overflatedeponi der det oppstår store mengder radioaktivt avfall som inneholder langlivede naturlig forekommende radionuklider, noe som skiller det fra annet radioaktivt avfall. De 26 kravene dekker:

- Statlig, juridisk og regulatorisk rammeverk
- Sikkerhetsarbeid
- Planer for sikkerhet
- Opprettelse, bruk og nedleggelse av et deponi
- Sikkerhetsgarantier
- Håndtering av eksisterende deponier

Sikkerhetskravene er de samme som de for andre deponier. Sikkerhetskravene etter nedleggelse av deponier er også de samme, men ikke nøyaktig de samme som hos ICRP.

IAEA har utgitt en rekke videre dokumenter som omhandler håndtering av radioaktivt avfall og regulering. Dette omfatter følgende dokumenter:

- *Specific Safety Guide, Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste* (IAEA, 2011b)
- *Specific Safety Guide, The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste* (IAEA, 2012)
- *Storage of Radioactive Waste* (IAEA, 2006b)
- *Pre-disposal of Radioactive Waste* (IAEA, 2009b)

Praktisk erfaring ved bruk av ulike metoder for vurdering har blitt dokumentert av NEA-OECD (NEA, 2012).

4.4 EU-direktiver og relaterte dokumenter

Council Directive 2013/59/EURATOM fastsetter grunnleggende sikkerhetsstandarder for beskyttelse mot farene som oppstår ved eksponering for ioniserende stråling, og følger i stor grad et utkast fra IAEA (2014). Direktivet tar ikke for seg beskyttelse av miljøet, jf. IAEA (2014) og dokumentet om *Safety Fundamentals* (IAEA, 2006a).

Council Directive 2011/70/EURATOM etablerte et samfunnsmessig rammeverk for ansvarlig og sikker håndtering av brukt brensel og radioaktivt avfall, igjen i stor grad parallelt med IAEA-dokumentasjon. Regulatorisk implementering av dette direktivet er underbygget av dokumenter utarbeidet av *Western European Nuclear Regulators' Association*:

- *Waste and Spent Fuel Storage Safety Reference Levels* (WENRA, 2014a)
- *Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels* (WENRA, 2014b)

Viktig veiledning ble utgitt tidligere i *Guidance on General Clearance Levels* (EC, 2000) og *Clearance and Exemption for natural sources of radioactivity* (EC, 2002).

4.5 Nasjonal implementering

Det finnes mange eksempler på håndtering og avhending av radioaktivt avfall av alle typer og metoder for deponering som er identifisert i ovennevnte tekst. Dette inkluderer avfall med kunstig fremstilte radioaktive stoffer, for eksempel fra nukleære aktiviteter og avfall fra sykehus, forskning og industri, i tillegg til avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer, slik som avfall fra olje- og gassindustrien, fosfatindustrien og avfall fra gruvedrift.

Detaljene rundt praksis for avfallshåndtering varierer, og det er viktig å ta de lokale forhold i betraktning, med ulikheter i tekniske og geografiske forhold, i tillegg til regelverk og mange andre faktorer. Imidlertid har man vanligvis et felles grunnlag i internasjonale dokumenter, spesielt basert på internasjonale konvensjoner og EU-direktiver.

Det kan nevnes at avhending av HLW ikke har blitt implementert, men regulatorisk godkjenning for bygging av et deponi for HLW-avfall har blitt innvilget i Finland. Det finnes planer for dette også i andre land, som for eksempel Sverige.

Deponier for ILW og LLW har vært i bruk på en vellykket måte i mange land i årevis. I noen tilfeller har det vært nødvendig å oppgradere anleggene for at de skal tilfredsstille moderne krav til sikkerhet, eller for at det fortsatt skal være behov for dem. Dette omfatter også anlegg for håndtering av veldig store volum av restavfall fra blant annet gruvedrift, som inneholder naturlige radionuklider fra en rekke industrier. Slike «gamle synder» er emne for fortsatt kartlegging og forbedring, som diskutert i Sneve and Strand (2016).

5. Typer radioaktivt avfall i Norge med trender fram mot 2035

Radioaktive stoffer kan deles inn i to hovedkategorier etter sin opprinnelse. Denne inndelingen gir kunstig fremstilte radioaktive stoffer og naturlig forekommende radioaktive stoffer.

Strålevernet forvalter materiale med naturlig forekommende radioaktive stoffer når menneskelige aktivitet har ført til oppkonsentrering av radioaktive stoffer eller på annen måte har økt potensialet for stråleeksponering av omgivelsene.

Eksempler på menneskelig aktivitet som genererer radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer er gravearbeider, gruvedrift, petroleumsindustri, samt prosessindustri hvor mineraler og andre råstoffer bearbeides. Egenskapene til avfallet vil variere med avfallets opprinnelse og sammensetning. Et fellestrekk er imidlertid at de naturlige forekommende radioaktive stoffene som oftest har lange halveringstider. De viktigste radionuklidene i avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer er kalium-40, uran og thorium, samt nuklidene som inngår i de naturlige henfallskjedene til uran og thorium, deriblant radium-226 og radium-228.

Radioaktive stoffer kan også fremstilles kunstig i en atomreaktor eller partikkelakselerator. De kunstig fremstilte radioaktive stoffene brukes blant annet innen nukleær virksomhet, forskning, industri og medisin. Kunstig fremstilte radioaktive stoffer har vært viktige i utviklingen av ulike åpne og kapslede radioaktive strålekilder, som har mange bruksområder innen forskning, medisin og industri. De åpne radioaktive kildene består av radioaktivt stoff i form av gass, væske eller fast stoff som ikke er innkapslet, mens kapslede strålekilder er radioaktivt stoff som er innesluttet i et ikke-radioaktivt materiale.

Både produksjon og bruk av kunstig fremstilte radionuklider genererer radioaktivt avfall. Avfall fra den nukleære virksomheten utgjør en vesentlig del av denne avfallskategorien. Særlig utfordrende er håndtering av det brukte brenselet etter drift av forskningsreaktorene. Videre er det en betydelig avfallsmengde som oppstår i forbindelse med driften av de nukleære anleggene, og ikke minst vil en nedleggelse (dekommisjonering) av disse anleggene gi opphav til en stor avfallsmengde.

5.1 Avfall fra nukleær virksomhet

5.1.1 Innledning

Det er kun Institutt for energiteknikk (IFE) som har konsesjon til å drive atomanlegg (nukleær virksomhet) i Norge. Statsbygg har imidlertid en konsesjon som eier av KLDRA-Himdalen. IFE har siden 1951 hatt fire ulike forskningsreaktorer i drift. I tillegg til reaktorene omfatter IFEs konsesjoner lagrene for bestrålt og ubestrålt brensel, brenselinstrumenteringsverkstedene, anlegg for behandling av radioaktivt avfall og metallurgiske laboratorium.

Dette kapittelet omhandler radioaktivt avfall fra den nukleære virksomheten i Norge. Kapittelet er delt inn i tre delkapitler:

- 1) *Brukt brensel*, som er avfall i form av reaktorbrensel som er blitt bestrålt i en reaktor og som permanent er tatt ut av reaktoren.
- 2) *Driftsavfall*, som er avfall som oppstår under driften av de nukleære anleggene, og omfatter blant annet laboratorieavfall, metallavfall, filtermasser og konsentrat etter inndamping av flytende avfall.
- 3) *Dekommisjoneringsavfall*, som er radioaktivt avfall som vil oppstå i forbindelse med rivning og demontering av de nukleære anleggene i Norge.

5.1.2 Brukt brensel

Ulike utvalg har vurdert disponeringsløsninger for det brukte brenselet ved IFE og for langlivet radioaktivt avfall. Berganutvalget la frem NOU 2001:30 *Vurdering av strategier for sluttlagring av høyaktivt reaktorbrensel*, hvor det anbefales at det bygges et nytt, sentralt mellomlager og at arbeidet med å utrede burde starte umiddelbart og at endelig valg av deponiløsning utsettes i påvente av teknologisk utvikling og internasjonalt samarbeid. I 2004 opprettet Nærings- og handelsdepartementet et utvalg for *Eablering av nytt mellomlager for høyaktivt avfall, fase 1* (fase 1-utvalget) for å kartlegge Norges lagringsbehov for høyaktivt avfall, utrede alternative tekniske løsninger, og identifiserer sentrale momenter ved valg av teknisk løsning og lokalisering. Utvalget skulle ikke ta stilling til lokalisering. I tillegg skulle utvalget utarbeide forslag til mandat for et fremtidig fase 2-utvalg. For å gi en faglig utredning av spesialbehandling av ustabil brukte brensel, ble et teknisk utvalg oppnevnt (Teknisk utvalg) som leverte sine anbefalinger i 2010. Fase 2-utvalget (Strandenuutvalget) la anbefalingene fra fase 1-utvalget og Teknisk utvalg til grunn da det la frem sine anbefalinger i NOU 2011:2 *Mellomlagerløsninger for brukte reaktorbrensel og langlivet mellomaktivt avfall*. I 2015 ble konseptvalgutredningen (KVU) for *Oppbevaring av norsk radioaktivt avfall* og KVU for *Fremtidig dekommisjonering av de nukleære anleggene i Norge* lagt frem. Kvalitetssikring KS1 av KVU-ene i henhold til statens prosjektstyringsmodell ble lagt frem i 2016.

KS1 anbefaler repressering for alt ustabil brukte brensel. Dette alternativet vurderes som bedre enn kun repressering av det metalliske brensel fordi det kun er marginalt dyrere enn repressering av alt det ustabile brenselet (aluminiumskapslet metallisk brensel og aluminiumskapslet urandioksidbrensel). Repressering av alt det brukte brenselet ble vurdert å være vesentlig dyrere enn repressering av kun det ustabile brenselet, mens effektene av repressering av også stabilt brensel, det vil si å få en enhetlig form for avfallet og med en ekstra glassbarriere for det stabile brenselet, ikke var verdt merkostnaden. Videre anbefaler KS1 etablering av et mellomlager for stabilt brukte brensel og repressert brensel og tilgang

til dypdeponi. KS1 har lagt til grunn konkrete løsninger som anses å være tilgjengelige i dag. Samtidig peker KS1 på alternative løsninger som vil være like gode eller bedre enn løsningene som er anbefalt, men som ikke er basert på moden teknologi, eller som per i dag av andre grunner ikke er utprøvd. Særlig to muligheter er pekt på som potensielt kostnadsbesparende. Internasjonalt samarbeid om mellomlagring og/eller deponering av atomavfall, særlig internasjonalt samarbeid i form av eksport eller i form av tilgang til utenlandsk deponi vil kunne gi betydelige kostnadsbesparelser. Dersom det skal bygges et deponi for langlivet avfall i Norge, vil det være fordelaktig om det kan gjøres med en mindre kostnadskrevende teknologi enn det som er anvendt for geologisk dypdeponi. Mellomdype geologiske deponi eller dype borehull er teknologiske løsninger som er diskutert, men som foreløpig ikke er realisert. Slike løsninger vil potensielt være mer kostnadseffektive å bygge enn geologisk dypdeponi, samtidig vil det kunne være meget kostbart å utvikle teknologien slik at sikkerheten er bevist og metoden kan lisensieres.

i. Kort om egenskaper ved brukt brensel

Brukt brensel inneholder så høye nivåer av radionuklider at det genereres betydelig mengde stråling og varme fra radioaktivt henfall og inneholder høye aktivitetskonsentrasjoner av langlivede radionuklider. Det stilles derfor svært høye krav til sikkerheten ved håndtering og disponeringen av brukt brensel.

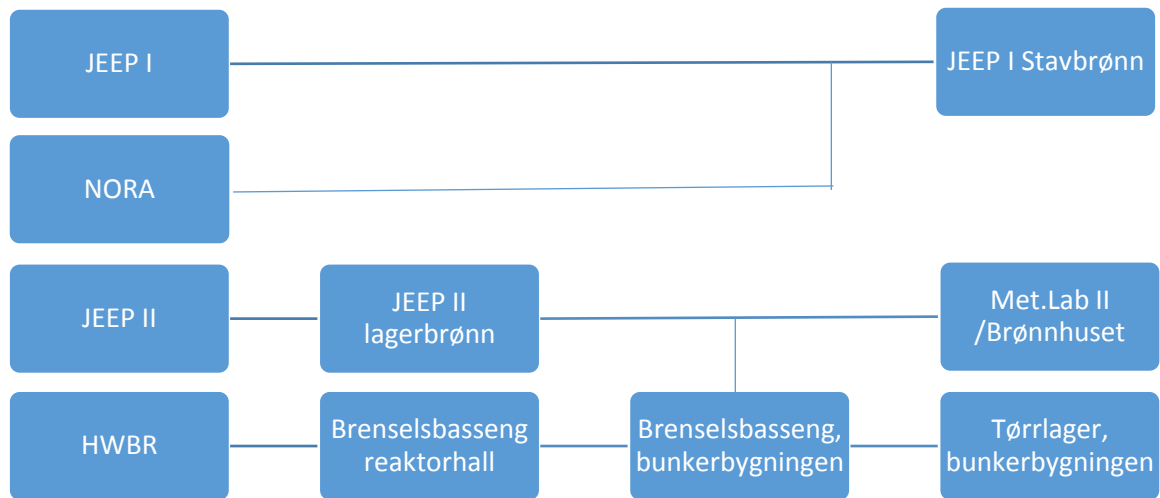
Internasjonalt er den mest egnede endelige løsningen for brukt brensel ansett å være deponering i dype, stabile geologiske formasjoner, som sammen med konstruerte barrierer skal forhindre kontakten mellom det brukte brenselet og omgivelsene. Slik dyp geologisk deponering av radioaktivt avfall er beskrevet i kapittel 5.4. Det finnes per i dag ingen slike deponier i drift, men det er under planlegging/bygging i bl.a. Finland og Sverige. Utviklingen og utprøving av andre disponeringsløsninger, som for eksempel deponering i dype borehull, pågår, men er ikke kommet like langt som for deponering i dype geologiske formasjoner og anses derfor som mer usikre alternativer.

ii. Mengder avfall med brukt brensel til nå og fram mot 2035

Det er kun ved Institutt for energiteknikk (IFE) sine forskningsreaktorer det dannes brukt brensel i Norge. I perioden 1951-2016 har IFE hatt totalt fire ulike forskningsreaktorer i drift: JEEP I, NORA, JEEP II og HBWR. De to reaktorene JEEP II og HBWR er fortsatt i drift og ligger henholdsvis på Kjeller og i Halden. Det brukte reaktorbrenselet fra IFEs virksomhet består hovedsakelig av metallisk brukt brensel fra den tidligere atomforskningen, oksidbrensel med aluminiumskapsling (JEEP II) og oksidbrensel med zirkoniumkapsling (HBWR).

Alt brukt reaktorbrensel som genereres i Norge lagres ved IFEs anlegg på Kjeller og i Halden. Figur 1 gir en overordnet fremstilling av håndteringen og lagringen av brukt reaktorbrensel ved disse anleggene. Det brukte reaktorbrenselet fra JEEP II lagres først lokalt i brenselsbasseng ved JEEP II på Kjeller. Det brukte brenselet fra HBWR lagres først i brenselsbasseng i reaktorhallen. Når kortlivede isotoper har henfalt og restvarmen er redusert tilstrekkelig, overføres så brensel fra JEEP II til tørrlageret Met. Lab. II/Brønnetuset på Kjeller. Brensel fra HBWR overføres til brenselsbassenget i bunkerbygningen i Halden. Noe

av eksperimentalbrenselet fra HBWR overføres til Kjeller for undersøkelser, og deretter lagring på Met. Lab. II/Brønnhuset på Kjeller.



Figur 1: Skjematisk prosessflyt for behandling av brukt brensel ved IFE.

I perioden fra 1951 til 2016 er det akkumulert ca. 16 tonn brukt brensel fra IFEs forskningsreaktorer. Om lag 1/3 av dagens totale mengde lagret reaktorbrensel er brensel bestående av anriket uranoksid. Denne typen brensel brukes ved reaktorene som er i drift og kan deles i følgende to kategorier: (1) JEEP II-brensel bestående av anriket urandioksid i aluminiumkapsling og (2) HBWR-brensel bestående av anriket urandioksid i zircaloykapsling. Rundt 2/3 av den totale mengden lagret brukt brensel er ustabil metallisk uranbrensel i aluminiumkapsling. Dette brenselet stammer hovedsakelig fra reaktordriften på 1950 og 60-tallet. Inkludert i de nevnte brenselstypene er eksperimentalbrensel som har vært testet i Halden. Majoriteten av eksperimentalbrenselet er oksidisk uranbrensel. En mindre del av eksperimentalbrenselet består av andre materialer, f.eks. MOX-brensel (*mixed oxide fuel*).

Tabell 1 gir en oversikt over mengde brukt brensel lagret ved de forskjellige lagrene. Forventet årlig tilvekst av brukt brensel ved drift av JEEP II er ca. 22 kg per år, mens drift av HBWR gir en forventet årlig tilvekst på ca. 80 kg. I tillegg til reaktorkjernene utgjør dette forventet mengde brukt brensel i 2035, og utgjør 9,8 tonn metallisk uranbrensel, 2,1 tonn urandioksidbrensel med aluminiumkapsling og 6,2 tonn urandioksid med zircaloykapsling.

Ved fortsatt reaktordrift har IFE estimerer at lagringskapasiteten vil være nådd i 2025 i Halden og i 2032 på Kjeller. Denne lagringskapasiteten er imidlertid avhengig av at lagringsforholdene er forsvarlige. Lagrene er imidlertid gamle og ikke konstruert for langtidslagring. I den senere tid har IFE oppdaget fukt i JEEP I Stavbrønn. IFE gjennomfører nå undersøkelser av lageret på bakgrunn av dette. Dersom undersøkelsene gir resultater som konkluderer med at lageret ikke lenger er forsvarlig, må det oppgraderes eller en ny oppbevaringsløsning må på plass umiddelbart. Etablering av et nytt lager eller oppgradering

av eksisterende lager er imidlertid tidskrevende prosesser. Statens strålevern har videre avdekket fukt/vann i lageret ved Met. Lab. II/Brønhuset under et tilsyn, og tiltak er igangsatt for å sikre at lagringsforholdene er tilfredsstillende.

Tabell 1: Lagret brukt brensel i Norge (gitt i tonn).

Brensel	Kapsling	Stabilt/ustabilt	Mengde, tonn	Plassering/Lager
Metallisk uran	Aluminium	Ustabilt	3,1	JEEP I Stavbrønn, Kjeller
			6,7	Horisontallager, Halden
	Sum		9,8	
Urandioksid	Aluminium	Ustabilt	0,2	JEEP II-Lagerbrønn, Kjeller
			1,2	Met. Lab II, Kjeller
			0,1	JEEP I Stavbrønn, Kjeller
	Sum		1,5	
	Zircaloy	Stabilt	0,6	Håndteringsbasseng, Halden
			1,3	Brenselsbasseng, Halden
			1,8	Horisontallager, Halden
			0,6	Met. Lab II, Kjeller
			Sum	

iii. Utfordringer med brukt brensel

Det er flere store utfordringer med avfallshåndteringen av brukt brensel i Norge. Deler av det brukte brenselet er ikke egnet for langtidslagring/deponering. Videre må tilstanden til deler av brenselet og lagringsforholdene kartlegges, og eventuelt utbedres.

Tilstand metallisk brensel og lagrene

Metallisk brensel er ustabilt fordi det kan reagere med vann og bli selvantennelig. Brensel med aluminiumkapsling kan også reagere med vann og korrodere kapslingen. Disse brenselstypen egner seg derfor ikke for langtidslagring eller deponering uten noen form for behandling. Utvalg som tidligere har vurdert disponering av brukt brensel har derfor forslått repressering av brenselet, primært i Frankrike ved AREVAs anlegg i La Hague. Under repressering av brensel skilles uran og plutonium ut for videre bruk i kjernekraftreaktorer, mens resterende radioaktive avfallsprodukter konsentreres og blandes med glass (vitrifisering). Andre behandlingsmåter for stabilisering er også vurdert, men de er ikke kommersielt tilgjengelige, og vurderes derfor som mer usikre enn repressering.

I november 2015 ble det oppdaget fukt i JEEP I Stavbrønn. Det er også avdekket korrosjonsskader på brensel i JEEP I Stavbrønn og at 18 av 97 brenselsbeholdere sitter fast. Det må avgjøres om lagret må erstattes umiddelbart eller om tilstanden vil være akseptabel i de årene det vil ta før en eventuell transport til repressering kan gjennomføres. Dersom umiddelbare tiltak er nødvendige, må det anskaffes teknisk utstyr for behandling og ompakking av brenselet. Det haster med å finne løsninger for å frigjøre brenselsbeholdere som sitter fast. Ved en eventuell repressering ved AREVAs anlegg kreves det at brenselet kappes og forbedres før transport, noe som bland annet vil kreve ny infrastruktur i form av

hot-celle(r), støttesystemer og midlertidige lagre. Det må også oppgis mer detaljert informasjon om brenselet for en eventuell forsendelse. IFE er pålagt å gjøre tilsvarende undersøkelser av det brukte brenselet i Halden. Disse undersøkelsene er i ferd med å ferdigstilles.

Endelig disponeringsløsning

Norge har ikke en endelig disponeringsløsning for brukt brensel og langlivet radioaktivt avfall som ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen. Det vil ta lang tid å få etablert en slikt disponeringsløsning. Ulike disponeringsalternativer er vurdert, og valg av løsning bør ta hensyn til om repressering velges, eventuelt om alt det brukte brenselet eller kun det ustabile brenselet represseres, og hvilke løsninger man ser for seg for brukt brensel etter en eventuell runde med repressering i nær fremtid. Både en endelig disponeringsløsning for brukt brensel og repressering er svært kostnadskreven, og valg av løsninger nå bør være rustet til å ta hånd om brukt brensel og annet langlivet radioaktivt avfall i all overskuelig fremtid.

Inntil en endelig disponeringsløsning er på plass må det brukte brenselet mellomlagres. Dersom drift av forskningsreaktorene fortsetter, er det i perioden frem mot 2035 ventet at dagens mellomlager på Kjeller og i Halden kan gå fulle. Egnetheten til dagens mellomlagre i perioden frem mot 2035 er dessuten usikker. Det er derfor behov for å utvide lagringskapasiteten til brukt brensel, arbeidet bør starte så snart som mulig.

Organisering

For å drive det videre arbeidet med håndtering av brukt brensel fremover, bl.a. sørge for videre utredninger av ulike alternativer og søke om nødvendige tillatelser osv. slik at vedtak blir fattet, ville det vært en fordel om det opprettes et eget avfallsselskap med ansvar for håndtering av brukt brensel uavhengig av IFE. Det bør også vurderes om et slikt avfallsselskap bør stå for driften av KLDRA-Himdalen og et eventuelt nytt deponi for lav- og middelsaktivt radioaktivt avfall (se også kapittel om «driftsavfall»).

5.1.3 Driftsavfall

Radioaktivt avfall fra IFEs drift håndteres av Radavfallsanlegget på Kjeller. I tillegg til IFEs eget avfall fra forskningsreaktorene, isotopproduksjon og forskningsvirksomhet, mottar Radavfallsanlegget også lav- og mellomaktivt radioaktivt avfall fra andre forskningsinstitutter, sykehus, Forsvaret, industri og enkelte forbrukerartikler (ioniserende røykvarslere og exit-skilt). Radavfallsanlegget behandler og pakker avfallet, før det transporteres til kombinert lager og deponi for lav- og middelsaktivt radioaktivt avfall (KLDRA) i Himdalen. Avfall som ikke kan deponeres i kombinert lager og deponi for lavt- og middelaktivt radioaktivt avfall i Himdalen (KLDRA-Himdalen) mellomlagres inntil en endelig disponeringsløsning er på plass.

i. Kort om egenskaper ved driftsavfall

Driftsavfallet fra den nukleære virksomheten varierer stort i hvor stålingsintensiv det er. Det benyttes ulike metoder for å behandle og emballere ulike avfallsfraksjoner.

Avfallshåndteringen går i hovedtrekk ut på å redusere avfallsvolumet, sikre avfallet mot utlekking og redusere strålingen fra avfallet. Avfallet er for det meste lav- og mellomaktivt og deponeres i KLDRA-Himdalen. Driftsavfall som inneholder så store mengder langlivede radionuklider at det ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen, mellomlagres hos IFE på Kjeller.

ii. Mengder driftsavfall til nå og fram mot 2035

Avfall som overføres til KLDRA-Himdalen pakkes i tønner (210 liter med en innerbeholder ved behov for ekstra skjerming), kokiller (betongkasser) og stålkasser. Historisk har avfallsvolum deponert i KLDRA-Himdalen blitt oppgitt i antall tønneekvivalenter, der volum av kokiller og stålkasser omregnes til antall tønner.

Avfallsmengden som overføres til KLDRA-Himdalen varierer, men har de senere årene utgjort ca. 170 -180 tønneekvivalenter per år, hvorav driftsavfall fra nukleær virksomhet har utgjort 80-90 tønneekvivalenter per år. Deponiet mottar lavt- og middelsaktivt avfall, innhold av langlivede radionuklider i avfallet er begrenset av krav til innhold i deponiet og den enkelte avfallstønne, og av påvirkning til den mest utsatte befolkningsgruppen som følge av utlekking etter lukking av deponiet (funksjonskravet).

IFE har etter pålegg fra Statens strålevern de senere årene fjernet deler av det nedlagte Uranrenseanlegget. Når dette arbeidet slutføres vil avfallsmengden som årlig overføres til KLDRA-Himdalen reduseres. Anlegget er imidlertid gammelt og det har vist seg vanskelig å få tilstrekkelig oversikt over aktivitetene som foregikk der. Dette medfører risiko for å avdekke uforutsette avfallsfraksjoner og –mengder. Videre er deler av infrastrukturen fra Uranrenseanlegget i bruk ved Radavfallsanlegget i dag, og bør ikke fjernes. Annet driftsavfall fra den nukleære virksomheten ved IFE er ventet å være uendre.

Avfall som ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen

IFE lagrer enkelte avfallsfraksjoner som det ikke finnes en endelig disponeringsløsning for. Dette er:

- *Ubestrålt uranholdig materiale.*
Denne fraksjonen utgjør ca. 2-3 tonn, og stammer fra overskuddsmateriale fra brenselsproduksjon i form av for eksempel tillagede pellets som ikke er i henhold til gitte spesifikasjoner. Videre inkluderer fraksjonen ferdig produserte brenselementer for bruk i JEEP I som ble lagret da reaktoren ble dekommisjonert, og skjermingsbeholdere av utarmet uran hovedsakelig brukt i helsevesenet. Deler av det ubestrålte materialet kan gjenbrukes, blant annet solgte IFE 100 kg til Chalmers Tekniske Høyskole i oktober 2014 og 255 kg til Westinghouse i Sverige i oktober 2016. IFE har satt i gang et arbeid for å redusere beholdningen ytterligere.
- *Radioaktive strålekilder* (hovedsakelig americium/beryllium kilder).
Petroleumsvirksomheten er et viktig bruksområde for sterke strålekilder. Strålevernforskriftens bestemmelser om avhending av kapslede radioaktive

strålekilder, krever at det eksisterer returordning i opprinnelseslandet. Det er derfor ventet at en del av kildene som er i bruk i dag, ikke skal avfallshåndteres i Norge. Strandenutvalget estimerte at det kunne være behov for å mellomlagre 10-20 tønner ved avtagende petroleumsvirksomhet i Nordsjøen, jf. kapittel 5.4.

- *Radiumnåler* brukt til kreftterapi, og langlivet avfall fra undervisning ved skoler og undervisningsinstitusjoner.

Bruken av radiumnåler opphørte for flere år siden, og det kan antas at det ikke vil være noen tilvekst til denne fraksjonen. Langlivet avfall fra skole og undervisning utgjør en liten mengde, med liten tilvekst i perioden frem mot 2035. Strålekildene er lagret i åtte tønner.

- *Solidifisert uranløsnings* etter drift av Uranrenseanlegget.

Uranløsnings etter drift av Uranrenseanlegget ble solidifisert i perioden 2005-2008. Avfallet er nå lagret på Kjeller i 21 avfallstønner og utgjør 1210 kg uran. Det vil ikke være noen tilvekst til denne fraksjonen.

I tillegg må det fattes en beslutning om disponering av de 166 tønner fra tidligere overflatedeponi på Kjeller. Avfallstønnene inneholder 35 gram plutonium og lagres i KLDRA-Himdalen. Det må vurderes om tønnene skal deponeres i KLDRA-Himdalen eller om de skal tas ut og lagres/deponeres sammen med brukt brensel og annet langlivet avfall. Det vil ikke være noen tilvekst til denne fraksjonen.

iii. Utfordringer med driftsavfall

Det meste av driftsavfallet fra den nukleære virksomheten i Norge finnes det i dag en etablert forsvarlig disponeringsløsning for og deponikapasiteten vil sannsynligvis være tilstrekkelig i perioden frem til 2035 når vi ser bort fra avfall fra nedleggelse (dekommisjonering) av de nukleære anleggene.

Med dagens organisering hvor IFE driver Radavfallsanlegget og er operatør for KLDRA-Himdalen, vil IFEs kostnader til deponering av avfall være dekket av Staten. Det er ikke i tråd med prinsippet om at forurenser skal betale, og det gir i liten grad insitamenter til å redusere avfallsmengder som deponeres i KLDRA-Himdalen. Organiseringen gir heller ikke tilstrekkelig ekstern kontroll på avfall som leveres fra IFE til deponiet. Normalt vil det være en betydelig ekstern mottakskontroll for å forsikre seg om avfallets innhold før det deponeres. Etablering av et avfallsselskap uavhengig av IFE vil løse dette.

Det er behov for å vurdere om det er mer hensiktsmessige disponeringsalternativer for deler av avfallet som per i dag blir deponert i KLDRA-Himdalen. Det bør gjøres en vurdering av bruk av mellomlagring for radioaktivt henfall til nivåer under grenseverdiene for radioaktivt avfall, spesielt for avfall som vil kunne friklassifiseres før deponiet stenger. Videre bør det vurderes om forbrenning er hensiktsmessig for enkelte avfallsfraksjoner.

Det må utvikles disponeringsløsninger for avfallet som ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen.

5.1.4 Avfall fra dekommisjonering

En beslutning om dekommisjonering kan bli tatt ved at Regjeringen ikke gir konsesjon til videre drift, ved at Strålevernet krever at anlegget stenges permanent av sikkerhetsmessige grunner eller fra Institutt for energiteknikk (IFE) selv. Hvilket nivå man velger å dekommisjonere til vil ha stor innvirkning på hvilken avfallsmengde som må tas hånd om, og vil bl.a. være avhengig av hvilken bruk området er tiltenkt etter at dekommisjoneringen er gjennomført. Dekommisjonering til et nivå slik at det ikke legges restriksjoner på videre bruk, såkalt «greenfield», ligger til grunn for IFEs dekommisjoneringsplaner og ble videre anbefalt i konseptvalgutredningen (KVU) for dekommisjonering av de nukleære anleggene i Norge og senere i kvalitetssikringsarbeidet (KS1).

i. Kort om egenskaper ved avfall fra dekommisjonering

Ved en dekommisjonering av de nukleære anleggene i Norge vil det oppstå store mengder radioaktivt avfall med stor variasjon i aktivitetsnivået. Det meste av det radioaktive avfallet vil kunne deponeres i KLDRA-Himdalen, eller tilsvarende deponi, men det vil sannsynligvis også være avfall som på grunn av høy aktivitet eller innhold av langlivede radionuklider ikke kan deponeres direkte i et slikt deponi. Mellomlagring for radioaktivt henfall før deponering vil kunne være aktuelt, bl.a. for reaktortankene og enkelte komponenter nær reaktorene.

ii. Mengder avfall fra dekommisjonering til nå og fram mot 2035

Mengde radioaktivt avfall fra en fremtidig dekommisjonering må nødvendigvis være basert på overslag med betydelig usikkerhet. De siste overslagene fra IFEs dekommisjoneringsplaner indikerer en avfallsmengde på ca. 5 000 tønneekvivalenter. Ved gjennomføringen av KVU for dekommisjonering av de nukleære anleggene i Norge ble det også gjort et overslag av forventet avfallsmengde fra dekommisjoneringen. KVU-en estimerte at avfallsmengden vil være 6-7 000 tønneekvivalenter. Forskjellene i estimatene kan delvis forklares med ulike forutsetninger som er lagt til grunn og viser at det er betydelig usikkerhet knyttet til estimatene.

iii. utfordringer med avfall fra dekommisjonering

Norge har ikke tilstrekkelig deponikapasitet for avfall fra en fremtidig dekommisjonering. Det er derfor behov for et nytt deponi for lav- og middelsaktivt radioaktivt avfall eller en utvidelse av allerede eksisterende deponi (KLDRA-Himdalen). Tidspunkt for når et nytt deponi eller en utvidelse av eksisterende deponi må være tilgjengelig, er avhengig av tidspunkt for en fremtidig dekommisjonering av IFEs nukleære anlegg.

Det bør vurderes alternative disponeringsløsninger til deponering for deler av avfallet som oppstår i forbindelse med en fremtidig dekommisjonering, inkludert eksport til spesialiserte avfallsanlegg i utlandet. Forbrenning og smelting kan være aktuelle alternativer.

I IFEs dekommisjoneringsplaner er Radavfallsanlegget et av anleggene som inngår. Ved en fremtidig dekommisjonering av Radavfallsanlegget vil det være behov for et nytt

avfallsanlegg i Norge som kan behandle radioaktivt avfall fra forskningsinstitusjoner, forsvaret, industri m.fl.

iv. Annen viktig informasjon om avfall fra dekommisjonering og forvaltningen av avfallstypen

Det bør vurderes om det bør fastsettes regler for overflatekontaminering i forskrift eller om Strålevernet bør fatte vedtak om dette i forbindelse med tillatelse som må gis.

Atomenergiloven fastsetter krav om konsesjon fra Kongen (regjeringen) for å oppføre, eie eller drive et atomanlegg. Lager, deponi og behandlingsanlegg for radioaktivt avfall fra den nukleære virksomheten vil derfor være omfattet av kravet om konsesjon etter atomenergiloven. Videre er det krav etter atomenergiloven om løyve «fra vedkommende departement», det vil si Helse- og omsorgsdepartementet, for å framstille, eie, lagre, behandle, transportere, omsette eller for øvrig inneha eller anbringe atoms substans. Krav til løyve er likevel ikke nødvendig i den utstrekning slik virksomhet er omfattet av konsesjon. Krav til løyve vil særlig være aktuelt under en dekommisjonering, hvor det kan være aktuelt for andre enn operatøren å transportere, behandle eller lagre dekommisjoneringsavfall som defineres som atoms substans.

For å redusere avfallsmengden fra dekommmisjoneringen så mye som mulig, er det viktig at det etableres gode måleprosedyrer for klassifisering av avfall, inkludert friklassifisering.

5.2 Avfall fra medisinsk bruk av radioaktive stoffer

Radioaktive stoffer benyttes innen medisin, noe som inkluderer nukleærmedisin og strålebehandling. Nukleærmedisin omfatter diagnostikk og behandling ved hjelp av radiofarmaka, som er medikamenter med radioaktive stoffer. Radiofarmaka brukes til diagnostisering og behandling av ulike sykdommer som kreft, hjertesykdom og Alzheimers.

I 2015 ble det rapportert om ca. 45 000 undersøkelser og ca. 1500 behandlinger innen nukleærmedisin ved norske helseforetak, og bruken er økende. Radioaktive stoffer benyttes også innen visse former for strålebehandling. Det finnes ulike typer strålebehandling, og behandlingen kan gis utvendig eller innvendig. Innvendig strålebehandling kalles brachyterapi og strålingen kommer da fra radioaktivt stoff som plasseres i eller like ved behandlingsområdet. Ved utvendig stråleterapi benyttes høyenergetiske partikler for å gi skadelige stråledoser til kreftsvulster, for eksempel ved bruk av protoner.

Radioaktivt avfall fra medisinsk sektor oppstår i forbindelse med produksjon og bruk av radiofarmaka, ved vedlikehold og dekommisjonering av protonbehandlingsanlegg og produksjonsanlegg for radiofarmaka, og ved kassering av kapslede radioaktive strålekilder.

5.2.1 Avfall fra diagnostisering og behandling med radiofarmaka

i. Kort om egenskaper ved avfall fra diagnostisering og behandling med radiofarmaka

Den minst problematiske fraksjonen radioaktivt avfall fra medisinsk sektor er per i dag rester og medisinsk materiell etter injeksjon av pasienter med radioaktive isotoper. Slike injeksjoner finner sted i forbindelse med medisinske undersøkelser eller behandling. Siden de fleste radioaktive isotopene som benyttes til medisinsk bruk har korte halveringstider, kan avfallet normalt lagres til det ikke lenger klassifiseres som radioaktivt avfall. Deretter kan avfallet sendes til forbrenning hos avfallsmottak for smittefarlig avfall. Det må imidlertid tas høyde for at det kan komme nye nuklider med lenger halveringstid, noe som kan føre til at denne avfallsfraksjonen kan kreve deponikapasitet for de nuklidene som ikke vil være gunstig å sette til henfall grunnet lengre halveringstid.

Helseforetakene kan etter forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften) kapittel 16 mellomlagre radioaktivt avfall for henfall i opptil ett år, og kan videre søke unntak fra den årlige leveringsplikten i inntil 3 år. For de fleste radiofarmaka som benyttes til medisinsk undersøkelse og behandling i dag er mellomlagring i opptil ett år tilstrekkelig for å kunne avhende avfallet som ikke-radioaktivt avfall.

Det finnes likevel, og kan komme flere, radiofarmaka som benytter nuklider med lenger halveringstid. Dermed kan det oppstå radioaktivt avfall som ikke kan håndteres ved mellomlagring til henfall. Lagring til henfall inntil avfallet ikke lenger defineres som radioaktivt ansees som beste løsning der dette er mulig. Andre alternative avfallshåndteringsmetoder vil være deponering eller forbrenning. Tilgjengelig deponikapasitet er begrenset, og ved forbrenning kan man redusere volumet. Det kan likevel være utfordringer knyttet til utslipp til miljø, slik at best løsning må vurderes for hver enkelt nuklide. Strålevernet kan vurdere endring i forskrift for å åpne for lenger mellomlagring, slik at mer kortlivet radioaktivt avfall kan stå til henfall. Slik vil det genereres mindre radioaktivt avfall med behov for deponikapasitet.

Selen (Se-75) er et eksempel på en radionuklide med relativt lang halveringstid (ca. 120 dager). Avfallet som oppstår er i form av ubenyttede kapsler, slik at volumet uansett vil være lite. Påkrevd lagringstid før en kapsel kan avhendes som ikke-radioaktivt avfall vil være 6-7 år. Strålevernet har mottatt søknad fra ett helseforetak om unntak fra leveringsplikt og tillatelse til mellomlagring av Se-75 til henfall i 7 år. Vi vil vurdere denne og framtidige søknader ved å veie ulempene med langtids lagring (sikkerhet, plass, kunnskap mv.) opp mot fordelene ved å kunne avhende avfallet som ikke-radioaktivt avfall. Med mindre helseforetakene søker og får innvilget unntak fra leveringsplikten i 7 år for ubenyttede Se-75 kapsler, vil det være behov for alternativ behandlingsmetode for dette avfallet.

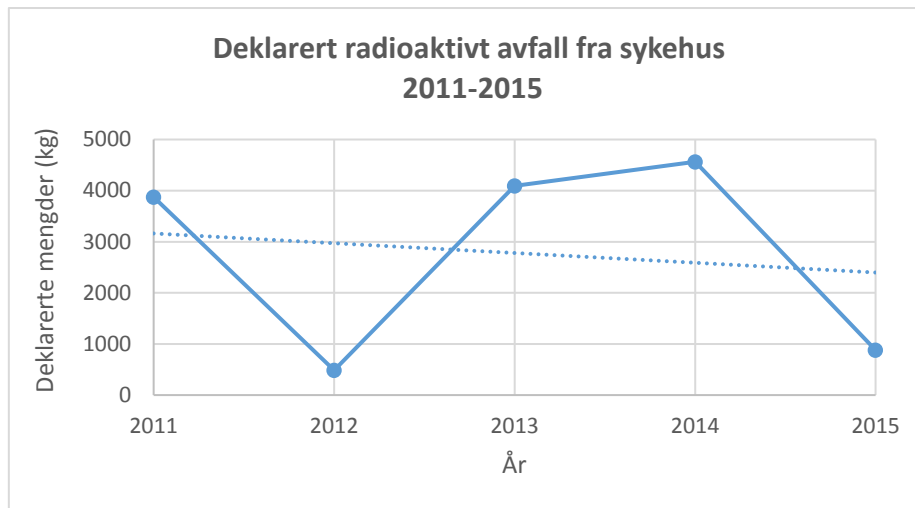
Kasserte kapslede radioaktive strålekilder

Avfall i form av kapslede strålekilder som flatfelt, markørpenner og annet returneres til produsent eller kasseres hos IFE. Noen strålekilder får nye bruksområder, mens andre deponeres. Det er kun KLDRA-Himdalen som har tillatelse til å deponere denne typen avfall. IFE opplyser at de mottar svært lite kapslede strålekilder fra medisinsk bruk. Kapslede radioaktive strålekilder er beskrevet nærmere i kapittel 5.4.

ii. Mengder avfall fra diagnostisering og behandling med radiofarmaka til nå og fram mot 2035

Fra 2011 til 2015 ble det deklart varierende mengder deponeringspliktig radioaktivt avfall fra medisinsk sektor. I hovedsak oppstod mesteparten av avfallet på Østlandet. Det kan antas økning i avfallsmengder fra medisinsk bruk fram mot 2035. Vi ser en økning i antall pasienter, samtidig som det er fokus på å utvikle mer målrettede behandlingsmetoder. Det er forventet økning i folketall og antall tilfeller av kreft- og hjertesykdom. Kreftregisteret anslår at fram mot 2030 vil antall krefttilfeller øke med 42 % for menn og 27 % for kvinner.

Dersom man ser på data fra foregående år varierer avfallsmengdene og trenden er svakt nedadgående. Strålevernet har forvaltet radioaktivt avfall etter Forurensningsloven i 5 år og dette har ført til reduksjon i radioaktivt avfall fra sykehus, men nye nuklider kan føre til at avfallsmengdene øker. Figur 2 viser deklart radioaktivt avfall fra sykehus i perioden 2011-2015.



Figur 2: Deklarert radioaktivt avfall fra sykehus i perioden 2011-2015.

Det er store usikkerheter knyttet til utviklingen fram mot 2035. Avfallsmengdene fra sykehus er, sammenliknet med avfall fra andre sektorer, ikke så store i vekt og volum. Hvis det antas at mengdene vil holde seg relativt stabile fram mot 2035 vil det kreve kapasitet for 2-3 tonn avfall fra medisinsk sektor per år.

iii. utfordringer med avfall fra diagnostisering og behandling med radiofarmaka

Fremtidig utvikling innen medisinsk bruk av hittil uoppdagede behandlingsmetoder vil påvirke mengdene radioaktivt avfall som genereres. Radiofarmaka som kommer på markedet kan føre til økt avfallsproduksjon av nuklider som ikke er gunstige å sette til henfall, men som heller må avfallshåndteres på andre måter grunnet lange halveringstider. Medisinske gjennombrudd med behandlingsmetoder som ikke anvender radioaktive stoffer kan føre til det motsatte. Det er derfor mulig å se for seg både en reduksjon, en økning eller en stabilisering av dagens avfallsmengder.

iv. Annen viktig informasjon om avfall fra diagnostisering og behandling med radiofarmaka og forvaltningen av avfallstypen

Hvis nye radiofarmaka med lang halveringstid tas i bruk, kan forbrenning av avfallet være en gunstig behandlingsmetode. Dette må vurderes for hver enkelt nuklide.

Ved deklarerer av avfall fra sykehus kan det i noen tilfeller være et uklart skille mellom hva som skal deklarerer som sykehusavfall og hva som skal deklarerer som forskningsavfall, noe som kan føre til ufullstendig oversikt over de ulike fraksjonene.

5.2.2 Avfall fra radiofarmaka-produksjon og protonbehandlingsanlegg

i. Kort om egenskaper ved avfall fra radiofarmaka-produksjon og protonbehandlingsanlegg

Avfallstypene beskrevet i dette delkapittelet inkluderer avfall som oppstår under produksjon av radiofarmaka og ved protonbehandling, samt ved dekommisjonering av disse anleggene.

Avfall fra produksjon av radiofarmaka

Per desember 2016 finnes det tre produksjonssteder for radiofarmaka i Norge: IFE, Norsk Medisinsk Syklotronsenter NMS og Haukeland universitetssykehus, Helse Bergen HF. Universitetssykehuset i Nord-Norge er i gang med å etablere produksjon av radiofarmaka som er planlagt klart til drift høsten 2017, og St. Olavs Hospital i Trondheim skal etter planen starte produksjon av radiofarmaka i 2018.

Det kan oppstå radioaktivt avfall fra produksjon av radioaktive isotoper. Rester som oppstår under produksjon står som regel til henfall inntil det ikke lenger klassifiseres som radioaktivt avfall, og kan deretter håndteres som ikke-radioaktivt avfall. Et eksempel på en rest som er krevende å avfallshåndtere oppstår i forbindelse med produksjon av Xofigo. Xofigo er et medikament IFE produserer til det globale markedet for Bayer, etter at det ble utviklet som smertelindrende medikament til kreftpasienter med skjelettmetastaser. Actinium-227 benyttes som råvare i fremstillingen av radium-223 som er den aktive substansen i Xofigo. Radium-223 separeres ut og det produseres sure avfallsløsninger med spormengder av actinium-227 fra isotoplaboratoriene på IFE. Actinium-227 er svært radiotoksisk og har lang halveringstid, og avfallet er lagret i 13 innstøpte tønner i KLDRA-Himdalen. Statens strålevern har bedt IFE komme med forslag til permanent løsning for dette avfallet, da nåværende håndtering ikke er tilfredsstillende og derfor ikke kan fortsette. Årsaken til dette er at innhold av syre i radioaktivt avfall kan ha innvirkning på holdbarheten til avfallsbeholderne og dermed øke faren for forurensning ved deponering. IFE utreder mulige tiltak for tilfredsstillende avfallsbehandling, for eksempel ved å solidifisere fremtidig væskeavfall.

Avfall fra dekommisjonering av produksjonsanlegg for radiofarmaka og protonterapi

Partikkelakseleratorer benyttes både til produksjon av radiofarmaka og ved protonbehandlingsanlegg. En partikkelakselerator gir høy hastighet til partikler før de rettes mot et mål, og kan således produsere nuklider til radiofarmaka eller benyttes til strålebehandling. Når driften av slike akseleratorer skal avsluttes må anleggene dekommisjoneres, noe som kan gi opphav til betydelige mengder radioaktivt avfall. Levetiden til en partikkelakselerator er forventet å være minst 25 år, men kan ofte være dobbelt så lang. Avfallsproblematikken knyttet til dekommisjonering av partikkelakseleratorer vil derfor oppstå tidligst i 2035-2040, men avfallet må planlegges for på nåværende tidspunkt slik at det finnes tilgjengelig deponikapasitet den dagen behovet oppstår.

Under produksjon av radiofarmaka og ved protonbehandling blir betong og annen infrastruktur i produksjonsanlegget aktivert av nøytroner, noe som fører til at små mengder med stabilt europium, cobolt, og cesium som normalt er tilstede i betong blir forvandlet til langlivede radioaktive aktiveringsprodukter som Eu-152, Eu-154, Co-60 og Cs-134. Når produksjonsanlegget skal dekommisjoneres kan betongen bli klassifisert som radioaktivt

avfall, noe som kan innebære behov for betydelig deponikapasitet. I tillegg kan det være behov for deponikapasitet for instrumentdeler som må byttes ut i løpet av anleggets levetid.

Protonterapi er ikke et behandlingstilbud i Norge på nåværende tidspunkt, men har vært under utredning. Utredningen resulterte i en proton-konseptfase-rapport som i første omgang anbefalte to protonbehandlingssentre, ett i Oslo og ett i Bergen. I forslaget til Statsbudsjett for 2017 er det avsatt midler til ett senter, som høyst sannsynlig blir lokalisert i Oslo innen 2022. Statens strålevern er i prosess med å utvikle et forvaltningsregime for protonterapi som både skal sikre forsvarlig bruk og at det ved dekommisjoneringen skal være dannet minst mulig radioaktivt avfall. Videre skal det være enkelt å skille ut materiale som er radioaktivt avfall og må deponeres, og dekommisjonering skal planlegges for når anlegget bygges.

ii. Mengder avfall fra radiofarmaka-produksjon og protonbehandlingsanlegg til nå og fram mot 2035

Avfall fra produksjon av radiofarmaka

Begrensninger i bruksområdene til eksisterende radiofarmaka gir et stort potensiale for å ta i bruk andre isotoper og utvikle nye radiofarmaka, og IFE ønsker å øke sin satsning på radiofarmaka. Satsningen avhenger av hvilke avtaler IFE får i forbindelse med produksjon av nye medikamenter. Økt produksjon av radiofarmaka vil gi økt avfallsproduksjon. Utbyggingen av Universitetssykehuset i Nord-Norge og St. Olavs Hospital med tilhørende produksjon av radiofarmaka kan også føre til økt produksjon av avfall i disse regionene i perioden fram mot 2035. I tillegg kan også andre aktører komme på banen.

Dekommisjonering

Det er mulig å gjøre grove anslag av hvilke mengder aktivert betong som vil oppstå, og kreve deponikapasitet, når anlegg for radiofarmaka-produksjon og protonbehandling skal dekommisjoneres. For eksempel har Norsk Medisinsk Syklotronsenter NMS betongskjerming i vegger og tak med 1,7 m tykkelse. I verste fall vil all denne betongen kreve deponikapasitet. Et mer sannsynlig utfall kan være at minst 10-20 cm av det innerste betonglaget vil måtte deponeres. Gitt et skjermingsrom med areal 6x6 m og høyde 3 m, kan det gjøres et grovt overslag over mengdene avfall fra dekommisjoneringen av et slikt anlegg. Hvis man tar utgangspunkt i et scenario hvor all skjermingsbetongen må deponeres vil dette utgjøre et volum på ca. 250 m³. Antas det derimot at kun 20 cm av det innerste laget må deponeres, vil massene utgjøre et volum på ca. 30 m³ betong per dekommisjonerte anlegg. Uavhengig av forskjellen i overslagene er det viktig at det finnes deponikapasitet til disse mengdene når behovet oppstår.

iii. Utfordringer med avfall fra radiofarmaka-produksjon og protonbehandlingsanlegg

Det vil bli behov for betydelig deponikapasitet den dagen protonanlegg og produksjonsanlegg for radiofarmaka skal dekommisjoneres. Avfallsmengdene kan variere fra anlegg til anlegg på grunn av forskjeller i betongsammensetning og valg av materiale i betonghvelv som reduserer potensialet for aktivering. Deponikapasitet i forbindelse med dekommisjonering vil ikke være aktuelt på minst 25-30 år, men planlegging for dette på et tidlig tidspunkt er sentralt slik at kapasiteten er tilgjengelig når behovet oppstår. Det er behov for nærmere utredning for å

kartlegge hvilke størrelsesorden det er snakk om, og flere spørsmål må avklares. Det må vurderes hvilket deponi som skal ta imot avfallet og om det må etableres egne deponier som er designet spesielt for avfall fra anleggene. Det må også vurderes om betongen kan resirkuleres framfor å avhendes, avhengig av avfallets aktivitet. Videre må det vurderes om det kan benyttes enklere former for deponi enn det vi tradisjonelt har gitt tillatelse til, sett opp mot avfallets iboende egenskaper. I tillegg må det vurderes om KLDRA-Himdalen er et passende deponi for avfall fra dekommisjoneringen, vurdert opp mot annet avfall som også kan plasseres her.

iv. Annen viktig informasjon om avfall fra radiofarmaka-produksjon og protonbehandlingsanlegg og forvaltningen av avfallstypen

Det er viktig å vurdere framtidig dekommisjonering allerede under prosjektering og oppføring av produksjonshvelv. Det innerste laget på ca. 10-20 cm vil ha høyere innhold av radioaktive stoffer enn resten av betongen, og for denne fraksjonen må det stilles høyere krav til deponering enn for det resterende avfallet. Samtidig må betongen kunne sorteres slik at ikke unødvendig mye avfall sendes til deponi og opptar kapasitet. Aktivitetsmålinger av betong ved dekommisjonering har vist at aktiviteten i betongen er svært varierende. Dette kommer av inhomogeniteter i betongen. Det vil derfor være utfordrende å kartlegge om avfallet er deponeringspliktig radioaktivt avfall, radioaktivt avfall eller ikke-radioaktivt avfall. Aktivering av betong kan imidlertid reduseres ved å velge riktig skjermingsmateriale. Det er derfor viktig at avfallshåndteringen planlegges allerede ved planlegging av bygging av partikkelakseleratorer slik at det konstrueres på en slik måte at mengden avfall minimeres.

5.3 Avfall fra forskningsmessig bruk av radioaktive stoffer

i. Kort om egenskaper ved avfall fra forskningsmessig bruk av radioaktive stoffer

Radioaktive stoffer kan være svært nyttige verktøy å benytte innen forskning, og anvendes i form av åpne eller kapslede radioaktive strålekilder. Innen forskning benyttes for eksempel kapslede strålekilder til direkte bestråling av levende organismer, mens åpne radioaktive strålekilder ofte blir benyttet til såkalte sporundersøkelser (tracerundersøkelser).

Sporundersøkelser med radioaktive stoffer benyttes for å følge en eller annen fysisk, kjemisk eller biologisk prosess. Å følge slike prosesser lar seg gjøre ved å måle strålingen fra det radioaktive sporstoffet. Åpne radioaktive strålekilder som benyttes i forskning har ofte stråling med lengre rekkevidde og gjennomtrengningsevne (beta- og/eller gammaemitterende stoffer), og er som regel relativt kortlivede. Det utelukker likevel ikke bruk av kilder med kortere rekkevidde (alfaemittere) eller mer langlivede stoffer.

Radioaktivt avfall som oppstår i forbindelse med forskningsmessig bruk vil være rester av radioaktive løsninger, engangs- og flerbruks analyseutstyr, kontaminerte dyreskrotter, planterester eller jord, forbruksmateriell forurenset med radioaktivitet, avhendede kapslede radioaktive strålekilder, og aktivert infrastruktur knyttet til drift og dekommisjonering av partikkelakseleratorer. Avfall knyttet til drift og dekommisjonering av partikkelakseleratorer er nærmere beskrevet under kapittel om medisinsk bruk.

ii. Mengder avfall fra forskningsmessig bruk av radioaktive stoffer til nå og fram mot 2035

Fra 2011 til 2016 ble det deklart henholdsvis ca. 13, 48, 21, 11, 44 og 15 tonn deponeringspliktig radioaktivt avfall fra universiteter, andre forskningsinstitusjoner og forskningsaktivitet ved sykehus. IFEs aktivitet skiller seg fra øvrige institusjoner som har radioaktivt avfall deklart som forskningsmessig bruk. De er derfor beskrevet separat under. Figur 3 gir en grafisk fremstilling av deklart avfall fra henholdsvis IFEs aktiviteter og andre forskningsinstitusjoner i perioden.

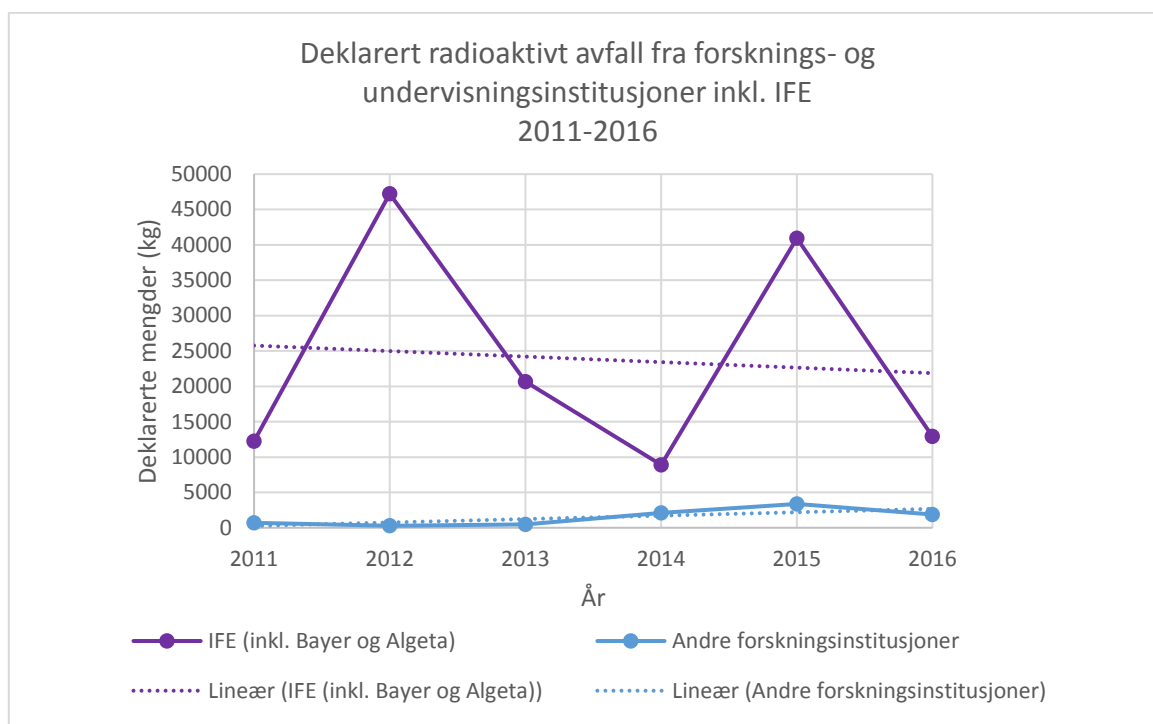
IFE

Deklarerte mengder radioaktivt avfall i kategorien forskningsmessig bruk fra IFE har variert mye siden 2011. Mellom 2011 og 2016 ble det deklart henholdsvis ca. 12, 47, 20, 9, 41 og 13 tonn radioaktivt avfall i denne avfallskategorien fra IFEs aktiviteter. Avfallet består av en miks av ulike nuklider som tritium, cesium, radium, kobolt, uran, technetium. IFE stod for mesteparten av totale mengder avfall deklart som forskningsavfall i perioden. En relativt liten andel av avfallet kommer fra de resterende forskningsinstitusjonene, slik at IFEs forskningsaktivitet per nå er førende for utviklingen av mengder avfall.

Andre forskningsinstitusjoner, universiteter og sykehus

Fra andre forskningsinstitusjoner, hovedsakelig universiteter, blir det deklart relativt beskjedne mengder radioaktivt avfall. Mellom 2011 og 2016 ble det deklart henholdsvis 700, 300, 500, 2100 og 3400 og 1900 kg radioaktivt avfall i kategorien forskningsmessig bruk fra universiteter og andre forskningsinstitusjoner. Man ser en kraftig økning i mengder de siste to årene. Avfallet bestod i 2016 hovedsakelig av tritium og C-14. Universitetene

deklarerer avfall jevnlig mens andre forskningsinstitusjoner deklarerer mer sporadisk, begge med varierende mengde.



Figur 3: Deklarert radioaktivt avfall fra henholdsvis IFEs aktiviteter og fra forsknings- og undervisningsinstitusjoner. Tallene for 2016 er foreløpige.

Mengder fram mot 2035

Det kan se ut til at avfallsmengder fra forskningssektoren vil være svakt økende fram mot 2035, og det må som et minimum minst være kapasitet til å håndtere dagens nivå, som er ca. 50 tonn radioaktivt avfall årlig fra forskningssektoren.

Ulike faktorer kan påvirke utvikling i begge retninger, og det eksisterer store usikkerheter vedrørende framtidig utvikling innen forskning med radioaktive stoffer. Forskning på nye legemidler kan føre til at avfallsmengdene fra forskningssektoren øker. Som eksempel kan det nevnes at under utviklingen av radiofarmaka med radium (Xofigo) sendte Algeta ASA (senere Bayer) fra seg avfall i størrelsesordenen 200-500 kilo per år. Eksempler på nye radionuklider det forskes på er terbium-161 og thorium-227, men også andre nuklider kan bli aktuelle i framtiden. Dette vil inkludere alfa- og betaemitterende radionuklider. Medisinske gjennombrudd med radiofarmaka kan føre til både økte mengder avfall og fraksjoner som viser seg vanskelige å håndtere. Et nåværende eksempel på det er actinium-227-rest som oppstår under produksjon av Xofigo. Informasjon om Xofigo er nevnt tidligere, under kapittel 5.2 om avfall fra medisinsk bruk av radioaktive stoffer.

På den andre siden kan avfall fra forskningssektoren bli redusert fram mot 2035, for eksempel hvis medisinske gjennombrudd med andre behandlingsmetoder fører til en utkonkurrering av radiofarmaka. IFEs drift i framtiden vil påvirke avfallsmengdene spesielt, siden IFE står for en stor andel av avfallsmengdene. Samtidig vil sannsynligvis stadig flere aktører benytte seg

av radioaktive stoffer innen forskning. Flere helseforetak har for eksempel søkt om å tillatelse til produksjon og bruk av nye nuklider i forbindelse med forskningsprosjekter. Det er dermed store usikkerheter knyttet til utvikling av avfallsmengder fram mot 2035.

iii. Utfordringer med avfall fra forskningsmessig bruk av radioaktive stoffer

Feil deklarerer kan føre til både underrapportering og overrapportering, samt at avfall blir deklarerert på feil avfallskoder. Noen sykehus driver med forskning men vil muligens deklarerer avfallet sitt under avfallskoden for sykehusavfall, da skillet mellom avfallskodene kan virke uklare. Forskningsinstitusjoner kan drive med produksjon av radiofarmaka, men deklarerer kanskje avfallet som avfall fra forskning. For eksempel ble Xofigo godkjent som legemiddel i fjor, og avfallet fra produksjon skal dermed deklarerer under sykehusavfall. IFE kan også ha deklarerert mer avfall i denne kategorien enn mengder som reelt er avfall fra forskning. Flere deklarerer er deklarerert med feil mengde.

Innen forskning kan det oppstå avfallsfraksjoner som har høyt organisk innhold, for eksempel fra forsøk med forsøksdyr. Radioaktivt avfall med høyt organisk innhold kan ikke deponeres. Avfallsforskriftens § 9-4 bokstav a forbyr deponering av avfall med organisk innhold høyere enn 10 %. Alternativ behandlingsmetode kan i noen tilfeller være forbrenning, noe som må utredes i hvert enkelt tilfelle for å unngå skadelig radioaktiv forurensning. Statens strålevern jobber med å finne løsninger for problematikken ved å utrede komposteringsløsning for å redusere biologisk innhold før deponering. Det kan tenkes at organisk avfall med radioaktive stoffer kan bli biologisk nedbrutt i form av aerob nedbrytning (kompostering) eller anaerob nedbrytning (biogass). Ved biologisk nedbrytning kan volumet av avfallet reduseres til 80-90 % av det opprinnelige, og vekten kan reduseres med opptil 40 %, men vil føre til en oppkonsentrering av radioaktivitet. For at biologisk nedbrytning skal være egnet for volumreduksjon og reduksjon av TOC fra organisk radioaktivt avfall, er det en forutsetning at de radioaktive stoffene blir liggende igjen i en ikke-biologisk nedbrytbar restfraksjon (biorest). iv. Annen viktig informasjon om avfall fra forskningsmessig bruk av radioaktive stoffer og forvaltningen av avfallstypen

De virksomhetene som i dag har tillatelse til å ta imot radioaktivt avfall fra forskning er KLDRA-Himdalen og Senja Avfall IKS forbrenningsanlegg. Senja tar ikke imot så mye som de har lov til i sin tillatelse, noe som kan skyldes at anlegget ligger langt unna Østlandet der mesteparten av avfallet oppstår, slik at det blir dyrt og tungvint for avfallsprodusenter som heller vil foretrekke deponering i KLDRA-Himdalen. Det forventes at KLDRA-Himdalen vil være fullt senest innen 2038.

IFE, som den største avfallsprodusenten innen forskning, deponerer avfall fra egen forskningsaktivitet i KLDRA-Himdalen, på tross av at en del av avfallet potensielt kunne egnet seg til forbrenning og dermed frigjort deponeringskapasitet. Men forbrenning av radioaktive stoffer vil føre til utslipp, noe som er nærmere beskrevet under kapittel om forbrenningsanlegg.

I tillegg til å vurdere om deponeringskapasitet kan forlenges ved å håndtere relevant avfall ved alternative metoder, må det planlegges for hvordan avfallet skal håndteres etter stenging av KLDRA-Himdalen.

Visse avfallsfraksjoner fra forskning vil kunne sendes til forbrenning, men det må vurderes for hver enkelt nuklide og avfallstype om det er egnet til forbrenning (se mer under kapittel 6.5 om avfallsbehandling – forbrenningsanlegg). I utgangspunktet anbefaler Strålevernet at erstatningen etter KLDRA-Himdalen bør dimensjoneres for alt radioaktivt avfall fra forskningsmessig bruk, men oppfordrer generelt virksomheter til å søke om tillatelse til å ta imot og håndtere radioaktivt avfall, deriblant forbrenningsanlegg. En løsning hvor mer avfall forbrennes vil frigjøre kapasitet hos KLDRA-Himdalen eller hos deponiet som erstatter KLDRA-Himdalen. Strålevernet vil følge utviklingen og vurdere om behovet for forbrenningsanlegg øker.

5.4 Avfall fra forbrukerartikler og kapslede radioaktive strålekilder

Kapslede radioaktive strålekilder og forbrukerartikler vil danne radioaktivt avfall når de kasseres og tas ut av bruk.

5.4.1 Forbrukerartikler

Kasserte ioniske røykvarslere utgjør et betydelig volum av det som deponeres i KLDRA-Himdalen, og IFE mottar årlig 8-10 tonn per år av denne avfallsfraksjonen. Omsetningen av ioniske røykvarslere går betydelig ned, men hvor stor reduksjon i avfallsvolum i KLDRA-Himdalen dette vil utgjøre er usikkert. Ioniske røykvarslere pakkes sammen med større strålekilder for å utnytte tomrommet mellom disse. Det bør forventes behov for avfallsløsning for kasserte ioniske røykvarslere i hele perioden frem til 2035.

5.4.2 Kapslede radioaktive strålekilder

Kapslede radioaktive strålekilder benyttes blant annet innen forskning, medisin og industri.

Virksomheter som anskaffer kapslede strålekilder skal i henhold til strålevernforskriften påse at det eksisterer returordninger i opprinnelseslandet og returnere radioaktive kilder som er varig tatt ut av bruk. Det er krav om melding for kassering av kilder underlagt godkjenning eller melding jf. strålevernforskriften § 13. Der hvor returordningen enten ikke finnes eller ikke benyttes, skal de kapslede strålekildene deponeres i Norge. Det eneste avfallsanlegget som per i dag har tillatelse til å deponere kapslede radioaktive strålekilder er KLDRA-Himdalen. Det er behov for å vurdere om man skal etablere et system for å kunne spore om strålekilder sendes i retur for kassering eller gjenbruk, eller om strålekilder sendes til deponering i Norge.

Statens strålevern har per dags dato ikke stilt krav til IFE om innrapportering av antall mottatte kapslede strålekilder, og IFE har ikke en oversikt som spesifiserer hva som eventuelt er kapslede strålekilder av avfallet de har deponert.

Mengden kasserte kapslede strålekilder fra landbasert industri forventes å bli redusert, siden mange velger å erstatte måleteknikk ved hjelp av radioaktive strålekilder med ikke-radioaktive teknikker. Det er vanskelig å forutsi hvor fort utskiftingen vil skje. IFE opplyser at de fleste av de kasserte strålekildene de mottar kommer fra industri, mens svært få av strålekildene kommer fra medisinsk og forskningsmessig bruk.

Petroleumsvirksomheten er et viktig bruksområde for sterke strålekilder, der strålekilder blant annet benyttes ved brønnlogging (dvs. ulike målinger i petroleumsbrønner). Strandenutvalget estimerte i 2011 at det kunne være behov for å mellomlagre 10-20 tønner med slike strålekilder ved avtagende petroleumsvirksomhet i Nordsjøen. Strålevernet antar at dette estimatet fortsatt er gyldig.

5.5 Avfall fra petroleumsindustrien

i. Kort om egenskaper ved avfall fra petroleumsindustrien

Ved produksjon av olje og gass følger det med vann fra reservoaret. Dette vannet inneholder ofte naturlig forekommende radioaktive stoffer som kan avleires eller utfelles i ulike deler av prosessanleggene. Avfall oppstår når avleiringer fjernes fra rør og produksjonsutstyr eller i form av sand og oljeholdige sedimenter som samler seg i bunnen av blant annet separatortanker. Basert på statistikk fra de fire siste årene utgjør sedimenter ca. 80 % av avfallet regnet i vekt. Aktivitetsnivået er høyere i avleiringer enn i sand og sedimenter.

Det radioaktive avfallet fra petroleumsindustrien inneholder i første rekke radium (nuklidene Ra-226 og Ra-228) i tillegg til noe bly (Pb-210). Avfall fra utvinning av olje inneholder i hovedsak radium, mens avfall fra gassutvinning inneholder i hovedsak bly. Avleiringer fra gassutvinning inneholder også jernsulfid, som gjør at dette avfallet kan være selvantennelig i luft og må derfor stabiliseres før det kan avfallshåndteres. Figur 4 viser radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer fra gassutvinning pakket i beholdere.



Figur 4: Beholdere med radioaktivt avfall inneholdende naturlig forekommende radioaktive stoffer fra gassproduksjon. Foto: Statens strålevern.

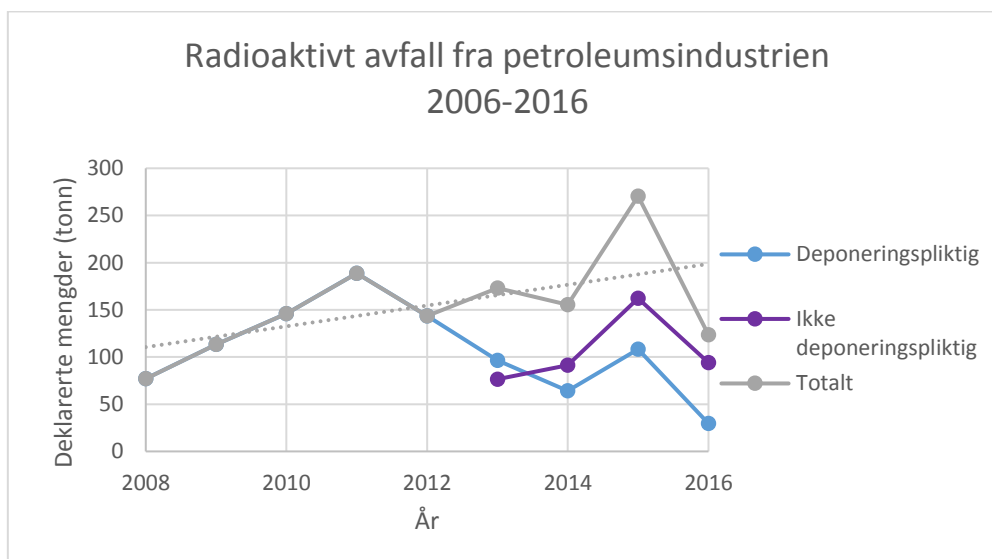
Mens nuklidene Ra-228 og Pb-210 har relativt korte halveringstider på henholdsvis 5,75 år og 22,20 år, har Ra-226 en lang halveringstid på 1600 år. Avfallshåndteringen må ta høyde for at avfallet har lang halveringstid. Avfallet har en gjennomsnittlig spesifikk aktivitet på rundt 25 Bq/g, men den spesifikke aktiviteten varierer fra under 1Bq/g hvor det ikke er klassifisert som radioaktivt avfall til rundt 300 Bq/g.

Det er et titalls virksomheter som har tillatelse til å håndtere radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien. Disse virksomhetene rengjør kontaminert utstyr enten ved bruk av høytrykksspyling med vann eller ved kjemikalier. Både NOAH Langøya og Wergeland-Halsviks deponi har tillatelse til å deponere avfall fra petroleumsindustrien. NOAH har de senere årene ikke ønsket å ta imot radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien, derfor har alt radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien blitt deponert hos Wergeland-Halsvik. Selv om

deponiet har god kapasitet, er det sårbart å kun ha en tilgjengelig avfallsløsning for petroleumsavfallet.

ii. Mengder avfall fra petroleumsindustrien til nå og fram mot 2035

Mengden radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer som genereres på ulike oljefelt varierer, og kan også endre seg noe i løpet av et felts levetid. Ser man på hvor mye avfall som genereres på sokkelen totalt, kan det imidlertid antas at mengdene vil være en relativt stabil funksjon av aktivitetsnivået. I tillegg til det som produseres offshore genereres det også radioaktivt avfall under demontering og opphugging av gamle offshoreinstallasjoner. Erfaringer fra tidligere dekommisjoneringsprosjekter i Nordsjøen antyder at typiske mengder ligger på rundt 0-4 tonn avfall per innretning. I perioden 2013-2015 har det totalt sett blitt deponert mellom 170-270 tonn avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer per år. Bidraget fra dekommisjonering utgjør dermed en liten andel av det radioaktive avfallet fra petroleumsindustrien. Det er verd å merke seg at i de første årene ble det deponert store volum som var produsert flere år før deponiet åpnet. Dette pågikk helt frem til 2013. Figur 5 viser årlige mengder deklart avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer fra petroleumsindustrien for perioden 2008-2016.



Figur 5: Årlige mengder deklart radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer fra petroleumsindustrien i perioden 2008-2016. Tallene for 2016 er foreløpige.

Videre gir tabell 2 en oversikt over deponert radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien ved Wergeland-Halsviks deponi i Gulen kommune i perioden 2008-2016. Før 2013 var praksis for klassifisering av radioaktivt avfall i petroleumsindustrien en nedre grense for spesifikk aktivitet på 10 Bq/g. Det er derfor ikke data for kategori 2-avfall før 2013 i oversikten over deponert avfall i tabell 2.

Tabell 2: Oversikt over deponert radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien ved Wergeland-Halsviks deponi i perioden 2008 – 2016.

Deponert (år)	Kategori 1	Kategori 2	Radioaktivt avfall (1&2)
2008*	77,00		77,00
2009	113,32		113,32
2010	146,02		146,02
2011	188,74		188,74
2012	143,52		143,52
2013	96,42	76,51	172,93
2014	64,2	91,36	155,55
2015	108,35	162,16	270,51
2016**	29,53	94,06	123,59
Totalt (2008-2016)	968,02	424,08	1 392,10

* Deponiet åpnet oktober 2008

** Til og med 1. halvår 2016

Wergeland Halsvik har laget en prognose for hvor mye avfall de venter å motta i perioden 2017-2035. Det understrekes at prognosen er usikker, men ifølge deres anslag vil petroleumsvirksomheten ha behov for å deponere en årlig mengde på rundt 300 tonn. Wergeland-Halsvik forutsetter at den økte mengden man har sett i 2015 og hittil i 2016 vil holde seg fremover de neste årene også. Norsk olje og gass har også gjort en vurdering av deponeringsbehovet, og deres anslag er på ca. 245 tonn per år.

Hverken Wergeland Halsvik eller Norsk olje og gass venter noen betydelig økning i avfallsmengdene i årene som kommer. Siden dekommisjoneringsprosjekter utgjør beskjedne bidrag vil trolig utviklingen i avfallsmengder frem mot 2035 i første rekke avhenge av det generelle aktivitetsnivået på sokkelen.

Wergeland-Halsvik har også tillatelse fra Strålevernet til å motta avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer fra andre industrier enn petroleumsindustrien. Per dags dato har de ikke en tilsvarende tillatelse fra Miljødirektoratet, men er etter egne utsagn i ferd med å søke om en slik tillatelse. Wergeland-Halsvik estimerer den årlige mengden avfall fra annen industri til å være på rundt 40 tonn.

iii. utfordringer med avfall fra petroleumsindustrien

Radioaktive avleiringer fra gassproduksjon er noe mer utfordrende å avfallshåndtere enn avleiringer fra oljeproduksjon. Avleiringene fra gassproduksjon består for det meste av radioaktivt bly (Pb-210). På grunn av innholdet av jernsulfid kan dette avfallet være selvantennelig i luft. Statoil har i sin tillatelse til håndtering av radioaktivt avfall fra Kårstø som vilkår å finne en metode for å sikre at avfallet er stabilt nok til at det kan gå inn i den vanlige avfallsstrømmen for radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien. De er i ferd med å identifisere mulige løsninger for dette avfallet. Det avfallet som allerede eksisterer er per dags dato lagret hos Statoils avfallsunderleverandør i påvente av en løsning.

Når det gjelder kapasitet i avfallshåndteringen vil det, dersom Wergeland-Halsviks prognoser legges til grunn, vil deponiet i 2035 ha lagret en total mengde NORM-avfall i størrelsesorden 9 000 tonn. Deponiets nåværende kapasitet er ca. 7 000 tonn, men anlegget er konstruert for å kunne utvides ved å sprengte ut nye tunneler. En slik utvidelse er allerede planlagt i løpet av de neste 5 år, og dersom avfallsmengdene i årene som kommer skulle vise seg å være større enn prognosert, er det mulig å utvide ytterligere.

Etter Strålevernets vurdering er det sårbart å kun ha ett avfallsmottak for radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien i perioden frem mot 2035. Vi anser imidlertid at dagens system for behandling av avfall fra petroleumsindustrien fungerer godt. Under forutsetning av at aktiviteten på sokkelen ikke øker betydelig, har vi ingen informasjon som tyder på at deponikapasiteten vil bli for liten. Per i dag er det heller ikke kapasitetsproblemer når det gjelder rengjøring av utstyr som er kontaminert med radioaktive avleiringer. Denne type aktivitet krever tillatelse fra Statens strålevern, men dersom behovet skulle øke, vil det antakelig være mulig for bedrifter å tilpasse seg markedet og øke tilbudet av slike tjenester i løpet av relativt kort tid.

5.6 Avfall fra prosessindustrien

Prosessindustri er en samlebetegnelse på virksomheter som foredler råstoff fra naturen gjennom fysiske, kjemiske, elektriske eller mekaniske prosesser. Siden alt råstoff fra naturen inneholder større eller mindre mengder radioaktive stoffer, kan prosessene som brukes i foredlingen av råstoff medføre at radioaktive stoffer oppkonsentreres og danner radioaktivt avfall eller at renseslag eller renseslag medfører utslipp av radioaktive stoffer.

i. Kort om egenskaper ved avfall fra prosessindustrien

Avfallstypene fra prosessindustri vil variere med hvilke råvarer og prosesser som benyttes for å bearbeide råvaren. De virksomhetene innen prosessindustrien som har tillatelse etter forurensningsloven fra Strålevernet viser en stor variasjon i sitt avfall. Per i dag er det kun fire avfallsprodusenter som reguleres av Strålevernet: Yara Porsgrunn, Yara Glomfjord, Glencore Nikkelverk og TiZir Titanium & Iron.

Yara Porsgrunn og Yara Glomfjord benytter råstoffer med naturlig forekommende radioaktive stoffer i sin produksjon av kunstgjødsel, mens TiZir Titanium & Iron foredler råstoffet ilmenitt som også inneholder naturlig forekommende radioaktive stoffer til titanrikt slag og høyrent jern. Ilmenitten som foredles ved TiZir Titanium & Iron utvinnes per i dag i Senegal. Glencore Nikkelverk foredler halvfabrikata i form av malm som er kjemisk forbehandlet i utlandet. Både halvfabrikata og kjemikalier som brukes ved Glencore Nikkelverk inneholder naturlig forekommende radioaktive stoffer.

Strålevernet arbeider med å kartlegge industrier og virksomheter i Norge som håndterer store mengder naturlige råstoffer og dermed kan danne radioaktivt avfall og utslipp. IAEA og EU har identifisert industrier som håndterer råvarer med naturlig forekommende radioaktive stoffer og som derfor må kartlegges om de kan ha radioaktivt avfall eller utslipp. Siden det er store variasjoner i innhold av naturlig forekommende radioaktive stoffer i råstoff fra område til område, må hver enkelt type industri og virksomhet innen industrien kartlegges for å vurdere om de trenger å reguleres. Basert på informasjon fra Miljødirektoratet og www.norskeutslipp.no kan det være så mange som mellom 100 og 200 virksomheter som ikke har kartlagt om de kan ha radioaktivt avfall eller utslipp. Vi antar derfor at det er stor sannsynlighet for at det er flere virksomheter innen prosessindustrien som har radioaktiv forurensning og som produserer eller håndterer radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer, antageligvis uten å være klar over det.

ii. Mengder avfall fra prosessindustrien til nå og fram mot 2035

Per dags dato kjenner vi kun til fire virksomheter som danner radioaktivt avfall fra prosessindustri og som har tillatelse til utslipp av radioaktive stoffer. Det er en pågående kartlegging av prosessindustri- og virksomheter som kan danne radioaktivt avfall, og vi forventer at det er mange flere virksomheter som produserer radioaktivt avfall enn de som har tillatelse i dag. Vi forventer derfor at avfallsmengden som må reguleres vil øke fram mot 2035. I tillegg viser Norsk industris veikart for prosessindustrien (2016) skisserer en betydelig produksjonsvekst fremover, såfremt den norske industrien beholder sine markedsandeler. Dette vil eventuelt også føre til en økning i mengden radioaktivt avfall fra prosessindustrien.

Avfall fra prosessindustrien er regulert av Miljødirektoratet eller Fylkesmannen når det gjelder avfallens ikke-radioaktive egenskaper. Der hvor avfallet også er klassifisert som farlig avfall vil avfallsmottak fortsette å kunne ta imot avfallet uten egen tillatelse fra Strålevernet, dersom innholdet av radioaktive stoffer er under grenser gitt i forurensningsregelverket. En god del av virksomhetene har egne deponier for eget avfall, og det er derfor uklart hvor store mengder radioaktivt avfall fra prosessindustri som vil kreve opprettelse av nye deponier.

iii. utfordringer med avfall fra prosessindustrien

Det er flere former for prosessindustri og avfall fra de forskjellige formene kan ha svært forskjellige egenskaper.

Radioaktivt avfall skal leveres til mottak med tillatelse til å håndtere den typen avfall minst en gang per år. Behovet for forsvarlige avfallsløsninger for radioaktivt avfall fra prosessindustrien kan delvis dekkes ved at de virksomhetene som per dags dato håndterer avfallet søker om tillatelse til å håndtere avfallet også for dets radioaktive egenskaper. Virksomhetene som tar imot det radioaktive avfallet i dag kan imidlertid frykte for egne arbeidstakere eller for omdømmet, noe som kan føre til at de ikke lenger ønsker å ta imot avfallet. Det er sannsynlig at det vil være noe behov for nye avfallsløsninger for det radioaktive prosessindustriavfallet.

iv. Annen viktig informasjon om avfall fra prosessindustri og forvaltningen av avfallstypen

Den pågående kartleggingen av virksomheter med mulige utfordringer knyttet til avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer og utslipp av radioaktive stoffer krever ressurser av Strålevernet. Kartleggingen vil fortsette de nærmeste årene og den videre oppfølgingen og sikringen av nødvendige avfallsløsninger vil også kreve ytterligere ressurser. Det er derfor viktig at Strålevernet har tilstrekkelig ressurser til å gjennomføre kampanjen, samt håndtere henvendelser og søknader som kan komme etter en slik kampanje.

Strålevernet kartlegger stadig flere industrier og virksomheter, ofte har de egne deponier for avfall. I en del tilfeller vil avfallet også være klassifisert som farlig avfall, og så lenge det radioaktive avfallet har aktivitetskonsentrasjon under deponeringsplikt kan avfallet fortsatt sendes til det eksisterende deponiet uten en egen tillatelse fra Strålevernet. Det er viktig at avfallet og håndteringen av dette også reguleres etter avfallens radioaktive egenskaper. Så langt ser vi at det vil være noe behov for nye avfallsløsninger, men likevel ikke store behov for nye deponier. Det er vanskelig å si hvor i landet avfall fra slik virksomhet vil oppstå i tiden fram mot 2035, siden kartleggingsarbeidet fortsatt pågår.

5.7 Alunskifer

i. Kort om egenskaper ved alunskifer

Potensielt syredannende bergarter er et samlebegrep for bergarter som alunskifer, galgebergskifer og andre skiferarter som ved eksponering til luft og vann danner eller kan danne syrer. Det finnes også syredannende gneiser, men med den kunnskapen vi har nå antas det at denne bergarten ikke vil komme inn under Strålevernets forvaltning grunnet forventet lavt innhold av uran og lavt potensiale for radioaktivt forurensning.

Alunskifer og andre skifre som defineres som potensielt syredannende bergarter har et høyt innhold av tungmetaller, deriblant uran. Målinger av alunskifer og andre syredannende bergarter levert til deponi med særlig tillatelse, viser at innholdet av uran i gjennomsnitt er ca. 1 Bq/g, med en naturlig variasjon i intervallet 0,5 – 5 Bq/g. Det betyr at alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter har et så høyt innhold av naturlig forekommende radioaktive stoffer at avfall med slike bergarter klassifiseres som radioaktivt avfall.

På den andre siden er faren for radioaktiv forurensning fra potensielt syredannende bergarter ikke nødvendigvis avhengig av aktivitetskonsentrasjonen. For å sikre forsvarlig håndtering av slike bergarter er det derfor nødvendig å gjøre en helhetsvurdering av forurensningsfaren for hver enkelt forekomst, uavhengig av om aktivitetskonsentrasjon er over eller under grenseverdien for radioaktivt avfall.

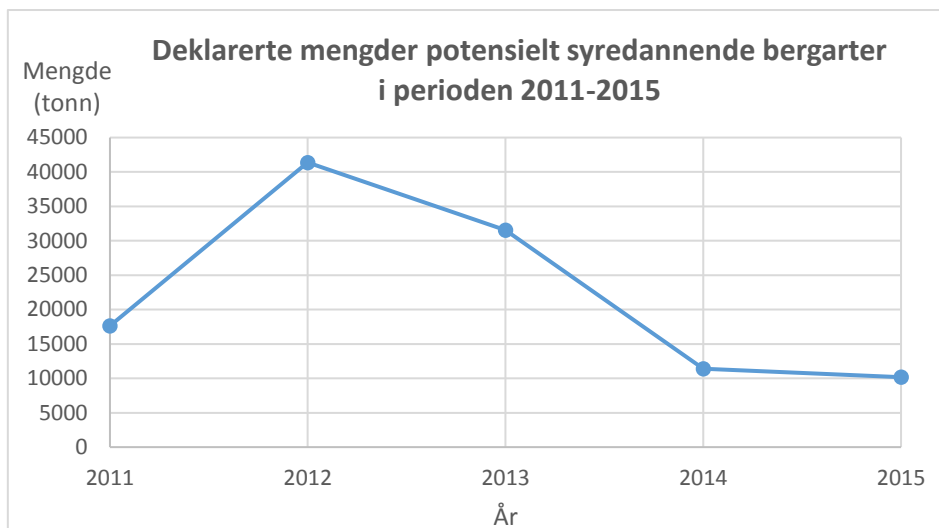
Det er påvist betydelige mengder alunskifer i Østlandsområdet, særlig i Oslo, Akershus, Hedmark, Oppland og Buskerud. I tillegg er det mindre linser hvor det finnes alunskifer i andre fylker, eksempelvis i Nordland. Det er da snakk om linseformede forekomster av alunskifer som er omgitt av andre bergarter.

ii. Mengder avfall med alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter til nå og fram mot 2035

Statens strålevern har oversikt over deklarererte radioaktive steinmasser fra og med 2011. Oversikten viser at radioaktive steinmasser utgjorde 98 % av massen til alt radioaktivt avfall som ble deklarerert mellom 2011 og 2015. Det er sannsynlig at praktisk talt alle deklarererte radioaktive steinmasser er alunskifer eller andre potensielt syredannende bergarter. Basert på denne antagelsen ble det som vist i figur 6 årlig deklarerert mellom 11 000 og 41 000 tonn potensielt syredannende bergarter i perioden 2011 til 2015.

Variasjonen i mengdene er avhengig av hvor mye gravearbeid som utføres i områder med potensielt syredannende bergarter. Regionale planer for areal og transport gir en oversikt over planlagt byggevirkosomhet i områder med potensielt syredannende bergarter og ut ifra disse kan man gi et estimat for fremtidige mengder av denne avfallstypen.

Den estimerte utviklingen i mengder avfall med potensielt syredannende bergarter frem til 2035 er basert på denne typen regionale planer for Oslo og Akershus, Hedmark, Oppland og Buskerud. Under gis en kort gjennomgang av de estimerte avfallsmengdene for hver region, samt en oppsummering av de totale avfallsmengdene for samtlige regioner. En mer detaljert beskrivelse av de estimerte avfallsmengdene og antagelsene estimatene bygger på er gitt i vedlegg 8.1.



Figur 6: Deklarerte mengder alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter i perioden 2011-2015. De deklarererte mengdene avhenger av hvor mye gravearbeid som utføres i områder med potensielt syredannende bergarter.

Oslo og Akershus

Regional plan for areal og transport i Oslo og Akershus anslår at i løpet av de neste 20 årene vil innbyggertallet i fylkene øke med 350 000. Dette setter krav til utbygging av boliger og forbedringer av infrastruktur for å sikre arbeidsplasser, god persontransport og logistikk.

En sammenligning mellom den regionale planens prioriterte vekstområder og alunskiferkart utarbeidet av NGU (Norges Geologiske Undersøkelse) på oppdrag fra Statens strålevern, viser at både utbygging i Oslo by, samt opprettelse eller fornyelse av veier og jernbanenett i Akershus kan gå gjennom områder med kjente alunskiferforekomster.

Det forventes at byggearbeider og utbedring av infrastruktur i Oslo frem til 2035 vil medføre et totalt uttak av alunskifer på 4 150 000 tonn. Alunskifer fra pågående arbeider er ikke inkludert i dette estimatet. Vi kan derfor anta at det er behov for deponikapasitet for mellom 3 000 000 – 5 000 000 tonn alunskifer fra Oslo og Akershus frem til 2035.

Hvis utbyggingen skjer i samme størrelsesorden som frem til 2014 (dvs. tilsvarende uttak av masser som før gravearbeidene med Regjeringskvartalet og Follobanen ble igangsatt), vil det imidlertid kun være behov for deponikapasitet for 800 000 tonn alunskifer fra Oslo og Akershus frem til 2035.

Hedmark

Hedmark har betydelige mengder alunskifer, også i de områdene av Hedmark som er tettest befolket, det vil si kommunene som ligger mot Mjøsa. Det forventes en økning i innbyggertall frem mot 2030 og dette fører til behov for nye boliger. Det planlegges i tillegg utbedringer av eksisterende veinett i regionen, og det kan bli behov for sprenging i områder med alunskifer. Per dags dato er det imidlertid ikke lagt planer for tunnel gjennom alunskifer. Det antas derfor at mengden alunskifer fra vei vil være mindre enn fra boligbygging. For å fange opp også

mindre veiprosjekter og eventuelle uventete funn av alunskifer, anslås det et uttak på 100 000 tonn alunskifer fra veibygging og tilhørende gravearbeider.

Total mengde alunskifer fra Hedmark i perioden frem til 2035 vil da anslagsvis være lik 400 000 tonn, med et forventet intervall på 320 000 – 480 000 tonn.

Oppland

Av Opplands kommuner er det Gjøvik, Nordre land og Etnedal som har de største alunskiferforekomstene. Selv om det er betydelige mengder alunskifer i fylket, er det begrenset befolkningsvekst og behov for nye boliger. I tillegg går hovedveiene i fylket hovedsakelig utenfor de største alunskiferforekomstene.

Det antas at det tas ut 100 000 tonn alunskifer fra bygging av boliger og infrastruktur i Oppland frem til 2035. Estimater inkluderer ikke pågående arbeid hvor det tas ut alunskifer.

Buskerud

Sammenlignet med Oppland eller Hedmark har Buskerud fylke et lite areal med alunskifer. Alunskiferen er begrenset til et belte fra Randsfjorden til Tyrifjordens nordre punkt. Beltet fortsetter fra Tyrifjordens sørvestre arm og til Eikern og slutter mellom Kongsberg og Sauherad. I tillegg finnes det forekomster ved Slemmestad og i kommunene Gol og Nes.

Utbygging av Ringeriksbanen og E 16 mellom Hønefoss og Jevnaker kan føre til graving i alunskifer fra den såkalte Røykengruppen. Denne alunskiferen har et høyere innhold av radioaktive stoffer enn gjennomsnittet av potensielt syredannende bergarter⁹. På nåværende tidspunkt antas det at arbeidene vil gi 10 000 tonn alunskifer av særlig høyt syredannende potensiale og derav høy forurensningsfare. Selv om mengden er liten, er det mulig at denne skiferen må håndteres med høyere grad av sikkerhet på deponi.

Samlet sett antas det, med unntak av nevnte masser fra Røykengruppen, at det vil genereres 100 000 tonn alunskifer i fylket frem til 2035.

5.7.1 Avfall fra «gamle synder» - opprydning i tidligere deponert alunskifer

I tillegg til behov for lagring av fremtidige masser med potensielt syredannende bergarter, er det behov for opprydning i tidligere deponert alunskifer. Dette kan medføre behov for fjerning av tidligere deponert alunskifer fra nåværende plassering og deponering i deponi med høyere grad av sikkerhet mot utlekking av radioaktive stoffer.

Ett slikt eksempel er Taraldrud i Ski kommune. Her ble alunskifer fra Oslo ulovlig deponert på tidlig 90-tall. Alunskiferen ble spredt utover en eng og senere ble skiferen dekket med jord. Det går vann igjennom skiferen og den produserer syre. Denne reaktive alunskiferen lekker også ut uran. Tiltak har blitt utført i senere tid for å redusere utlekking av uran og andre tungmetaller til en bekk som så drenerer til en drikkevannskilde. Tiltakene medfører at rundt 80 % av uranet som lekker fra skiferen felles ut i dammer sammen med jern og organisk materiale. Innholdet av organisk materiale er over 10 %, og slammet kan dermed ikke

⁹ Kilde: NGUs berggrunnskart.

deponeres etter krav i avfallsforskriftens kapittel 9. Innholdet av uran er høyt nok til at slammet klassifiseres som radioaktivt avfall.

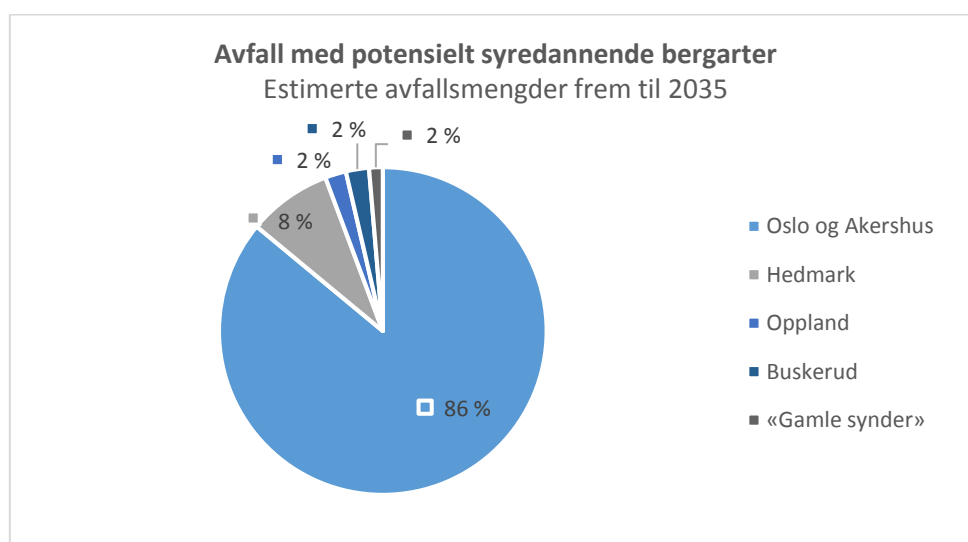
En måte å løse denne forurensningssituasjonen på, er ved å grave opp den ulovlig deponerte alunskiferen og deponere den i deponi med tillatelse til å ta imot denne type avfall. Mengdene alunskifer og omliggende forurensete masser på Taraldrud er estimert til rundt 6 500 tonn.

Utfordringen med å vurdere mengdene av «gamle synder» som blir til nytt avfall som skal håndteres, er at myndighetene ikke nødvendigvis har oversikt over alle gamle alunskiferdeponi. Statens strålevern kjenner til to gamle deponi i tillegg til Taraldrud, hvor det er deponert alunskifer uten at det er stilt krav til fysisk og kjemisk stabilitet. Det antas at det vil være nødvendig å gjøre tiltak for å sikre forsvarlig håndtering av massene fra disse deponiene, og det er heller ikke usannsynlig at det vil dukke opp flere «gamle synder» som krever tilsvarende tiltak.

Likevel kan det antas at mengdene alunskifer i gamle deponi er liten i forhold til de estimerte mengdene av ny alunskifer som vil graves opp. Hvis det eksempelvis finnes ti deponi på størrelse med Taraldrud som må deponeres på nytt, er det snakk om rundt 65 000 tonn, det vil si mellom 1 – 6,5 % av all alunskifer som det er antatt må deponeres i løpet av de neste 20 årene.

5.7.2 Oppsummering av mengder avfall fram mot 2035

Selv om Oslo har et begrenset areal med alunskifer, ligger skiferen nært dagen og kan forventes å påtreffes under gravearbeid. Det er planlagt større gravearbeider i Oslo-området i perioden frem mot 2035, og det er i dette området de største avfallsmengdene forventes å oppstå. Figur 7 viser forventet prosentvis andel av total avfallsmengde som vil genereres i de ulike regionene, samt fra såkalte «gamle synder», i perioden frem til 2035.



Figur 7: Grafisk fremstilling av estimerte mengder avfall med potensielt syredannende bergarter som forventes å oppstå i de ulike regionene i perioden frem til 2035. Diagrammet viser at majoriteten av dette avfallet forventes å oppstå i Oslo-området. «Gamle synder» viser til avfall fra mulig fremtidig opprydning etter eldre alunskiferdeponi

Det antas at alunskiferen med det høyeste forurensningspotensialet kan finnes rundt Hønefoss. Dette mindre volumet kan måtte håndteres med høyere krav til sikkerhet enn de øvrige massene. For det første skyldes dette at avfallet antas å ha et høyere innhold av radioaktive stoffer enn gjennomsnittet av potensielt syredannende bergarter. For det andre er det sannsynlig at dette avfallet har et høyt syredannende potensiale, og derfor vil kreve spesielle tiltak for å begrense utlekkingen av radioaktive stoffer.

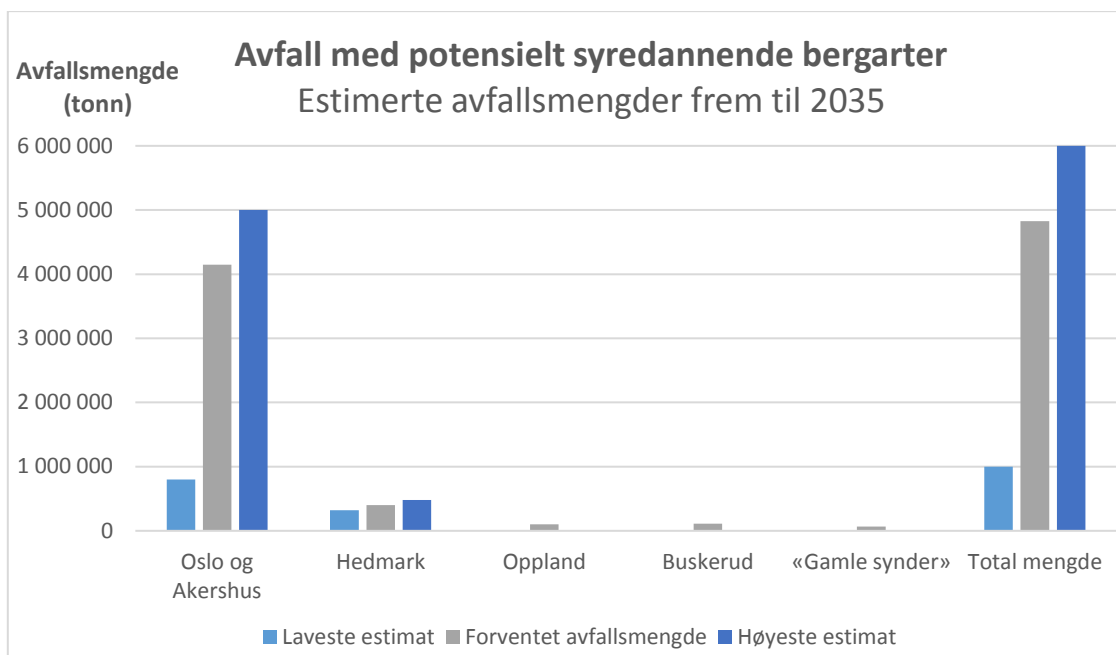
De estimerte mengdene avfall med potensielt syredannende bergarter er oppsummert i tabell 3 og fremstilt grafisk i figur 8. Oppsummerte gjennomsnittlige verdier tilsier at det i perioden frem til 2035 er behov for å håndtere 4 825 000 tonn potensielt syredannende bergarter fordelt over fem regioner, inkludert eventuelle masser fra gamle alunskiferdeponier. Det kan derfor estimeres et intervall på mellom 1 000 000 tonn og 6 000 000 tonn alunskifer som må håndteres. En svært liten andel av dette avfallet, estimert til 10 000 tonn alunskifer fra Røykengruppen, vil være særlig utfordrende å håndtere.

Tabell 3: Estimerte mengder avfall med potensielt syredannende bergarter for perioden frem til 2035. «Gamle synder» viser til avfall fra opprydning etter gamle alunskiferdeponier. Avfallsmengden fra «gamle synder» er svært usikker, og den anslåtte avfallsmengden tar høyde for at det oppdages hittil ukjente alunskiferdeponi som krever tiltak. Dette utgjør imidlertid en liten andel av den totale forventede avfallsmengden i perioden.

Avfallskilde	Estimert total avfallsmengde (tonn)	Estimert intervall (tonn)
Oslo og Akershus	4 150 000	800 000 – 5 000 000
Hedmark	400 000	320 000 – 480 000
Oppland	100 000*	–
Buskerud	110 000**	–
«Gamle synder»	65 000	–
Total avfallsmengde	4 825 000	1 000 000 – 6 000 000

* Inkluderer ikke pågående arbeid hvor det tas ut alunskifer.

** Inkluderer 10 000 tonn masser med alunskifer fra Røykengruppen.



Figur 8: Estimerte mengder avfall med potensielt syredannende bergarter for perioden frem til 2035. Figuren viser estimerte avfallsmengder totalt sett, samt fordelt på region og såkalte «gamle synder». «Gamle synder» viser til avfall fra opprydning etter gamle alunskiferdeponier.

iii. Utfordringer med alunskifer

Bergartenes syredannende egenskaper fører til at uran (og andre tungmetaller) kan mobiliseres og lekke ut til omgivelsene. Strålevernet vurderer forurensingspotensialet fra potensielt syredannende bergarter til å være svært stort hvis avfallet ikke håndteres forsvarlig. Forsvarlig håndtering av avfallet innebærer deponering i deponi med særlig tillatelse fra Statens strålevern til å motta denne type avfall. Dette gjelder også for potensielt syredannende bergarter som har en lavere aktivitetskonsentrasjon enn 1 Bq/g og dermed ikke faller inn under kategorien radioaktivt avfall.

Potensielt syredannende bergarter kan selvantenne som følge av den eksoterme reaksjonen når det dannes syre. Et høyt innhold av organisk materiale fører til at berget ikke bare kan selvantenne, men også brenne. Deponering av potensielt syredannende bergarter må derfor foregå på en forsvarlig måte, slik at brannfaren i de deponerte massene minimeres.

iv. Annen viktig informasjon om alunskifer og forvaltningen av avfallstypen

Per dags dato finnes det to deponier som kan ta imot alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter: NOAH Langøya (Holmestrand) og Borge pukkverk avfallsdeponi, (Fredrikstad). I tillegg har deponiet Heggvin Alun AS (Hedmark) nylig fått tillatelse fra Statens strålevern til deponering av potensielt syredannende bergarter. NOAH Langøya er i ferd med å fylles opp. Grunnet krav om en minimum overdekking av alunskifer, antas det på

nåværende tidspunkt at kapasiteten ved NOAH Langøya for å ta imot fremtidig alunskifer er brukt opp.

Borge Deponi åpnet for mottak av alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter sommeren 2015. Kapasiteten er underutnyttet. Det anslås at deponiet kan motta rundt 800 000 tonn alunskifer i løpet av deponiets levetid. Dette anslaget tar ikke hensyn til samdeponering med bufrende masser, noe som er et krav i deponiets tillatelse. Den reelle totale mottakskapasiteten er derfor mindre enn 800 000 tonn.

Tillatelsen til Heggvin Alun AS omfatter deponering av totalt 850 000 tonn potensielt syredannende bergarter i løpet av en driftsperiode på 20 år. Virksomheten har også søkt Fylkesmannen i Hedmark om tillatelse til deponeringen, og kan ta imot masser når en slik tillatelse foreligger. Deponiet skal etableres på Vang i Hamar og vil etter planen være i drift i løpet av første halvdel av 2017.

Dersom utviklingen i mengdene potensielt syredannende bergarter følger det laveste estimatet på 1 000 000 tonn vil denne deponikapasiteten være tilstrekkelig. Det er imidlertid sannsynlig at det vil være en høyere tilvekst av potensielt syredannende bergarter i perioden, slik at det blir behov for ytterligere deponi som kan ta imot alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter frem til 2035.

5.8 Avfall fra gruvedrift

Gruveavfall kan også inneholde nok radioaktive stoffer til at det blir klassifisert som radioaktivt avfall. Dette vil også gjelde deponering av radioaktivt avfall fra tidligere tiders gruvedrift.

Per dags dato har deponiene NOAH Langøya (Holmestrand) og Wergeland-Halsviks deponi i Gulen kommune tillatelse til å ta imot radioaktivt gruveavfall. I tillegg har deponiet Heggvin Alun AS (Hedmark) nylig fått tillatelse fra Strålevernet til å ta imot radioaktivt gruveavfall.

i. Kort om egenskaper ved avfall fra gruvedrift og mineralutvinning

Mineralavfall er avfall fra gruveindustri som stammer direkte fra undersøkelse, utvinning, behandling og lagring av mineralressurser, samt fra drift av steinbrudd.

De fleste mineraler som det drives utvinning av i Norge har relativt lavt innhold av radioaktive stoffer. Utvinningen kan imidlertid føre til oppkonsentrering av radioaktive stoffer i avfallet. De radioaktive stoffene har ofte lang halveringstid, hvilket betyr at de forblir i naturen i svært lang tid. De vil ofte også oppkonsentreres oppover i næringskjeden. Gruvedrift medfører ofte store mengder avfall og kan dermed også føre til store mengder radioaktivt avfall, men med relativt lave nivåer av radioaktive stoffer.

ii. Mengder avfall fra gruvedrift og mineralutvinning til nå og fram mot 2035

Det er ikke kartlagt noen nåværende gruvedrift som danner radioaktivt avfall eller forurensning, men vi forventer at det kan komme. Det er derimot identifisert historiske gruver hvor det er dannet radioaktivt avfall, og vi kan forvente at gruver med radioaktivt avfall eller forurensning vil oppstå igjen.

Man kan dele mineralene som blir utvunnet i Norge inn i de 3 hovedkategoriene mineralmalm, industrimalm, samt naturstein og byggematerialer.

Mineralmalm

Mineralmalm er metallmalmer som sjeldne jordartsmineraler, kobberkis og uranholdige malmer. I følge Direktorat for mineralforvaltning har malmproduksjonen blitt sterkt redusert siden begynnelsen av 80-tallet hvor den stod for ca. 50 % av produksjonsverdien. Senere har produksjonen av jern igjen økt kraftig. Mineralmalm inneholder ofte forhøyde nivåer av radioaktive stoffer. I Fensfeltet i Ulefoss er det for eksempel betydelige mengder sjeldne jordarter og thoriumholdig malm, hvor innholdet av thorium kan komme opp i 6 Bq/g.

Industrimineraler

Industrimineraler er ikke-metalliske mineraler og bergarter som brukes til industriformål. Ifølge Direktorat for mineralforvaltning har produksjonen av industrimineraler økt kraftig fram mot år 2000 og siden vært noe lavere. De fleste av disse mineralene har, med noen få

unntak, ikke forhøyet nivå av radioaktive stoffer. Et av de viktige unntakene er nefelinsyenitt, som også blir utvunnet i Norge. Mineralet har forhøyet nivå av thorium.

Naturstein og byggemateriale

Naturstein og byggematerialer kan være bergarter som granitt, gneis, sandstein, skifer og larvikitt. Innholdet av radioaktivitet er som regel godt under 1Bq/g. I ren vekt er pukk og grus det viktigste bergindustriproduktet i Norge. Pukkproduksjonen har økt kraftig siden 2003, samtidig som grusproduksjonen har hatt en økning de siste årene. Det er ikke oppkonsentrering av radioaktive stoffer i natur og byggemateriale, slik som industrimineraler og mineralmalm, men det er viktig å vurdere radon i forbindelse med bruk i boliger.

Energimineraler

Kull er et energimineral som ofte fører til radioaktivt avfall og forurensning, siden det inneholder radioaktive stoffer i asken når kullet forbrenner. I Norge blir kull utvunnet på Svalbard. Undersøkelser av dette kullet viser at innholdet av radioaktive stoffer er så vidt over bakgrunnsnivåer, men godt under nivåene som regnes som radioaktivt avfall.

Utvinning av uran og thorium har åpenbart potensiale til å danne radioaktivt avfall og forurensning. Uran og særskilt thoriumforekomstene i Norge er lite kartlagt, men det er beregnet at Norge kan sitte på store mengder thoriumforekomster av drivverdig kvalitet. Forekomstene er estimert til å være mellom 55 000 tonn og 67 500 tonn, hvilket er en stor forekomst også i internasjonal målestokk. Strålevernet kjenner per dags dato ikke til noen planer om utvinning av thorium i Norge.

Historisk gruvevirksomhet

Strålevernet har kartlagt historisk gruvevirksomhet hvor det kan være utfordringer med radioaktivt avfall i naturen. Basert på litteraturstudier har man kommet frem til en liste på 10 områder som bør kartlegges nærmere. Søve gruve er det viktigste av disse områdene. Strålevernet har pålagt Nærings- og fiskeridepartementet å gjennomføre nødvendige tiltak for å hindre radioaktiv forurensning fra de radioaktive massene fra gruvevirksomheten. Departementet har søkt om utsettelse av fristen for pålegget til 1. september 2017.

iii. Utfordringer med avfall fra gruvedrift og mineralutvinning

Avfall fra gruveindustri utgjør ofte store volumer, som i seg selv kan gjøre det utfordrende å håndtere. Innholdet av radioaktive stoffer er imidlertid ofte lavt og dette gjør at gruveavfallet kan disponeres i overflate- eller nær-overflatedeponi. Det er også viktig at disponeringsløsningen er egnet for de ikke-radioaktive egenskapene ved avfallet, som innhold av tungmetaller eller kjemikalier.

iv. Annen viktig informasjon om avfall fra gruvedrift og mineralutvinning og forvaltningen av avfallstypen

Strålevernet har som nevnt i kapittel 3 et pågående samarbeid med Direktoratet for Mineralforvaltning om forvaltning og kartlegging av gruvedrift med mulig radioaktivt avfall og forurensning. Strålevernet arbeider for å komme inn på et tidlig tidspunkt ved etableringen av ny gruvevirksomhet, for å kartlegge om det kan oppstå radioaktivt avfall eller utslipp av radioaktive stoffer. Håndteringen av radioaktivt avfall og forurensning bør planlegges ved oppstart av ny gruvevirksomhet, for å sikre forsvarlig håndtering.

5.9 Avfall med organisk innhold som kan være problematisk å deponere

Organisk radioaktivt avfall er avfall som i tillegg til å være radioaktivt, er biologisk nedbrytbart. Det er etter avfallsforskriftens § 9-4 forbud mot å deponere biologisk nedbrytbart organisk avfall med innhold av totalt organisk karbon (TOC) over 10 % eller glødetap (LOI) over 20 %.

Dette medfører at organisk radioaktivt avfall i utgangspunktet ikke kan deponeres. Det kan imidlertid være åpning for deponering av denne type avfall, men dette krever unntak fra avfallsforskriftens § 9-4. Slike unntak gis av Miljødirektoratet. Det er for øvrig ikke forbud mot å deponere gateoppsop, forurenset jord og mudder, ristgods, silgods og sandfangavfall, samt avløpslam som ikke tilfredsstiller kravene i gjødsselforskriften.

Forbudet mot å deponere organisk avfall fører til begrensninger for hvordan organisk radioaktivt avfall kan håndteres. Hvis avfallet ikke kan deponeres, vil det eneste andre behandlingsalternativet per dags dato være forbrenning.

Forbrenning kan føre til at de radioaktive stoffene enten vil forbli i asken, med potensiale for at asken må håndteres som radioaktivt avfall, feste seg på filter eller gå ut i luft og føre til ny forurensning. Forbrenningsanlegg er ofte lagt i nærheten til bebyggelse og en eventuell forurensning kan medføre eksponering av mennesker og miljø.

Det kan tenkes at kompostering kan være en måte å håndtere organisk radioaktivt avfall på, som har liten sannsynlighet for å føre til utilsiktet forurensning. Slik håndtering av radioaktivt avfall krever tillatelse fra Statens strålevern på lik linje med annen virksomhet som håndterer radioaktivt avfall. Per dags dato er det imidlertid ingen komposteringsanlegg som har tillatelse til å motta og behandle radioaktivt avfall.

Organisk radioaktivt avfall kan ha mange former, men fra de siste årene kjenner Statens strålevern til hendelser hvor det har vist seg utfordrende å håndtere kasserte slakt med for høyt innhold av cesium-137 til at kjøttet kan brukes til menneskemat eller dyrefor, til slam med høyt innhold av organisk materiale i tillegg til høye nivåer av uran.

Reindriftsnæringen ble hardt rammet av nedfall av cesium-137 etter Tsjernobylulykken i 1986. Det gjøres fremdeles tiltak for å redusere behovet for kassering av slakt, men fremdeles er det enkelt dyr hvor det viser seg etter slaktning at kjøttet ikke kan benyttes til menneskemat fordi grenseverdiene for cesium-137 i matvarer overskrides. Slikt kjøtt vil også være over grenseverdiene for radioaktivt avfall. Statens strålevern har nylig avdekket at kassert kjøtt sendes til fabrikk som videreforedler slaktene til kjøttbeinmel og animalsk fett. Virksomheten har ikke tillatelse til mottak og håndtering av radioaktivt avfall.

Videre kjenner Strålevernet til ett tilfelle hvor alunskifer har blitt ulovlig deponert og overdekket av jord. Dette er nærmere beskrevet under kapittel 5.7.1 *Avfall fra «gamle synder» - opprydning i tidligere deponert alunskifer*. I dette tilfellet renner det vann gjennom alunskiferen. Vannet vasker ut uran, som feller ut sammen med jern og organisk materiale i fellingsdammer anlagt nedstrøms alunskiferen. Dammene må renses med visse mellomrom og slammet som er i disse dammene defineres som radioaktivt avfall. Grunnet innholdet av organisk materiale, kan ikke slammet deponeres.

I tillegg til stor variasjon i avfallstypen, kan det også forventes stor variasjon i mengder organisk radioaktivt avfall, fra år hvor total avfallsmengde av organisk radioaktivt avfall er fraværende, til tre forsøksdyr (rotter) a 500 g, til 40 kg kassert kjøtt, til 40 m³ jord og slam med høyt innhold av organisk materiale.

Håndtering av organisk radioaktivt avfall krever samhandling mellom Statens strålevern og Miljødirektoratet og det arbeides for å finne en løsning som er i henhold til avfallsforskriftens kapittel 9, i tillegg til de lover og forskrifter som gjelder for radioaktivt avfall. Per dags dato finnes det ingen gode løsninger for denne type avfall.

5.10 Avfall fra en hendelse

Akutt radioaktiv forurensning, som potensielt vil oppstå i forbindelse med en atomhendelse, kan skape en kompleks forurensningssituasjon og mange forskjellige typer avfall.

Atomhendelser med akutt radioaktiv forurensning, er enhver ulykke eller hendelse hvor det er forurensning av radionuklider som kan være til skade eller ulempe for mennesker, miljøet eller viktige samfunnsinteresser. Etter en slik hendelse, kan det bli behov for å dekontaminere (rense) områder eller gjenstander. Dette kan føre til dannelse av radioaktivt avfall og radioaktiv forurensning. Eksempelvis kan det være behov for å fjerne jord som så må håndteres som radioaktivt avfall.

For å optimalisere beskyttelse av mennesker og miljø er det viktig at avfall blir håndtert korrekt. Radioaktivt avfall som oppstår etter en akutt radioaktiv forurensning bør, om det er mulig, følge de vanlige avfallsstrømmene for radioaktivt avfall og håndteres med like stor grad av sikkerhet som radioaktivt avfall som oppstår som følge av virksomheters ordinære drift.

Avfallshåndteringen vil omfatte:

- Sortering
- Klassifisering
- Eventuell behandling
- Eventuell mellomlagring
- Transport
- Disponering

Det kan forventes stort volum av radioaktivt avfall etter en hendelse. Samtidig er permanent lagring i deponi en begrenset ressurs. Det er derfor viktig å klassifisere og sortere avfallet som oppstår etter en hendelse slik at man minimerer mengden radioaktivt avfall, og skiller mellom ulike typer radioaktivt avfall hvor det er forskjellige håndteringsmetoder.

Når radioaktivt avfall er karakterisert og sortert kan det være en fordel, eller nødvendig, at avfallet behandles for å oppnå volumreduksjon eller stabilisering. Hvis avfallet eksempelvis har stort volum og lav konsentrasjon av radioaktive stoffer, kan det være hensiktsmessig å behandle avfallet slik at det får et mindre volum med høyere aktivitetskonsentrasjon. I tillegg kan en del avfall forventes å være for reaktivt til å deponeres direkte. Slikt avfall må stabiliseres før deponering. En kan også forvente avfall med høyt innhold av organisk materiale fra dekontaminering etter en hendelse. Dette avfallet kan ikke deponeres i henhold til avfallsforskriftens kapittel 9, jf. kapittel 5.9.

Behandling av radioaktivt avfall for å redusere volum eller for å stabilisere avfallet kan være behandlingsmetoder som biologisk og/eller kjemisk nedbrytning eller omdanning, forbrenning, behandling og solidifisering av flytende avfall. Målet for behandlingen skal være at avfallet kan lagres på en trygg måte i midlertidig eller permanent deponi.

Det kan være nødvendig å etablere nye deponier for å håndtere radioaktivt avfall etter en hendelse, men det er ikke mulig å forutse behovet i forkant. Det er ikke hensiktsmessig å planlegge for kapasitet i avfallshåndteringssystemet for avfall etter en hendelse. Statens strålevern har imidlertid utarbeidet Miljøsektorens planverk for operativ beredskap ved akutt

radioaktiv forurensning. Planverket beskriver hvilke vurderinger som bør gjøres for å sikre en forsvarlig avfallshåndtering etter en atomhendelse.

6. Avfallshåndtering

De tilgjengelige løsningene for endelig anbringelse av radioaktivt avfall i Norge er deponering i egnet deponi og forbrenning av radioaktive stoffer i forbrenningsanlegg. En annen mulig permanent løsning for radioaktive masser kan være masseutskiftning. Dette forutsetter imidlertid at de radioaktive massene benyttes til å dekke et eksisterende behov for masser, og således utgjør en ressurs fremfor å måtte håndteres som avfall.

Valg i forbindelse med håndtering og endelig anbringelse av radioaktivt avfall styres av egenskapene til den enkelte avfallstypen. Eksempelvis er bruken av forbrenningsanlegg kun egnet for enkelte avfallsfraksjoner. Det finnes også avfallsfraksjoner med kortlivede radionuklider, som med fordel kan stå til lagring for henfall fremfor å forbrennes eller deponeres. Videre har de forskjellige avfallstypene ulikt behov for skjerming og isolering fra omgivelsene, både på kort og lang sikt. Det stilles derfor forskjellige krav til blant annet mellomlagring og deponering for ulike avfallstyper.

Per i dag finnes følgende forbrenningsanlegg og deponier for endelig anbringelse av radioaktivt avfall i Norge:

- **Senja avfall IKS:** Forbrenningsanlegg med tillatelse til å forbrenne enkelte lavradioaktive avfallsfraksjoner.
- **KLDRA-Himdalen:** Nær-overflatedeponi for lav- og mellomaktivt avfall med kunstig fremstilte radioaktive stoffer.
- **Wergeland-Halsvik:** Nær-overflatedeponi med tillatelse til å ta imot avfall fra petroleumsindustrien. Deponiet vil også kunne ta imot annet avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer, forutsatt at Miljødirektoratet gir tillatelse til det.
- **NOAH Langøya:** Overflatedeponi med tillatelse til å ta imot avfall fra petroleumsvirksomhet og landbasert industri, samt potensielt syredannende bergarter og gruveavfall.
- **Borge avfallsdeponi:** Overflatedeponi for potensielt syredannende bergarter.
- **Heggvin Alun AS:** Overflatedeponi for potensielt syredannende bergarter og gruveavfall. Planlagt oppstart for mottak av masser i 2017. Forutsetter tillatelse fra Fylkesmannen i Hedmark.

Norge har så langt ikke tatt noen beslutning når det gjelder valg av endelig løsning for brukt reaktorbrensel og langlivet radioaktivt avfall som ikke kan deponere i KLDRA-Himdalen. Per i dag må derfor alt dette avfallet oppbevares i mellomagre.

6.1 Deponi for farlig avfall

Farlig avfall vil i noen tilfeller også være klassifisert som radioaktivt avfall. Så å si alt det avfallet som er deklartert som både radioaktivt og farlig avfall kommer fra petroleumsindustrien. Det er enkelte andre eksempler, som for eksempel organisk løsemiddel med tritium og kvikksølvholdig avfall med radioaktivt kvikksølv. Det er derfor behov for avfallsmottak og deponier som kan ta imot denne typen avfall som oppfyller kravene til håndtering av begge kategorier av avfall. Miljødirektoratet og Statens strålevern regulerer forskjellige egenskaper ved det samme avfallet med forurensningsregelverket.

Miljødirektoratet har på oppdrag fra Klima- og miljødepartementet utredet mulige lokaliteter for et nytt deponi for farlig avfall. Strålevernet har i tillegg til å hatt møte med Miljødirektoratet i forbindelse med utredningen, sendt kommentarer til utredning til Klima- og miljødepartementet.

6.1.1 Deponi for farlig avfall bør ha tillatelse til å ta imot radioaktivt avfall

Man må se håndteringen av avfall i Norge i et helhetsperspektiv og finne gode løsninger for avfallet som dekker alle avfallets egenskaper, være seg egenskaper som farlig avfall eller radioaktivt avfall. I og med at en del av det farlige avfallet også er klassifisert som radioaktivt avfall, og forurensningsregelverket har lagt opp til at deler av dette kan sendes til avfallsmottak eller deponi for farlig avfall uten ytterligere tillatelse mener Statens strålevern at det er naturlig at også at mottak av radioaktivt avfall blir vurdert når man utreder et nytt deponi for farlig avfall i Norge. Statens strålevern mener det er viktig at et deponi for farlig avfall også har tillatelse til å ta imot radioaktivt avfall.

6.1.2 Avfallsmottak og deponi for farlig avfall kan også ta imot radioaktivt avfall med lavt innhold av radioaktive stoffer

Avfallsforskriften (§16-5) sier at den som håndterer radioaktivt avfall skal ha tillatelse fra Statens strålevern. Regelverket åpner samtidig for at radioaktivt avfall, som både er klassifisert som radioaktivt og farlig avfall og samtidig er under grenseverdiene i forskrift om radioaktiv forurensning og avfall vedlegg I b (deponeringspliktig), kan håndteres av mottaker med tillatelse for farlig avfall uten egen tillatelse fra Strålevernet. Virksomheten må likevel følge generelle krav til håndtering av radioaktivt avfall og strålevern.

Det er viktig å ikke gjøre noen innskrenkninger av det som regelverket legger til rette for og ikke utelukke muligheter for mottak av radioaktivt avfall. Deponier for farlig avfall kan ta imot radioaktivt og de bør derfor planlegge utformingen av deponiet fra prosjektering slik at det er tilpasset håndtering av radioaktivt avfall.

Ved eventuelle utslipp av radioaktive stoffer eller fare for utslipp av radioaktive stoffer, kreves det tillatelse fra Strålevernet. En slik tillatelse vil da også regulere deponeringen av avfallet selv om det er under grenseverdiene.

Der hvor det foreligger en tillatelse til håndtering av radioaktive stoffer fra Statens strålevern vil denne tillatelsen gi vilkår for å sikre forsvarlig håndtering av radioaktivt avfall, krav knyttet til avslutning av deponiet og etterbruk. For radioaktivt avfall som kan sendes til håndtering hos mottaker med kun tillatelse for håndtering av farlig avfall anses den tillatelsen

i tillegg til generelle krav i regelverket som tilstrekkelig for å sikre en forsvarlig håndtering av det radioaktive avfallet. Erfaring viser at tiltak for å håndtere farlig avfall forsvarlig i stor grad sammenfaller med tiltakene for å håndtere radioaktivt avfall med lavt innhold av radioaktive stoffer forsvarlig.

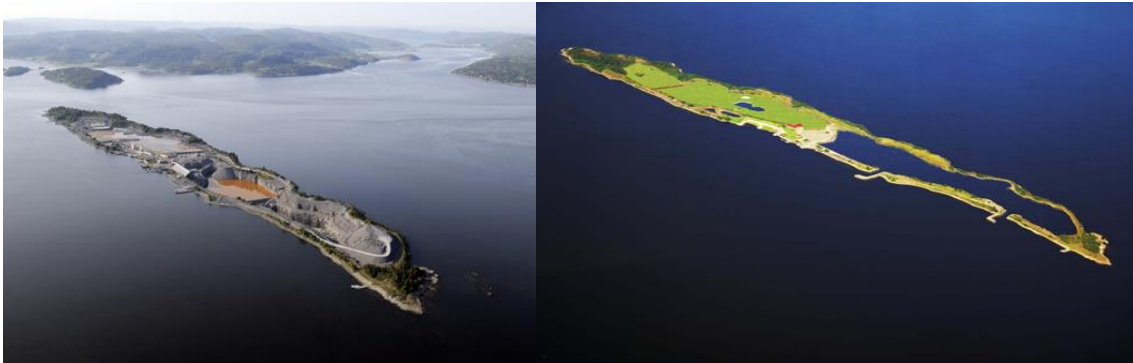
6.1.3 Typer avfall som kan være både farlig avfall og radioaktivt avfall, og annet avfall som det kan være hensiktsmessig å deponere i et deponi for farlig avfall

Det er forskjellige typer avfall som kan være klassifisert som både radioaktivt avfall og farlig avfall, og det kan ha forskjellige opprinnelser. Avfallet som både er klassifisert som farlig avfall og radioaktivt avfall vil ofte være avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer og oppstå i blant annet prosessindustri, petroleumsindustri, gruvedrift. Grunnet det pågående kartleggingsprogrammet over NORM-industrier vil vi forvente en økning i mengder avfall som vil bli regulert som radioaktivt avfall framover. Statens strålevern anbefaler at et nasjonalt deponi for farlig avfall også bør tilrettelegges for mottak slikt avfall.

Det oppstår også noen andre typer avfall med NORM enn fra de mer konvensjonelle opprinnelsene. Vi må ta høyde for at det kan komme mindre mengder med radioaktivt avfall med NORM hvor det har skjedd en oppkonsentrering som vi ikke har forutsett. Eksempelvis kan dette være vannfiltre, plater fra veituneller, isolasjonsmateriale som defineres som radioaktivt avfall, eller spon fra wolframsveisestaver. Statens strålevern gjør oppmerksom på at det er behov for at et deponi for farlig avfall kan ta imot slike fraksjoner.

6.2 Overflatedeponi

Overflatedeponi er deponi som enten blir plassert på bakken eller delvis nedsenket i terrenget. Det finnes en rekke tidligere dagbrudd som er benyttet til overflatedeponi. Et eksempel på dette er NOAHs deponi på Langøya. Slike deponier skal ha barrierer mellom avfallet og ytre miljø, samt en tett overdekke når deponiet avsluttes. Figur 9 viser NOAHs deponi på Langøya i dag, samt hvordan Langøya etter planen skal se ut etter at deponiet er avsluttet.



Figur 9: Venstre: Flyfoto av NOAHs overflatedeponi på Langøya utenfor Holmestrand. Høyre: Illustrasjon som viser hvordan deponiområdet på Langøya etter planen skal se ut når deponiet er avsluttet. Foto og illustrasjon hentet fra NOAHs hjemmesider.

I Norge har vi 3 overflatedeponier med tillatelse til å ta imot radioaktivt avfall, NOAH Langøya deponi for farlig avfall og avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer, Borge deponi for alunskifer og Heggvin Alun AS deponi for alunskifer og gruveavfall. Deponiene har tillatelse til å ta imot potensielt syredannende bergarter som alunskifer, radioaktivt gruveavfall og avfall fra petroleumsindustrien. Heggvin Alun kan imidlertid ikke ta imot masser før det også foreligger en tillatelse fra Fylkesmannen. Fylkesmannen er i ferd med å behandle en søknad fra Heggvin Alun. Foto av Borge deponi er vist i figur 10.



Figur 10: Foto fra Borge avfallsdeponi for potensielt syredannende bergarter, som ligger i Fredrikstad kommune. Foto: Statens strålevern.

For å redusere risiko for nåværende eller fremtidige mennesker og miljø, må det være begrensninger i aktivitetsnivå og/eller halveringstid for avfall som kan plasseres i overflatedeponi, spesielt siden avfallet deponeres nærmere ytre miljø og mennesker enn for eksempel i nær-overflatedeponi eller i dyp-geologisk deponi.

Overflatedeponi er en utbredt deponitype som benyttes mye internasjonalt. I Norge er det etablert nær-overflatedeponier for enkelte avfallstyper som ofte deponeres i overflatedeponi internasjonalt, siden vi både har tilgang på egnede områder for nær-overflatedeponier og ønsker å sikre en svært god avfallshåndtering av det radioaktive avfallet. Selv om avfallskategorier internasjonalt kan ansees som egnet til å deponeres i overflatedeponi, må man vurdere hver enkelt avfallsfraksjon og hvert enkelt deponi. Det er viktig å gjøre en helhetsvurdering av hvilke avfallsfraksjoner som finnes og tilgjengelige metoder for avfallshåndtering, for å sikre et mest mulig helhetlig og robust system for håndtering av radioaktivt avfall

6.2.1 Type avfall overflatedeponi passer for

Radioaktivt avfall som har svært lavt innhold av radioaktivitet er egnet for deponering i overflatedeponi. Det er viktig at avfallet har lavt innhold av nuklider med lang halveringstid. IAEA fremhever at det er mulig å samdeponere farlig avfall og radioaktivt avfall i overflatedeponier. Eksempler på avfallstyper er beskrevet nærmere under.

Naturlig forekommende radioaktive stoffer

Overflatedeponi kan være en relevant deponiløsning for en rekke typer avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer, selv om dette avfallet inneholder nuklider med lang halveringstid.

Potensielt syredannende bergarter som alunskifer

Den største fraksjonen av radioaktivt avfall gitt i mengde er potensielt syredannende bergarter som alunskifer. Denne typen avfall blir i dag deponert i overflatedeponi. Det er mange utfordringer knyttet til alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter, som er beskrevet i kapittel 5.7.

Gruveavfall

Gruveavfall vil i mange tilfeller være egnet for å deponeres i overflatedeponi. Gruvedrift danner ofte store mengder avfall, men med relativt lave nivåer av radioaktive stoffer. Det er per dags dato ikke kjent at det oppstår radioaktivt avfall fra aktiv gruvedrift. Flere overflatedeponier har tillatelse til å ta imot radioaktivt avfall fra gruvedrift. Det opprettes ofte egne avfallsløsninger i tilknytning til gruvedriften, man kan derfor også forvente lokale deponiløsninger for eventuelt radioaktivt gruveavfall

Avfall fra petroleumsindustrien

Radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien med relativt lavt innhold av radioaktive stoffer vil være egnet for å deponeres i overflatedeponi.

Annet avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer

Det er behov for avfallsløsninger både for radioaktivt avfall fra prosessindustri (se kapittel 5.6 om avfall fra prosessindustri for nærmere informasjon) og enkeltkategorier av avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer som ikke dannes jevnlig, som for eksempel plater fra veitunneler med radioaktivt belegg, sandfiltre og katoder.

Kunstig fremstilte radioaktive stoffer

Per dags dato har ikke noe overflatedeponi tillatelse til å ta imot kunstig fremstilte radioaktive stoffer. Overflatedeponi kan også være hensiktsmessig for deponering av kortlivede radioaktive stoffer, også slike som er kunstig fremstilt, men det må vurderes i sammenheng med andre tilgjengelige avfallshåndteringsløsninger for avfallet i Norge.

Internasjonalt er det en målsetning om å ha institusjonell kontroll med deponier i 300 år. Deponier kan konstrueres for å holde 300 år uten at det oppstår erosjonsskader som medfører risiko for spredning av innholdet og det samme kan tenkes å gjelde for membraner. I løpet av denne tidsperioden vil aktiviteten til radioaktive stoffer med halveringstid på 30 år bli redusert til under 1 % av den opprinnelige deponerte aktivitetmengden.

Overflatedeponi kan derfor være aktuelle også for menneskeskapte radionuklider slik som cesium-137 (Cs-137). Utfordringen med Cs-137 er at det er et beta, gamma-emitterende radioaktivt stoff, hvor strålingen kan trenge gjennom tykke materialer. Man må derfor tilpasse barrierene mot ytre miljø og begrense aktivitetkonsentrasjonen i avfallet. Det er også en rekke andre menneskeskapte radioaktive stoffer som, etter internasjonal praksis, kan deponeres i overflatedeponi. Eksempler på slikt avfall er lett kontaminerte rester fra dekommisjonering av nukleære installasjoner slik som infrastruktur rundt forskningsreaktorene eller avfall fra dekommisjonering av aktiverte produkter fra fremtidig protonterapi, gitt at aktivitetkonsentrasjonen er lav nok til dette er en forsvarlig løsning.

Samtidig er det ikke ønskelig å bruke deponiplass på avfall som vil henfalle til ikke-radioaktivt avfall i løpet av få år. Slikt avfall kan med fordel mellomlagres til det ikke lengre er radioaktivt avfall, forutsatt at lagringen er forsvarlig.

6.2.2 Kapasitetsbehov fram til 2035 for overflatedeponi

Alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter

Kapasitetsbehov med hensyn på alunskifer er dekket i kapittel 4.7 om alunskifer. Per dags dato er det to deponier som kan ta imot alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter: NOAH Langøya og Borge pukkverk deponi. I tillegg har Statens strålevern nylig gitt tillatelse til deponering av potensielt syredannende bergarter ved deponiet Heggvin Alun. Grunnet krav om en minimum overdekking av alunskifer, antas det på nåværende tidspunkt at NOAH Langøya ikke vil ha kapasitet til å ta imot fremtidige masser med potensielt syredannende bergarter.

Borge deponi åpnet for mottak av alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter sommeren 2015. Kapasiteten er underutnyttet. Det anslås at deponiet kan motta i underkant av 800 000 tonn alunskifer i løpet av deponiets levetid. Videre omfatter tillatelsen fra Statens

strålevern til Heggvin Alun mottak av 850 000 tonn potensielt syredannende bergarter, forutsatt Fylkesmannen også gir tillatelse til dette.

Dersom utviklingen i mengdene potensielt syredannende bergarter frem mot 2035 følger laveste estimat på 1 000 000 tonn vil denne deponikapasiteten være tilstrekkelig. Det er imidlertid sannsynlig at det vil være en høyere tilvekst av potensielt syredannende bergarter i perioden, slik at det blir behov for ytterligere deponi som kan ta imot alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter i perioden.

Avfall fra petroleumsindustrien

Kapasitetsbehov for avfall fra petroleumsindustrien er relativt lavt, siden Wergeland-Halsviks deponi har god kapasitet for avfall fra petroleumsindustrien. Det kan likevel fremheves at overflatedeponi kan være godt egnet for avfall fra petroleumsindustrien med relativt lavt innhold av radioaktive stoffer. NOAHs deponi på Langøya har tillatelse til å ta imot dette avfallet, men har ikke ønsket å ta imot slikt avfall de senere år. Strålevernet vurderer at det er sårbart med få avfallsløsninger for avfall fra petroleumsindustrien, som er en av de viktigste avfallskategoriene med naturlig forekommende radioaktive stoffer.

Gruveavfall

Det er begrenset mengde gruvedrift i Norge i dag. Strålevernet har ikke avdekket, og det er heller ikke rapportert om, radioaktivt avfall fra gruver som er i drift per dags dato i Norge. Gruveavfall og avganger håndteres ofte i deponier i tilknytning til gruvevirksomheten. Dersom det i fremtiden åpnes gruver som medfører dannelse av radioaktivt avfall i avleiringer eller avgang, må løsninger hvor avfallet deponeres i deponier tilknyttet virksomheten vurderes. Inkludert Heggvin Alun er det nå 3 overflatedeponier som har tillatelse til å ta imot radioaktivt gruveavfall, hvilket både dekker avfall fra eksisterende og historisk gruvevirksomhet. Det er viktig at avfallsløsninger foreligger før oppstart av ny gruvedrift, og håndteringen av det radioaktive avfallet må planlegges før oppstart for å sikre forsvarlig håndtering. Vi ser et mulig behov for å endre regelverket for å få håndteringen av radioaktivt avfall inn i planleggingsfasen.

Annet avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer

Radioaktivt avfall fra prosessindustri kan også i mange tilfeller deponeres i overflatedeponier. Statens strålevern er i ferd med å kartlegge industrier og virksomheter hvor det dannes radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer, siden vi forventer at det fortsatt er virksomheter som enda ikke er regulert. Man finner ofte generelt liten kunnskap om radioaktive stoffer i mange slike industrier. Vi har vært i kontakt med bransjeorganisasjoner og Miljødirektoratet for å kartlegge industrier og virksomheter hvor det dannes radioaktivt avfall med naturlig forekommende radionuklider, men hver enkelt virksomhet må kartlegge sine råvarer og prosesser for å finne ut av om de har radioaktivt avfall eller forurensning. Det er viktig å være forberedt på at det vil kartlegges nye kategorier avfall med naturlig forekommende radionuklider, som også vil trenge avfallsløsninger med tillatelse til å håndtere radioaktivt avfall.

Avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer som ikke er dekket over og som kan være egnet for deponering i overflatedeponi er sporadiske og av varierende størrelse. Deklarert avfall av typen slagg, støv, flyveaske, katalysatorer, blåsesand mm. mellom 2011-2015 viser at det i perioden har vært levert 1 deklarasjon i 2011, 8 i 2014 og 1 i 2015. Avfallsvekten varierer mellom 2 kg i 2015 og 62,8 tonn i 2014. Det er ikke kjent at disse avfallsmengdene vil endre seg i særlig grad i tidene fremover. Videre er det viktig at det finnes egnede deponiløsninger for denne typen avfall. Avfallet kan for eksempel deponeres i deponi for uorganisk farlig avfall eller det bør finnes egnede deponi for denne typen avfall.

6.3 Nær-overflatedeponi

Nær-overflatedeponi er deponier som er konstruert med overdekking fra noen titalls meter til flere hundre meter, med flere konstruerte barrierer mellom avfallet og det ytre miljø, for eksempel i fjelltunneler. Nær-overflatedeponi er et sikrere alternativ enn overflatedeponi, siden overdekkingen er mye tykkere i nær-overflatedeponi enn overflatedeponi. Det er også ofte flere konstruerte barrierer i nær-overflatedeponi enn overflatedeponi.

I Norge finnes det to nær-overflatedeponier, KLDRA-Himdalen som er drevet av IFE og som tar imot kunstig fremstilte radioaktive stoffer og Wergeland-Halsviks deponi som tar imot avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer fra petroleumsindustrien.

6.3.1 Type avfall nær-overflatedeponi passer for

Lav- og mellomaktivt radioaktivt avfall med lavt innhold av langlivede radionuklider, både kunstig fremstilte og naturlig forekommende, er egnet for deponering i nær-overflatedeponier. Nær-overflatedeponi er dermed et godt alternativ for store deler det radioaktive avfallet i Norge.

Avfallens andre egenskaper må også være egnet for deponering, for å oppfylle kravene i kapittel 9. i forskrift om gjenvinning og behandling av avfall. Høyaktivt avfall kan som en hovedregel ikke deponeres i nær-overflatedeponi. Videre bør nuklider med svært kort halveringstid ikke deponeres i nær-overflatedeponi, da dette avfallet er bedre egnet for å stå til henfall slik at det etter relativt kort tid kan avhendes som ikke-radioaktivt.

Nær-overflatedeponi er også svært utbredt internasjonalt og det finnes en rekke utforminger av deponitypen, tilpasset forskjellige typer radioaktivt avfall. Som beskrevet i kapittel 6.2 er det i Norge etablert nær-overflatedeponier for enkelte avfallstyper som internasjonalt deponeres i overflatedeponi, siden vi både har tilgang på egnede områder for nær-overflatedeponi og ønsker å sikre en svært god avfallshåndtering av det radioaktive avfallet. Dette gjelder for eksempel avfall fra petroleumsindustrien som i Norge deponeres i nær-overflatedeponi, mens det i blant annet Storbritannia deponeres i overflatedeponi eller såkalte *landfills*.

6.3.2 Kapasitetsbehov fram til 2035 for nær-overflatedeponi

Wergeland-Halsvik

Wergeland-Halsviks deponi ble i utgangspunktet etablert for avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer fra petroleumsindustrien, og har tillatelse fra både Strålevernet og Miljødirektoratet for dette avfallet. Deponiet har siden også fått tillatelse fra Statens strålevern til å ta imot annet avfall med naturlig forekommende radionuklider. Deponiet har ennå ikke fått tillatelse til å ta imot slikt avfall fra Miljødirektoratet, og kan derfor ikke ta imot annet avfall enn fra petroleumsindustrien. Statens strålevern har imidlertid fått opplyst at Wergeland-Halsvik er i ferd med å søke Miljødirektoratet om en slik utvidelse av tillatelsen.

Deponiet har god kapasitet og mulighet for videre utvidelser. Utviklingen av avfallsmengdene er svært usikre, og mengdene har variert siden deponiet åpnet i 2008. Dersom man både antar mottak av flere avfallstyper med naturlig forekommende radionuklider, samt en økning i

mengdene avfall fra petroleumsindustrien vil deponiet i 2035 ha mottatt ca. 9000 tonn avfall. Dagens kapasitet er på 7000 tonn avfall, men deponiet er designet for flere utvidelser. Figur 11 viser lagringstunnel og område for deponering ved Wergeland-Halsviks deponi.



Figur 11: Øverst: Lagringstunnel ved Wergeland-Halsviks deponi i Gulen kommune. Nederst: Deponiområde for disponering av radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer fra petroleumsindustrien ved Wergeland-Halsvik. Foto: Statens strålevern.

Behov for ytterligere løsninger for avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer

Det er viktig at det finnes deponier som kan ta imot stabilt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer i Norge. Nær-overflatedeponier vil være en god løsning for mye av dette avfallet. Wergeland-Halsviks deponi er egnet for generelt å ta imot stabilt radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer, i tillegg til radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien. De har god kapasitet til også å ta imot avfall fra andre kilder enn petroleumsindustrien. Selv om Wergeland-Halsviks deponi er godt egnet for å kunne ta imot annet radioaktivt avfall med naturlig forekommende radionuklider, bør det være flere deponier som kan ta imot dette avfallet.

Statens strålevern er i ferd med å kartlegge industrier og virksomheter der det oppstår avfall med naturlige radionuklider, siden vi forventer at det fortsatt er virksomheter som ennå ikke er regulert. Det er ofte generelt mangelfull kjennskap til innhold av radioaktive stoffer i

mange slike industrier. Statens strålevern har vært i kontakt med bransjeorganisasjoner og Miljødirektoratet for å kartlegge industrier og virksomheter, men hver enkelt virksomhet må kartlegge sine råvarer og prosesser for å finne ut av om de har radioaktivt avfall eller forurensning. Man må være forberedt på at det vil avdekkes nye kategorier avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer, som også vil trenge avfallsløsninger med tillatelse til å håndtere radioaktivt avfall. For å sikre at radioaktivt avfall reguleres og håndteres forsvarlig er det viktig at kartleggingen av industrier og virksomheter gjennomføres hvor det oppstår avfall med naturlige radionuklider, samt at det vurderes hvordan vi kan sikre at de kategoriene av radioaktivt avfall som avdekkes har forsvarlige og regulerte avfallshåndteringsløsninger.

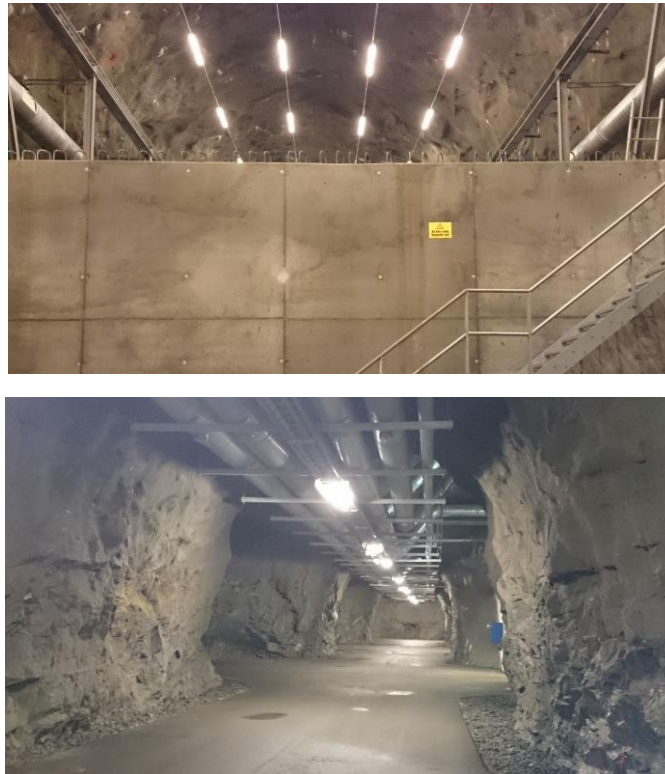
En annen utfordring med denne typen avfall er at de eksisterende avfallsstrømmene kan bli brutt når det blir kjent at avfallet klassifiseres som radioaktivt avfall. Det er eksempler på at virksomheter som tidligere har tatt imot avfallet, ikke ønsker å søke om tillatelse til å ta imot avfallet som radioaktivt avfall siden de frykter for ansattes helse eller negativt omdømme. Dette kan føre til økt behov for ytterligere avfallsløsninger for avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer.

Det er også viktig å få flere deponier som kan ta imot avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer. Per dags dato er det kun Wergeland-Halsvik som har tillatelse til å ta imot radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien med aktivitet over deponeringsplikt, og har en generell tillatelse fra Strålevernet til å ta imot stabilt avfall med naturlige radionuklider. Det er uheldig at det kun er en virksomhet som kan ta imot en type radioaktivt avfall slik at det oppstår en monopolsituasjon.

KLDRA-Himdalen

KLDRA-Himdalen drives av IFE og mottar radioaktivt avfall fra nukleær industri, sykehus, forskning og industri. Årlig deponeres det rundt 170-180 tønner med innstøpt radioaktivt avfall i deponiet. Av dette er 80-90 tønner fra IFEs egen virksomhet, mens resten er fra eksterne kunder.

KLDRA-Himdalen består av fire identiske fjellhaller, hvor hver fjellhall inneholder fire båser. Tre av fjellhallene utgjør deponi, mens den siste fjellhallen fungerer som et mellomlager for 166 avfallstønner hvor beslutning om videre disponering ikke er tatt. De fire fjellhallene utgjør, dersom det besluttes å omgjøre lagerhallen til deponi, et deponivolum på 10 000 tønneekvivalenter. Per 31. desember 2015 er det 5906 tønneekvivalenter i KLDRA-Himdalen, inklusive de 166 lagrede tønnene. Forutsatt at ikke IFEs nukleære anlegg besluttes å nedlegges, og med en årlig tilvekst på 180 tønneekvivalenter, og at lagerhallen omgjøres til deponi, vil det være deponikapasitet i KLDRA-Himdalen til ca. 2038. Figur 12 viser en av fjellhallene og adkomsttunnel ved KLDRA-Himdalen, mens figur 13 viser deponert radioaktivt avfall i KLDRA-Himdalen.



Figur 12: Øverst: En av fjellhallene for deponering av radioaktivt avfall ved KLDRA-Himdalen. Nederst: Tunnel som leder til fjellhallene ved KLDRA-Himdalen. Foto: Statens strålevern.

Det vil etter lukking av KLDRA-Himdalen fortsatt være behov for et deponi for avfall fra nukleær industri, sykehus, forskning og annen industri, samt mye av avfallet fra dekommisjoneringen av forskningsreaktorene. Det er da behov for enten et nytt nasjonalt deponi eller en utvidelse av KLDRA-Himdalen. Nær-overflatedeponi vil være et naturlig valg for avfallsløsning for dette avfallet også etter at KLDRA-Himdalen stenger. Noe av avfallet fra medisinsk og forskningsmessig bruk kan eventuelt også forbrennes for å redusere volum av avfallet, og redusere mengden avfall som må deponeres.

Disponeringsløsninger etter lukking av KLDRA-Himdalen må planlegges og forberedes. Som en del av planleggingen bør det gjøres en vurdering av om hvorvidt det er mest hensiktsmessig med en utvidelse av eksisterende deponi eller å etablere et nytt deponi.



Figur 13: Deponert radioaktivt avfall i KLDRA-Himdalen. Foto: Statens strålevern.

6.3.3 Annen viktig informasjon om nær-overflatedeponi og forvaltningen

Det kan være krevende å finne egnede deponier for radioaktivt avfall, både det å finne egnede områder og virksomheter som ønsker å drive et deponi for radioaktivt avfall, men også prosessen med å behandle søknad om drift av et slikt deponi. Statens strålevern står overfor flere utfordringer knyttet til behovet for nye nær-overflatedeponier. Det er behov for minst ett nytt deponi for avfall med kunstig fremstilte radioaktive stoffer og det er behov for å sikre avfallsløsninger for flere avfallskategorier med naturlig forekommende radioaktive stoffer, som sannsynligvis vil innebære flere nye deponier.

Organisering

For å drive det videre arbeidet med håndtering av avfall med menneskeskapt radioaktive stoffer fremover, ville det vært en fordel om det opprettes et eget avfallsselskap med ansvar for håndtering av avfallet uavhengig av IFE. Et slikt avfallsselskap kan bl.a. sørge for videre utredninger av ulike alternativer og søke om nødvendige tillatelser osv. slik at vedtak blir fattet. Avfallsselskapet bør også stå for driften av KLDRA-Himdalen og et eventuelt nytt deponi for lav- og middelsaktivt radioaktivt avfall.

Med dagens organisering hvor IFE driver Radavfallsanlegget og er operatør for KLDRA-Himdalen, vil IFEs kostnader til deponering av avfall være dekket av Staten. Det er ikke i tråd med prinsippet om at forurenser skal betale, og det gir i liten grad insitamenter til å redusere avfallsmengder som deponeres i KLDRA-Himdalen. Organiseringen gir heller ikke tilstrekkelig ekstern kontroll på avfall som leveres fra IFE til deponiet. Normalt vil det være en betydelig ekstern mottakskontroll for å forsikre seg om avfallets innhold før det deponeres. Etablering av et avfallsselskap uavhengig av IFE vil løse dette.

6.4 Håndtering av brukt brensel og langlivet avfall

Norge har ingen endelig disponeringsløsning for brukt brensel og langlivet radioaktivt avfall som ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen. Dette avfallet lagres i dag på IFEs anlegg på Kjeller og i Halden. Størstedelen av avfallet har opprinnelse fra IFEs nukleære virksomhet, men det er også en mindre mengde med opprinnelse fra sykehusdrift og bruk av sterke kapslede kilder.

6.4.1 Kapasitetsbehov for håndtering av brukt brensel og langlivet avfall fram til 2035

Brukt brensel

I kapittel 4.1.1 er avfallsmengden fra lagret brukt brensel og årlig tilvekst beskrevet. Summen av lagret brukt brensel, årlig tilvekst og det som utgjør reaktorkjernene ved en beslutning om stenging av reaktorene, vil være forventet mengde brukt brensel i 2035. Det er ventet at dette utgjør 9,8 tonn metallisk uranbrensel, 2,1 tonn urandioksidbrensel med aluminiumkapsling og 6,2 tonn urandioksid med zircaloykapsling.

Langlivet avfall som ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen

Det vil være ca. 2-3 tonn ubestrålt materiale og ca. 40-60 tønner med radioaktivt avfall i 2035 som ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen, og som det må finnes en disponeringsløsning for. I tillegg må det fattes en beslutning om disponering av 166 tønner fra tidligere overflatedeponi på Kjeller som i dag lagres i KLDRA-Himdalen. Det må vurderes om tønnene skal deponeres i KLDRA-Himdalen eller om de skal tas ut og lagres/deponeres sammen med brukt brensel og annet langlivet avfall. Det vil ikke være noen tilvekst til denne fraksjonen.

I forbindelse med dekommisjonering av de nukleære anleggene vil sannsynligvis være avfall som på grunn av høy aktivitet eller innhold av langlivede radionuklider ikke kan deponeres direkte i et deponi for lav- og middelsaktivt radioaktivt avfall, bl.a. for reaktortankene og enkelte komponenter nær reaktorene. Vurderingene av dette må bygge på en grundig karakterisering, som på nåværende tidspunkt ikke foreligger. Det kan være aktuelt med en mellomlagring for radioaktivt henfall før deponering i et deponi for lav- og middelsaktivt radioaktivt avfall, alternativt må avfallet håndteres sammen med langlivet avfall.

Løsning for midlertidig lagring av brukt brensel og langlivet avfall bør dimensjoneres slik at det har tilstrekkelig kapasitet og fleksibilitet til å motta avfall vi i dag ikke kjenner til, og til å kunne oppgraderes til å etterleve eventuelle fremtidige krav til bland annet HMS og fysisk sikring.

6.4.2 utfordringer med avfallsløsninger for brukt brensel og langlivet avfall

Tilstanden til det brukte brenselet

Metallisk brensel er ustabil fordi det kan reagere med vann og bli selvantennelig. Brensel med aluminiumkapsling kan også reagere med vann og korrodere kapslingen. Disse brenselstypen egner seg derfor ikke for langtidslagring eller deponering uten noen form for

behandling. IFE gjennomførte i 2011 og 2012 undersøkelser av én brenselstav fra JEEP I første kjerneladning og fem brenselstaver fra HBWRs første kjerneladning, begge brenselstyper er metallisk uran. Det ble funnet lokal korrosjon på elementet fra JEEP I, men ikke på elementene fra HWBR. På bakgrunn av disse innledende undersøkelsene er IFE pålagt av Statens strålevern å utrede tilstanden til det metalliske brenselet og å vurdere lagringsforholdene. Disse utredningene og vurderingene er ventet å være ferdig i løpet av 2017, og vil danne basis for vurderingene av eventuelle tiltak som må igangsettes for å sikre forsvarlig mellomlagring og transport. Det må vurderes om det er behov for å iverksette korrigerende tiltak for å stoppe en eventuell degradering av brenselet og å etablere et inspeksjons- og overvåkingsprogram. Videre er det behov for å vurdere hvilke konsekvenser resultatene fra undersøkelsene vil ha for føringer for valg av endelig disponeringsløsning.

Tilstanden til lagrene for brukt brensel

Om tilstanden til lagrene for brukt brensel er tilfredsstillende er aktualisert med funn av fukt i JEEP I Stavbrønn og i Brønnetuset (Met Lab II). IFE gjennomfører nå undersøkelser av lagrene på bakgrunn av disse funnene, og det må avgjøres om tilstanden til lagrene vil være akseptabel i de årene det vil ta før en eventuell transport til repressering kan gjennomføres, eller om de må erstattes eller oppgraderes.

Behov for midlertidig lagring (mellomlager)

Uavhengig av konklusjonene fra undersøkelsene av tilstanden til det metalliske uranbrenselet og lagrene for brukt brensel, er det i perioden frem til 2035 behov for å utvide lagringskapasiteten. Ved fortsatt reaktordrift har IFE estimerer at lagringskapasiteten vil være nådd i 2025 i Halden og i 2032 på Kjeller.

KVU/KS1 oppbevaring av norsk radioaktivt avfall peker på særlig tre alternativer for midlertidig lagring – etablering av et nytt samlokalisert mellomlager, undersøke muligheten for å utvide kapasiteten i KLDRA-Himdalen med mulighet for å lagre brukt brensel og langlivet avfall, eller etablering av et nytt kombinert lager for brukt brensel og langlivet avfall og deponi for lav- og middelsaktivt avfall (ofte omtalt som *KLDRA 2* eller *nytt KLDRA*).

For å lagre og transportere brenselet er det behov for oppbevaringsbeholdere. Slike oppbevaringsbeholdere må lisensieres for bruk i Norge og eventuell transport internasjonalt. Det må undersøkes hvilke beholdere som tilbys og som er egnet for Norges formål.

Stabiliseringsløsning

Omkring $\frac{3}{4}$ av det brukte brenselet som er lagret i dag er ustabil og ikke egnet for deponering. Det er ulike former for behandling som kan stabilisere avfallet slik at deponering kan gjøres mulig. KS1 peker på følgende metoder:

Repressering

Repressering tilbys som en kommersiell tjeneste flere steder i verden, blant annet Frankrike og Russland. Ved PUREX-metoden kuttes brenselselementene i biter og løses opp i salpetersyre, før bestanddelene i brenselet separeres i flere trinn. Uran og plutonium skilles fra avfallsproduktene, slik at det kan gjenbrukes eller returneres til avfallsprodusenten. Avfallet

som returneres etter represseringen er av innglasset (vitrifisert), og kan være i form av høyaktivt avfall eller et større volum av mellomaktivt avfall.

Kjemisk kondisjonering

Kjemisk kondisjonering er en form for kjemisk stabilisering, der uran og plutonium ikke skilles fra avfallsproduktet, og betraktes som en delvis repressering. Det er ikke kommersielle aktører som tilbyr en slik tjeneste.

Fysisk kondisjonering

Fysisk kondisjonering kan bestå i å tørke brenselet, kutte avfallet i biter, og støpe avfallet inn i betong eller epoxy. En slik form for stabilisering kan være aktuell for blant annet thoriumbrensel, uranløsning og snittskiver av forskningsbrensel. For det metalliske brenselet er det ikke identifisert noen mulig løsninger for slik stabilisering i dag.

Ompakking

For oksidbrenselet med aluminiumkapsling er det foreslått en løsning hvor brenselet fjernes fra kapslingen, legges over i egnet beholder eller pakkes inn i mer stabilt kapslingsmateriale som muliggjør deponering. Dette er en løsning som ikke tidligere er utprøvd.

Transmutasjon

Transmutasjon kan regnes som en videreutvikling av repressering. Det er en prosess som foregår gjennom bestråling i en atomreaktor, hvor langlivede radionuklider transformeres til radionuklider med kortere halveringstid eller stabile nuklider. Dette er en løsning på forskningsstadiet, og det er lite trolig at prosessen vil være kommersielt tilgjengelig for det norske brenselet innenfor et overskuelig tidsrom.

Repressering er det eneste kommersielt tilgjengelige stabiliseringsalternativet for det ustabile brenselet i Norge. Alternative behandlingsmåter krever betydelig investeringer i infrastruktur, og er av KVU/KS1 oppbevaring av norsk radioaktivt avfall ikke ansett som samfunnsmessig lønnsomt.

Endelig disponeringsløsning

Det finnes per i dag ingen disponeringsløsning for langlivet radioaktivt avfall som ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen og for brukt brensel i Norge. Hvilken stabiliseringsmåte som velges for det ustabile brenselet, kan påvirker hvilke videre disponeringsløsninger som er aktuelle. KS1 anbefaler repressering for alt ustabil brukt brensel og tilgang til dypdeponi. Samtidig peker KS1 på alternative løsninger som vil være like gode eller bedre enn løsningene som er anbefalt, men som ikke er basert på moden teknologi, eller som per i dag av andre grunner ikke er utprøvd. Særlig to muligheter er pekt på som potensielt kostnadsbesparende. Internasjonalt samarbeid om mellomlagring og/eller deponering av atomavfall, særlig internasjonalt samarbeid i form av eksport eller i form av tilgang til utenlandsk deponi vil kunne gi betydelige kostnadsbesparelser. Dersom det skal bygges et deponi for langlivet avfall i Norge, vil det være fordelaktig om det kan gjøres med en mindre kostnadskrevende teknologi enn det som er anvendt for geologisk dypdeponi. Mellomdype geologiske deponi (nær-overflate deponi) eller dype borehull er teknologiske løsninger som er diskutert, men som foreløpig ikke er realisert. Slike løsninger vil potensielt være mer kostnadseffektive å bygge enn geologisk dypdeponi, samtidig vil det kunne være meget kostbart å utvikle teknologien slik at sikkerheten er bevist og metoden kan lisensieres.

Organisering

For å drive det videre arbeidet med håndtering av brukt brensel fremover, bl.a. sørge for videre utredninger av ulike alternativer og søke om nødvendige tillatelser osv. slik at vedtak blir fattet, ville det vært en fordel om det opprettes et eget avfallsselskap med ansvar for håndtering av brukt brensel uavhengig av IFE. Det bør også vurderes om et slikt avfallsselskap bør stå for driften av KLDRA-Himdalen, og eventuelt nytt mellomlager for langlivet avfall og brukt brensel, og nytt deponi for lav- og middelsaktivt radioaktivt avfall.

6.4.3 Annen viktig informasjon

Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) har i etterkant av KVU/KS1 opprettet en arbeidsgruppe for å følge opp anbefalingene fra utredningene. Arbeidsgruppen består av relevante departementer, Statsbygg, IFE og Statens strålevern. Som resultat av dette arbeidet er blant annet IFE bedt om å gjennomføre en tidligfasestudie for repressering med vurderinger av avfallet og transport i samarbeid med AREVA. Dette er nødvendig for å kunne få delta i AREVAs nye represseringslinje for eksperimental brensel. Videre vil det måtte gjennomføres en forprosjektstudie for repressering med endelig utforming av opplegget for behandling, transport og repressering. Dette danner grunnlaget for forhandlinger om bilateral avtale med Frankrike og prisforhandlinger med AREVA. Fremforhandlet pris med AREVA bør avgjøre hvilket avfall som besluttes repressert.

Strålevernet er også kjent med at Statsbygg er gitt i oppdrag av NFD å vurdere aktuelle lokaliseringalternativer for et nytt KLDRA, og at NFD arbeider med å utrede en organisasjon som vil kunne overta ansvaret for lagring og deponering av lav- og mellomaktivt radioaktivt avfall, i tillegg til eventuelle andre oppgaver.

6.5 Forbrenningsanlegg

6.5.1 Type avfall forbrenningsanlegg passer for

Radioaktivt avfall kan i enkelte tilfeller forbrennes, med den fordel av å oppnå reduksjon i volum og vekt. Spesielt egnet radioaktivt avfall kan potensielt være fra medisinsk og forskningsmessig bruk, og som både er radioaktivt og har andre utfordrende egenskaper. Da oppnår man både reduksjon i volum og i total kjemisk toksisitet. Avfall fra sykehus er ofte smittefarlig slik at forbrenning er en gunstig behandlingsmåte.

Forbrenning reduserer ikke radioaktiviteten i avfallet. Nuklidene overføres enten til asken eller fordamper. De kjemiske og fysiske egenskapene ved avfallet og nukliden må vurderes for å kartlegge hvorvidt avfallet er egnet for forbrenning. Radionuklider som er flyktige, altså at de fordamper ved forbrenningstemperaturer, vil mer sannsynlig føre til utslipp av radioaktive stoffer i form av gass til luft. Disse kan feste seg på filter eller flyveaske, eller går direkte til luft med påfølgende mulighet for eksponering av mennesker og miljø. Ikke-flyktige stoffer antas å havne i asken.

Flere faktorer spiller inn når man skal vurdere om det er passende å forbrenne radioaktivt avfall: hvilke mengder, hvilken fysisk-kjemisk tilstandsform stoffet har, hvilke alternative avfallsbehandlingsmetoder finnes, transport til og i miljøet, og hvordan stoffet oppfører seg under forbrenningsprosessen. I de tilfellene hvor radionuklider slippes ut i miljøet, må eventuelle ulemper og skader på ytre miljø vurderes opp mot fordelene ved forbrenning av avfallet. Egnede nuklider bør være kortlivede, lite radiotoksiske, og at de havner i aske eller blir fanget opp av filtersystem. Det bør ikke være fare for oppkonsentrering, slik at eventuelle negative konsekvenser for miljøet minimeres.

Noen nuklider som det kan vurderes å forbrenne er for eksempel karbon (C-14) og tritium (H-3). C-14 har et naturlig høyt nivå i miljøet fra kosmisk stråling, og ved forbrenning innenfor visse begrensninger vil det være lite potensiale for negativ helse- og miljøeffekter. Tritium er, i likhet med C-14, lite radiotoksiske. Flyktige forbindelser med eksempelvis cesium, jod og strontium kan ha lange halveringstider og har potensiale til å akkumulere i miljøet, og vil slikt sett ikke være gode kandidater for forbrenning.

Per i dag er det kun ett forbrenningsanlegg i Norge som har tillatelse til forbrenning av lavradioaktivt avfall, Senja Avfall IKS. De radioaktive stoffene de har tillatelse til å forbrenne er H-3, C-14, svovel-35 (S-35), jod-125 (I-125) og kalsium-45 (Ca-45). I-125 og Ca-45 forventes å bli i asken. I tillatelsen er det fastsatt at maksimalt 0,2 % av totalt avfall som forbrennes kan være radioaktivt, for å sikre at asken ikke blir definert som radioaktivt avfall. For I-125 og Ca-45 medfører det ingen ytterligere begrensninger på mengde som kan forbrennes. For resterende radionuklider omfattet av Senja Avfall IKS sin tillatelse er det satt årlige begrensninger på aktivitetsmengder de har tillatelse til å ta imot, siden disse er forventet å føre til utslipp til luft. Foto av Senja avfall IKS er vist i figur 14.



Figur 14: Til høyre: Utvendig foto av forbrenningsanlegget ved Senja avfall IKS. Venstre: Forbrenningsovn ved Senja avfall IKS. Foto: Statens strålevern.

6.5.2 Kapasitetsbehov for forbrenningsanlegg fram til 2035

Mengder av radioaktivt avfall til forbrenning fra 2011 til 2015 er henholdsvis 383 kg, 402 kg, 552 kg, 2804 kg og 769 kg lavradioaktivt avfall, som i hovedsak har bestått av H-3 og C-14. Senja Avfall IKS rapporterer at de har tatt imot svært lite I-125 og Ca-45, og de vurderer derfor tilgjengelig kapasitet som stor. Sett ut fra hva som har blitt deklartert av I-125 og

Ca-45 de foregående år er det så langt ikke et stort marked for avfallsbehandling av disse to nuklidene. Senja Avfall IKS anser det ikke som sannsynlig at det vil bli utfordringer med for lav kapasitet ved deres anlegg kommende år. For øvrig har de tilgjengelig kapasitet i tillatelsen til øvrige nuklider. Senja ligger imidlertid langt unna flere av de store avfallsprodusentene, og det kan være hensiktsmessig med et forbrenningsanlegg på Østlandet selv om Senja per i dag ikke utnytter sin fulle kapasitet.

IFE har mottatt avfall med H-3 og C-14 fra forskning og helsesektoren (*Tabell 1*). Dette er med unntak av IFEs egen virksomhet, som står for mellom 92 – 96 % av avfallet fra forskningssektoren. Avfallsmengder fra forskningssektoren har i perioden 2011-2015 vært minst 4-5 ganger større enn fra sykehus. Årlig begrensning i Senja Avfall sin tillatelse er 5000 MBq for tritium og 4000 MBq for C-14, og man kan se at Senja Avfall IKS kunne forbrent mesteparten av tritium og karbon fra sektorens avfallsprodusenter mellom 2011-2015 når IFEs avfallsproduksjon ikke inkluderes.

Tabell 4: Aktivitetsmengder av radioaktivt avfall av C-14 og H-3 levert til KLDRA-Himdalen fra forskning og sykehus 2011-2015, med unntak av IFEs egen virksomhet.

År	H-3 (MBq)	C-14 (MBq)
2011	1 925	101
2012	1 042	1 139
2013	1 666	56
2014	17 330	102
2015	554	262

Forbrenning av radioaktivt avfall kan frigjøre deponikapasitet ved andre deponier som for eksempel KLDRA-Himdalen. KLDRA-Himdalen forventes å bli fullt senest i 2038 og det må vurderes hvordan man best kan håndtere det avfallet som til da har vært deponert i KLDRA-Himdalen. Forbrenning av avfall kan frigjøre kapasitet ved deponiene og føre til volumreduksjon, men vil også føre til økt tilførsel av radioaktive stoffer til ytre miljø. Ved valg av avfallshåndteringsmetode må de negative konsekvensene vurderes opp mot fordelene.

Et forbrenningsanlegg på Østlandet kan sørge for at verdifull deponikapasitet ikke blir brukt opp av avfallsfraksjoner som kan forbrennes. Eksempelvis vil Senja Avfall IKS kunne forbrenne nesten all C-14 og H-3 som oppstår i forskning og ved medisinsk bruk. Et forbrenningsanlegg på Østlandet kunne tatt imot i hvert fall deler av de største mengdene C-14 og H-3, som IFE genererer. Deponering av avfall framfor forbrenning minimerer risiko for utilsiktet utslipp, og ved forbrenning vil filter og aske generere behov for deponikapasitet. Mengdene radioaktivt avfall fra medisinsk og forskningsmessig bruk er relativt små, spesielt om man holder avfall fra IFE utenfor. I tillegg har de fleste av nuklidene som benyttes i medisinsk bruk så kort halveringstid at de kan stå til henfall for å kunne disponeres som ikke-radioaktivt avfall.

Basert på de små mengdene avfall i Norge, de korte halveringstidene og utfordringene med utslipp av radioaktive stoffer ved forbrenning anbefaler Strålevernet at deponiet som erstatter KLDRA-Himdalen bør dimensjoneres til å kunne ta imot det radioaktive avfallet som KLDRA-Himdalen tar imot. Generelt oppfordres virksomheter, også forbrenningsanlegg, til å søke om tillatelse til å ta imot radioaktivt avfall, men Strålevernet vil ikke sette i gang arbeid for spesifikt å få etablert forbrenningsanlegg som kan ta imot radioaktivt avfall slik at deler av det radioaktive avfallet sendes til forbrenning i stedet for å deponeres. Vi vil likevel følge utviklingen og vurdere eventuelle behov for anlegg med tillatelse til å forbrenne radioaktivt avfall.

Radioaktivt avfall med høyt organisk innhold kan ikke deponeres i henhold til avfallsforskriftens kapittel 9. Den eneste måten å behandle radioaktivt avfall med høyt organisk innhold i henhold til dagens regelverk er ved forbrenning. Alternative behandlingsmetoder eksisterer per dags dato ikke, men det arbeides med å finne alternative behandlingsmetoder. Det er ikke store mengder av denne typen radioaktivt avfall, som for eksempel kan være forsøksdyr med radioaktive sporstoffer. Det er viktig at det finnes egnede løsninger for dette avfallet, som forbrenningsanlegg.

6.5.3 Utfordringer med forbrenning av radioaktivt avfall

Når det gjelder forbrenning av radioaktive stoffer er det ulike utfordringer knyttet til ulike nuklider ved forbrenning. Faktorer som påvirker oppførselen til radioaktive stoffer under forbrenning, er de fysiske og kjemiske egenskapene til radionukliden, forbrenningstemperatur, partikkelform og størrelse, og hvilke forbindelser som dannes. Hvilke forbindelser som dannes er avhengig av hvilke stoffer radioaktivt avfall forbrennes sammen med. Noen stoffer og forbindelser er flyktige, som betyr at de fordampes ved en viss temperatur og lettere kan forflytte seg. Filter kan fange opp noen av disse, mens andre vil gå gjennom filter og havne i miljøet.

Det er vanskelig å kontrollere utslippene av radioaktive stoffer som fordampes i forbrenningsprosessen. Når disse har fordampet vil de ofte kondensere til ultrasmå partikler (mindre enn 100 nanometer). Moderne forbrenningsovner kan utstyres med effektive filter som vil fange en stor del av radioaktive isotoper og metaller, men de minste partiklene kan være vanskelig å fange selv for avanserte partikkelkontrollsystemer. Små partikler kan lettere blir tatt opp av levende organismer enn større partikler. Det setter høye krav til forbrenningsanleggene.

6.5.4 Annen viktig informasjon om forbrenning av radioaktivt avfall og forvaltningen

Eksisterende avfallsmottak har vist liten interesse for å forbrenne radioaktivt avfall blant annet fordi det oppleves som belastende for omdømmet. Forbrenning av radioaktivt avfall har kunnskapshull som krever omfattende utredninger for å sikre tilstrekkelig beskyttelse av mennesker og miljø.

7. Oppsummering med konklusjoner

I forvaltningen av radioaktivt avfall står myndighetene foran noen viktige avgjørelser som må tas i nær fremtid. Denne utredningen er en kartlegging av typer og mengder radioaktivt avfall sammenstilt med tilgjengelig avfallsbehandlingsløsninger, og vil således kunne danne basis for videre håndtering av radioaktivt avfall i Norge.

7.1 Opprettelse av nasjonalt avfallsselskap

For å drive det videre arbeidet med håndtering av brukt brensel fremover vil det være hensiktsmessig at det opprettes et eget avfallsselskap med ansvar for håndtering av brukt brensel og langlivet avfall.

Under gjennomgang av Norges rapport til *The Joint Convention* i 2015, ble det identifisert utfordringer og forslag til forbedringer til hvordan Norge i dag forvalter radioaktivt avfall. Deriblant ble Norge anbefalt å iverksette etablering av et nasjonalt avfallsselskap så snart som mulig.

Omfanget av hva slags typer eller kategorier av radioaktivt avfall som skal håndteres av et slikt selskap må vurderes i lys av hvilke avfallsløsninger som allerede håndteres av det private markedet i dag. Et hovedpoeng er at det nasjonale avfallsselskapet må være adskilt fra operatør(er) som produserer avfallet, noe som ikke er tilfellet i dag der IFE er avfallsprodusent, -behandler og ansvarlig for driften av deponiet i Himdalen. Avfallsselskap bør også stå for driften av KLDRA-Himdalen og et eventuelt nytt deponi for lav- og middelsaktivt radioaktivt avfall..

Slik det er i dag er IFEs kostnader til deponering av eget avfall i KLDRA-Himdalen dekket av Staten. Det er ikke i tråd med prinsippet om at forurenser skal betale, og gir i liten grad insitamenter til å redusere avfallsmengdene som går inn i KLDRA-Himdalen. Med IFE som driver av KLDRA-Himdalen gir det heller ikke tilstrekkelig ekstern kontroll av IFEs egenproduserte avfallet som leveres til deponiet. Normalt vil en driver av et deponi utføre en betydelig mottakskontroll for å forsikre seg om avfallets innhold før det settes inn i deponiet. Dette vil løses dersom driver er et eget avfallsselskap som er uavhengig av IFE.

Strålevernet er kjent med at NFD arbeider med å utrede en organisasjon som vil kunne overta ansvaret for lagring og deponering av lav- og mellomaktivt radioaktivt avfall, i tillegg til eventuelle andre oppgaver.

7.2 Håndtering av brukt brensel og nukleært avfall som ikke deponeres i KLDRA-Himdalen

Det er flere store utfordringer knyttet til avfallshåndteringen av brukt brensel i Norge. Deler av det brukte brenselet er ikke egnet for langtidslagring eller deponering, og tilstanden til deler av brenselet og lagringsforholdene er under kartlegging.

Norge har ikke en endelig disponeringsløsning for langlivet radioaktivt avfall, inkludert brukt brensel. Det vil ta lang tid å få etablert en slik disponeringsløsning og ulike

disponeringsalternativer er under vurdering. Ved valg av løsning bør det tas hensyn til om reprosessering av brenselet velges, eventuelt om alt det brukte brenselet eller kun det ustabile brenselet reprosesserer, og hvilke løsninger man ser for seg for brukt brensel etter en eventuell reprosessering i relativt nær fremtid. Behovet for en løsning etter det vil avhenge av hvor lenge reaktorene blir drevet. Både en endelig disponeringsløsning for brukt brensel og reprosessering er svært kostnadskrevende, og den løsningen som velges bør være rustet til å ta hånd om alt brukt brensel og annet langlivet radioaktivt avfall i all overskuelig fremtid.

Inntil en endelig disponeringsløsning er på plass må det brukte brenselet mellomlagres. Avhengig av videre drift av forskningsreaktorene, er det i perioden frem mot 2035 ventet at dagens mellomlager på Kjeller og i Halden vil nå full kapasitet. Egnetheten til dagens mellomlager i perioden frem mot 2035 er dessuten usikker. Det er derfor behov for å utvide lagringskapasiteten for brukt brensel. KVU/KS1 *Oppbevaring av norsk radioaktivt avfall* peker på særlig tre alternativer for mellomlagring: (i) etablering av et nytt samlokalisert mellomlager, (ii) undersøke muligheten for å utvide kapasiteten i KLDRA-Himdalen med mulighet for å lagre brukt brensel og langlivet avfall, eller (iii) etablering av et nytt kombinert lager for brukt brensel og langlivet avfall og deponi for lav- og middelsaktivt avfall (ofte omtalt som *KLDRA 2* eller *nytt KLDRA*).

7.3 Kapasitet i KLDRA-Himdalen

Det vil ikke være tilstrekkelig deponikapasitet for avfall fra dekommisjonering av IFEs nukleære anlegg i KLDRA-Himdalen. Deponiet er per dags dato det eneste deponiet som tar imot radioaktivt avfall med kunstige fremstilte radioaktive stoffer i Norge og har kapasitet til mottak av 10 000 tønneekvivalenter. Per 31. desember 2015 var beholdningen 5906 tønneekvivalenter. Avfallsmengden fra dekommisjonering er anslått til mellom 5000 og 7000 tønneekvivalenter. Det er derfor behov for en utvidelse av eksisterende deponi eller nytt deponi som kan ta imot avfall fra nukleær industri, sykehus, forskning og annen industri, samt mye av avfallet fra dekommisjoneringen av forskningsreaktorene.

Nær-overflatedeponi vil være et naturlig valg for avfallsløsning for dette avfallet også etter at KLDRA-Himdalen stenger. Noe av avfallet fra medisinsk og forskningsmessig bruk kan eventuelt også forbrennes for å redusere volum av avfallet, og redusere mengden avfall som må deponeres. Men Statens strålevern anbefaler likevel at deponiet eller deponiene som erstatter KLDRA-Himdalen dimensjoneres til å kunne ta imot det radioaktive avfallet som KLDRA-Himdalen tar imot og ikke baserer seg på en volumreduksjon ved forbrenning.

Tidspunkt for når nytt deponi eller en utvidelse av eksisterende deponi må være tilgjengelig, avhenger av når en fremtidig dekommisjonering av IFEs nukleære anlegg vil finne sted. Dersom IFEs nukleære anlegg ikke dekommisjoneres i perioden frem til 2035, og den årlige tilveksten til KLDRA-Himdalen holder seg på samme nivå som i dag, vil det være deponikapasitet i KLDRA-Himdalen frem til ca. 2038. Når er beslutning om dekommisjonering blir fattet, vil behovet for et nytt deponi oppstå relativt raskt.

Disponeringsløsninger etter lukking av KLDRA-Himdalen må planlegges og forberedes. Som en del av planleggingen bør det gjøres en vurdering av om hvorvidt det er mest hensiktsmessig å ha ett deponi for kunstige fremstilte radioaktive stoffer eller om det eventuelt er mer hensiktsmessig med flere mer spesialiserte deponier, samt om det er

hensiktsmessig å forbrenne deler av avfallet. Det er viktig at planleggingen av nye disponeringsløsninger iverksettes og at hensynet til de totale mengder avfall som kan oppstå er omfattet av planleggingen.

Statens strålevern er kjent med at Statsbygg er gitt i oppdrag av NFD å vurdere aktuelle lokaliseringalternativer for et nytt KLDRA.

7.4 Forbrenning av radioaktivt avfall

Forbrenning av avfall er en egnet metode for å redusere mengden avfall og kan frigjøre deponikapasitet. Men basert på de små mengdene avfall i Norge fra medisinsk og forskningsmessig bruk, de korte halveringstidene og utfordringene med utslipp av radioaktive stoffer ved forbrenning anbefaler Statens strålevern at deponiet eller deponiene som erstatter KLDRA-Himdalen bør dimensjoneres til å kunne ta imot det radioaktive avfallet som KLDRA-Himdalen tar imot. Generelt oppfordres virksomheter, også forbrenningsanlegg til å søke om tillatelse til å ta imot radioaktivt avfall, men States strålevern vil ikke sette i gang arbeid for spesifikt å få etablert forbrenningsanlegg som kan ta imot radioaktivt avfall slik at deler av det radioaktive avfallet sendes til forbrenning i stedet for å deponeres. Vi vil likevel følge utviklingen og vurdere eventuelle behov for anlegg med tillatelse til å forbrenne radioaktivt avfall. Det er kunnskapshull om konsekvensene av forbrenning av større mengder radioaktivt avfall kan medføre for mennesker og miljø. Slik kunnskap må innhentes før det kan gjøres en vurdering av om det er hensiktsmessig med økt bruk av forbrenning som endelig løsning for enkelte fraksjoner radioaktivt avfall.

7.5 Behov for et deponi for farlig avfall som også kan ta imot radioaktivt avfall

Avfallshåndteringen i Norge må vurderes i et helhetsperspektiv, hvilket innebærer å finne gode løsninger som dekker alle avfallets egenskaper, være seg egenskaper som farlig avfall eller radioaktivt avfall. I og med at en del av det farlige avfallet også er klassifisert som radioaktivt avfall, i tillegg til at forurensningsregelverket har lagt opp til at deler av dette avfallet kan sendes til deponi for farlig avfall uten særskilt tillatelse fra Statens strålevern, mener vi at det er viktig at også mottak av radioaktivt avfall under deponeringsplikt blir vurdert når myndighetene utreder et nytt deponi for farlig avfall i Norge. Statens strålevern mener det er viktig at et deponi for farlig avfall også har tillatelse til å ta imot radioaktivt avfall.

7.6 Håndtering av avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer

Statens strålevern har et pågående informasjonsarbeid rettet mot prosessindustrien og andre industrier hvor det er sannsynlig at det oppstår radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer. Majoriteten av disse virksomhetene har per i dag ikke tillatelse til håndtering av radioaktivt avfall eller utslipp av radioaktive stoffer.

Statens strålevern forventer en økning i mengden radioaktivt avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer som må håndteres. Det er derfor viktig at det etableres egnede løsninger for dette avfallet. Avfallet er i hovedsak egnet for deponering i deponi for farlig avfall, nær-overflatedeponi og overflatedeponi. En del virksomheter som genererer

avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer deponerer avfallet i eget deponi i tilknytning til virksomheten.

Det er også viktig å få flere deponier som generelt kan ta imot avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer. Per dags dato er det kun Wergeland-Halsvik som har tillatelse til å ta imot radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien med aktivitet over deponeringsplikt, og har en generell tillatelse fra Strålevernet til å ta imot stabilt avfall med naturlige forekommende radionuklider. Det er uheldig at det kun er en virksomhet som kan ta imot en type radioaktivt avfall slik at det oppstår en monopolsituasjon.

7.7 Syredannende bergarter som for eksempel alunskifer

Per dags dato finnes det to deponier som kan ta imot alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter: NOAH Langøya (Holmestrand), Borge pukkverk avfallsdeponi, (Fredrikstad). I tillegg har Statens strålevern nylig gitt tillatelse til deponering av potensielt syredannende bergarter ved deponiet Heggvin Alun AS (Hedmark). Søknad om tilsvarende tillatelse fra Fylkesmannen er til behandling, og de kan ikke motta avfall før de har fått denne tillatelsen. NOAH Langøya er i ferd med å fylles opp, og det antas på nåværende tidspunkt at deponiet ikke vil ha kapasitet til å ta imot fremtidige avfallsmasser med potensielt syredannende bergarter.

Dersom utviklingen i mengdene potensielt syredannende bergarter følger det laveste estimatet på 1 000 000 tonn vil dagens deponikapasitet være tilstrekkelig. Det er imidlertid sannsynlig at det vil være en høyere tilvekst av potensielt syredannende bergarter i perioden, slik at det blir behov for ytterligere deponi som kan ta imot alunskifer og andre potensielt syredannende bergarter i perioden frem til 2035.

7.8 Avfall fra petroleumsindustrien

Etter Statens stråleverns vurdering er det sårbart å kun ha ett avfallsmottak for radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien i perioden frem mot 2035. Vi anser imidlertid at dagens system for behandling av avfall fra petroleumsindustrien fungerer godt. Under forutsetning av at aktiviteten på sokkelen ikke øker betydelig, har vi ingen informasjon som tyder på at deponikapasiteten vil bli for liten. Deponiet har dessuten utvidelsesmuligheter. Radioaktivt avfall fra dekommisjoneringsprosjekter utgjør beskjedne bidrag, etter det som opplyses fra bransjen, og derfor vil avfallsmengder frem mot 2035 i første rekke avhenge av det generelle aktivitetsnivået på sokkelen.

7.9 Sortering og reduksjon av radioaktivt avfall før deponering

Sortering av avfall er viktig verktøy for å minimere mengden radioaktivt avfall ved at radioaktivt avfall skilles fra ikke-radioaktivt avfall. Der hvor det er forskjellige alternative håndteringsmetoder for radioaktivt avfall med for eksempel forskjellig innhold av radioaktive stoffer er også sortering av det radioaktive avfallet et viktig verktøy. Der hvor alt det radioaktive avfallet uansett vil ha en håndteringsmetode er ikke det ikke så viktig at avfallet sorteres.

Statens strålevern ser det som hensiktsmessig at det fastsettes regler for overflatekontaminering enten i forskrift eller at det fattes vedtak om dette i hvert enkelt tilfelle.

Når det gjelder sortering av radioaktivt avfall fra ikke-radioaktivt avfall vil dette især være aktuelt i forbindelse med dekommisjonering av forskningsreaktorene ved IFE og dekommisjonering av anlegg for produksjon av radiofarmaka og protonbehandling. Her er det viktig at radioaktivt avfall sorteres fra ikke-radioaktivt avfall for å minimere mengdene radioaktivt avfall.

Avfallsproblematikken knyttet til dekommisjonering av produksjonsanlegg for radiofarmaka og protonbehandlingsanlegg vil oppstå tidligst i 2035-2040. Det er allikevel viktig at løsninger for dette avfallet planlegges på nåværende tidspunkt, slik at tilstrekkelig deponikapasitet og sortering sikres.

Sortering av avfall er også viktig for avfall fra industrier som gruveindustri, prosessindustri og petroleumsindustrien, samt alunskifer hvor det er store volumer avfall med relativt små mengder radioaktive stoffer. Tilstrekkelig sortering av dette avfallet avhenger av god kartlegging, representative prøvetaking og analyse.

Sortering av avfall basert på halveringstid er også relevant for avfall med korte halveringstider som kan stå til henfall for så å disponeres som ikke-radioaktivt avfall. Dette er spesielt relevant for avfall fra medisinsk bruk av radioaktive stoffer, hvor det er en utbredt håndteringsmetode at avfallet står til henfall for å la de kortlivede nuklidene henfalle til stabile og ikke-radioaktive stoffer slik at avfallet kan disponeres som ikke-radioaktivt.

Sortering av avfall er også relevant i forbindelse med håndtering av radioaktivt avfall etter en ulykke eller hendelse. Statens strålevern har utredet dette nærmere i Miljøsektorens plan for operativ beredskap ved akutt radioaktiv forurensning.

7.10 Videre oppfølging av utredningen

Statens strålevern vil følge opp funnene i denne utredning i vårt videre arbeid med radioaktivt avfall. Utredningen fremhever hvilke områder det kan være og vil være utfordringer med radioaktivt avfall i Norge fram til 2035. Disse områdene vil dermed kunne prioriteres innen forvaltningen.

IAEAs Joint Convention anbefaler utarbeidelsen av en nasjonal overordnet plan for håndtering av brukt brensel og annet radioaktivt avfall. Tilsvarende er det et krav i EUs Radioactive Waste Directive at medlemslandene skal utarbeide og vedlikeholde nasjonale planer for håndteringen av brukt brensel og annet radioaktivt avfall. Under gjennomgangen av Norges rapport til Joint Convention i 2015 ble Norge anbefalt å utarbeide og vedta en slik nasjonal overordnet plan.

Denne utredningen er det første steg i en slik nasjonal plan for håndtering av radioaktivt avfall. Funnene i denne rapporten vil kunne danne basis for den videre forvaltningen av radioaktivt avfall. Prioriteringene i forvaltningen vil kunne inngå i den neste delen av en slik handlingsplan for å sikre forsvarlig håndtering av det radioaktive avfallet i Norge.

8. Vedlegg

8.1 Detaljert beskrivelse av estimerte mengder alunskifer til nå og fram til 2035

Statens strålevern har oversikt over deklarererte radioaktive steinmasser fra og med 2011. Oversikten viser at radioaktive steinmasser utgjorde 98 % av massen til alt radioaktivt avfall som ble deklarerert mellom 2011 og 2015. Det antas at praktisk talt alle deklarererte radioaktive steinmasser er alunskifer eller andre potensielt syredannende bergarter. Basert på denne antagelsen ble det årlig deklarerert mellom 11 000 og 41 000 tonn potensielt syredannende bergarter i perioden 2011 til 2015.

Variasjonen i mengdene er avhengig av hvor mye gravearbeid som utføres i områder med potensielt syredannende bergarter. Regionale planer for areal og transport gir en oversikt over planlagt byggevirksomhet i områder med potensielt syredannende bergarter og ut fra disse kan man gi et estimat for mengder av denne avfallstypen.

Oslo og Akershus

Regional plan for areal og transport i Oslo og Akershus anslår at i løpet av de neste 20 årene vil innbyggertallet i fylkene øke med 350 000. Dette setter krav til utbygging av boliger og forbedringer av infrastruktur for å sikre arbeidsplasser, god persontransport og logistikk.

I Oslo og Akershus er det utviklet en regional plan for areal og transport frem til 2030. En sammenligning mellom den regionale planens prioriterte vekstområder og alunskiferkart utarbeidet av NGU på oppdrag fra Statens strålevern, viser at både utbygging i Oslo by, samt opprettelse eller fornyelse av veier og jernbanenett i Akershus kan gå gjennom områder med kjente alunskiferforekomster. Eksempelvis kan vei og jernbane som går i nærheten av Nittedal gå igjennom alunskiferområder. Det planlegges også å knytte Hurdal mot vekstområdet Jessheim, og om dette medfører bygging eller endring av vei, vil denne også potensielt gå gjennom alunskiferområder.

Basert på erfaring fra tidligere år og en vurdering av transportstrategien kan det likevel antas at utbygging i Oslo by kan forventes å medføre de største alunskifermengdene i årene fremover.

Utbygging i Oslo by kan være både utvikling av vei og annen infrastruktur og bygging av nye boliger, kontorbygg og industriområder.

Oslo kommuneplan sier at det forventes høyest grad av boligbygging ved Filipstad, i «Fjordbyen», området rundt Ensjø og Økern. Av disse er Fjordbyen i et område hvor grunnen i henhold til NGU identifisert som alunskifer. I tillegg er det forventet næringsutbygging i området rundt gamle Oslo og mellom sentrum og Frogner. Også dette er områder hvor grunnen er identifisert som alunskifer. Dette fremtidige arbeidet kan sammenlignes med arbeid som utføres i Oslo i dag, blant annet regjeringskvartalet.

For å møte befolkningsveksten og flere arbeidsplasser må transportmulighetene i Oslo øke. Med økt satsning på kollektiv, også mellom Oslo og omliggende byer, vil det være behov for å ruste opp jernbanenettet. Ett av tiltakene vil være å bygge en ny jernbanetunnel gjennom Oslo sentrum. Det er lite sannsynlig at den er ferdig før 2030. I tillegg til ny tunnel, vil det også være behov for hensettingsspor, vendespor og stasjonsutvidelser. Ny jernbanetunnel vil

mest sannsynlig gå delvis gjennom alunskifer, men dette vil være avhengig av hvilken trase og dybde for tunnelen som velges. Dette arbeidet kan sammenlignes med arbeidet som i dag gjøres på Follobanen gjennom Ekebergåsen.

Uttak av alunskifer fra regjeringskvartalet og Follobanen gir et estimat for hvor mye alunskifer som kan forventes gitt utbygging av et visst areal. For de videre estimatene antas det at det tas ut 250 000 tonn alunskifer fra en byggegrop med areal 30 000 m² og 75 000 tonn alunskifer fra 1,5 km tunnel.

Områdene hvor det forventes bygging av boliger og næringseiendommer i Oslo, hvor det også er alunskifer i henhold til NGU's kart, er et område på 3 km². Det antas grave- og grunnarbeid på 15% av arealet, det vil si 450 000 m². Dette gir et total uttak av alunskifer på 3 750 000 tonn.

Det antas at det gjøres gravearbeid for jernbanetraseer, t-bane og annen underjordisk arbeid tilsvarende 8 km jernbanetunnel. Dette gir et totalt uttak av alunskifer på 400 000 tonn alunskifer.

Summert gir dette et estimert gjennomsnittlig uttak av alunskifer i Oslo på 4 150 000 tonn. Alunskifer fra pågående arbeid er ikke tatt med i estimatet. Vi kan anta at det er behov for deponikapasitet for mellom 3 000 000 – 5 000 000 tonn alunskifer fra Oslo og Akershus frem til 2035.

Hvis utbyggingen skjer i samme størrelsesorden som frem til 2014 (dvs. masser fra før gravearbeid for regjeringskvartalet og Follobanen), vil det kun være behov for deponikapasitet fra 800 000 tonn alunskifer frem til 2035.

Hedmark

Hedmark har betydelige mengder alunskifer, også i de områdene av Hedmark som er tettest befolket, det vil si kommunene som ligger mot Mjøsa. Disse kommunene er Ringsaker, Hamar, Løten og Stange. Hedmark er et tynt befolket fylke. Under 60 % bor i by og tettbygd strøk.

Det forventes en økning i innbyggertall frem mot 2030 og dette fører til behov for nye boliger. Et estimat produsert av Panda¹⁰/Fylkesprognoser sier at det vil bli behov for 14 000 nye boliger i Hedmark. Det forventes at dette behovet vil føre til en økning av alle typer boliger. Forutsatt at boligpreferansene vil være stabile, vil 9800 av nye boliger være eneboliger.

Med en gjennomsnittlig utgravd grunnflate på 120 m², vil 9800 nye eneboliger dekke et areal på 1 176 00 m². Hvis vi antar at 20 % av arealet blir bygget i områder med alunskifer, dybde av hver byggegrop er 2 meter og tyngden av en kubikkmeter oppgravd alunskifer er 1,3 tonn pr m³, kan man anslå at frem til 2030 vil det kunne tas ut 300 000 tonn alunskifer fra boligbygging av eneboliger i Hedmark.

E6 gjennom Hedmark skal utbedres. Planbeskrivelse av prosjektet E6 Kåterud - Arnkvern sier at grunnundersøkelsene viser at den planlagte veien vil gå gjennom områder med påvist

¹⁰ PANDA står for *plan- og analyseverktøy for næring, demografi og arbeidsmarked*, og er et økonomisk-demografisk modellsystem utviklet for bruk i regional analyse og overordnet planlegging i fylker og sammenslutninger av kommuner.

alunskifer. Det kan bli behov for sprenging i områder med alunskifer, men det er per dags dato ikke lagt planer for tunnel gjennom alunskifer. Det antas derfor at mengden alunskifer fra vei vil være mindre enn fra boligbygging. For å fange opp også mindre veiprosjekter og eventuelle uventete funn av alunskifer, anslås det 100 000 tonn alunskifer fra veibygging og andre gravearbeid.

Total mengde alunskifer fra Hedmark vil da være gjennomsnittlig 400 000 tonn, med et forventet intervall på 320 000 – 480 000 tonn.

Oppland

Av Opplands kommuner er det Gjøvik, Østre Toten, Søndre land, Nordre land, Etnedal, Sør-Aurdal og Jevnaker som har påvist alunskifer. Forekomstene av alunskifer i kommunene Gjøvik, Nordre land og Etnedal er betydelige i nasjonal målestokk.

Med kun 57,5 % av innbyggere i by er Oppland Norges tynneste befolkete fylke. Selv om det er netto befolkningsunderskudd, øker befolkningen i tettsteder og byer (+ 12 % siden 2000). Det forventes at denne trenden fortsetter. Fylkesmannen viser til Boligutredningen fra 2015 og fylkets dekning av eneboliger og konkluderer med at det bør satses på å bygge flere leiligheter fremfor andre boligtyper.

De viktigste veiene gjennom fylket er E6 og E16, samt riksvei 4. Det planlegges arbeid med utbedring av veinettet i fylket. Bortsett fra eksisterende arbeid med riksvei 4 ved Gran ser det på nåværende tidspunkt ikke ut til å være store investeringer som fører til utstrakt graving i alunskifer.

Selv om det er betydelige mengder alunskifer i fylket, er det begrenset befolkningsvekst og behov for nye boliger. Det vil antageligvis bli satset på å bygge leilighetskompleks, noe som fører til mindre graving enn ved bygging av eneboliger per nye bopel. De største veiene går hovedsakelig utenfor de største alunskiferforekomstene. Med forbehold om at det bestemmes å gjøre nye investeringer i veier over alunskiferforekomstene, kan det forventes at alunskifer som påtreffes under veiarbeid er av et mindre volum.

Det antas at det tas ut 100 000 tonn alunskifer fra bygging av boliger og infrastruktur i Oppland frem til 2035. Estimater inkluderer ikke pågående arbeid hvor det tas ut alunskifer.

Buskerud

Sammenlignet med Oppland eller Hedmark har Buskerud fylke et lite areal med alunskifer. Alunskiferen er begrenset til et belte fra Randfjorden til Tyrifjordens nordre punkt. Beltet fortsetter fra Tyrifjordens sørvestre arm og til Eikern og slutter mellom Kongsberg og Sauherad. I tillegg finnes det forekomster ved Slemmestad og i kommunene Gol og Nes.

Alunskiferbeltet fra Randfjorden til Kongsberg/Sauherad går under tettstedene Jevnaker, Hønefoss, Åmot, Hokksund, Vestfossen og Skollenborg

Utbygging av Ringeriksbanen og E 16 vil føre til byggearbeider rett sør for Hønefoss. Selv om området er identifisert som alunskiferområder i henhold til alunskiferkart utarbeidet av NGU på oppdrag av Statens strålevern, indikerer NGUs berggrunnskart som leire, sand og grus. Enkelte knauser som stikker ut av leiren, sanden og grus indikerer alunskifer med særlig

høy forekomst av radioaktive stoffer. I kart over løsmasser er området dekket av elveavsetning. Dybden på denne avsetningen er mellom 0,5 og 10 meter. Hvis utbygging av Ringeriksbanen og E16 fører til boring ned i alunskiferen eller sprenging/graving i dette materialet, kan det forventes at en mindre masse alunskifer, fra den såkalte Røyken gruppen, med høyere aktivitet enn gjennomsnittet¹¹.

Det har blitt gjort undersøkelser av alunskifer i trase for E16 nær Jevnaker¹². Denne alunskiferen er også del av Røyken gruppen. Det kan forventes lignende egenskaper for annen alunskifer innen denne gruppen. Alunskiferen er hovedsakelig dekket av løsmasser. Skiferen karakteriseres som lett forvitrende. Bilder viser også tydelige sulfittflekker, noe som indikerer høy grad av syredannende potensiale. Det kan forventes særlig stor forurensningsfare fra denne skiferen.

Det foreligger på nåværende tidspunkt lite informasjon og det er vanskelig å estimere mengde generert avfall i forbindelse med E16 og Ringeriksbanen. For denne rapporten antas det 10 000 tonn med alunskifer av særlig høy syredannende potensiale og forurensningsfare. Selv om mengden er liten, er det mulig at denne skiferen må håndteres med høyere grad av sikkerhet på deponi.

Alunskiferbeltet fra Tyrifjorden mot Hokksund ligger under riksvei 34. Fra Hokksund mot Skollenborg ligger E 134 delvis over beltet. Areal- og transportplan for Buskerudsbyen¹³ indikerer at på nåværende tidspunkt har veiene mellom Hokksund og Hønefoss en utnyttelsesgrad på 41-55 %. Kapasitetsutnyttelsen mellom Hokksund og Kongsberg ligger på mellom 71-85 %.

Det er en utfordring i dag at infrastrukturen i form av jernbaneforbindelsen mellom Drammen og Kongsberg ikke tillater økt bruk av tog mellom disse byene. Den regionale planen for Buskerud peker på behov for en fornyet strategi for å redusere privatbilisme og øke kollektiv.

Hokksund og tettstedet Vestfossen er to identifiserte prioriterte utviklingsområdene i Buskerud. Disse plassene ligger over alunskiferbeltet fra Tyrifjorden mot Skollenborg. Disse to, sammen med fire andre lokasjoner, skal prioriteres til bolig- og næringsutvikling. Kollektivtilbudet må også utvikles for å møte befolkningsveksten. Grunnfjellet ved Hokksund og Vestfossen er dekket av henholdsvis elveavsetning og tykk havavsetning. Selv om det er definert som alunskiferområde og har større potensiale for høye radonnivå, er det ikke gitt at en eventuell by- og infrastrukturutvikling vil føre til større mengder alunskifer som må håndteres.

Avfall fra «gamle synder» - opprydning i tidligere deponert alunskifer

I tillegg til behov for lagring av oppgraving av fremtidig alunskifer, er det behov for opprydning i tidligere deponert alunskifer. Dette kan medføre behov for fjerning av tidligere deponert alunskifer fra nåværende plassering og deponering i deponi med høyere grad av sikkerhet mot utlekking av radioaktive stoffer.

¹¹ Kilde: NGUs berggrunnskart.

¹² Kilde: http://www.ringerike.kommune.no/Global/miljo_areal/ABY/Rv%2035%20Eggemoen-Kleggerud/Vedtatt%20plan/5%20Rapport%20Alunskifer.pdf

¹³ Kilde: <http://www.bfk.no/Tjenesteomrade/Regionalutvikling/Regional-planlegging/Regionale-planer/>

Ett slikt eksempel er Taraldrud i Ski kommune. Her ble alunskifer fra Oslo ulovlig deponert på tidlig 90-tall. Alunskiferen ble spredt ut over en eng og senere ble skiferen dekket med jord. Det går vann igjennom skiferen og den produserer syre. Denne reaktive alunskiferen lekker også ut uran. Tiltak som har blitt utført i senere tid for å redusere utlekking av uran og andre tungmetaller til en bekk som så drenerer til en drikkevannskilde. Tiltakene medfører at rundt 80% av uran som lekker fra skiferen feller ut i dammer sammen med jern og organisk materiale. Innholdet av organisk materiale er over 10 %, og slammet kan dermed ikke deponeres etter krav i avfallsforskriftens kapittel 9. Innholdet av uran er høyt nok til at slammet klassifiseres som radioaktivt avfall.

En måte å løse denne forurensningssituasjonen på, er ved å grave opp den ulovlig deponerte alunskiferen og deponere den i deponi med tillatelse til å ta imot denne type avfall.

Mengdene alunskifer og omliggende forurensete masser er estimert til rundt 6 500 tonn.

Utfordringen med å vurdere mengdene av «gamle synder» som blir til nytt avfall som skal håndteres, er at myndighetene ikke nødvendigvis har oversikt over alle gamle alunskiferdeponi. Statens strålevern kjenner til to gamle deponi i tillegg til Taraldrud, hvor det er deponert alunskifer uten at det er stilt krav til fysisk og kjemisk stabilitet. Det antas at det vil være nødvendig å gjøre tiltak for å sikre forsvarlig håndtering av massene fra disse deponiene, og det er heller ikke usannsynlig at det vil dukke opp flere «gamle synder» som krever tilsvarende tiltak.

Likevel kan det antas at mengdene alunskifer i gamle deponi er liten i forhold til de estimerte mengdene av ny alunskifer som vil graves opp. Hvis det eksempelvis finnes ti deponi på størrelse med Taraldrud som må deponeres på nytt, er det snakk om rundt 65 000 tonn, det vil si mellom 1 – 6,5 % av all alunskifer som det er antatt må deponeres i løpet av de neste årene.

Oppsummering av mengder

Selv om Oslo har et begrenset areal med alunskifer, ligger skiferen nært dagen og kan forventes å påtreffes under gravearbeid. Det er planlagt større gravearbeider i Oslo-området i perioden frem mot 2035, og det er i dette området de største avfallsmengdene forventes å oppstå.

Videre antas det at alunskiferen med det høyeste forurensningspotensialet kan finnes rundt Hønefoss. Dette mindre volumet kan måtte håndteres med høyere krav til sikkerhet enn de øvrige massene. For det første skyldes dette at avfallet antas å ha et høyere innhold av radioaktive stoffer enn gjennomsnittet av potensielt syredannende bergarter. For det andre er det sannsynlig at dette avfallet har et høyt syredannende potensiale, og derfor vil kreve spesielle tiltak for å begrense utlekkingen av radioaktive stoffer.

De estimerte mengdene avfall med potensielt syredannende bergarter er oppsummert i tabell 3 og figur 8, vist i kapittel 5.7. Oppsummerte gjennomsnittlige verdier tilsier at det i perioden frem til 2035 er behov for å håndtere 4 825 000 tonn potensielt syredannende bergarter fordelt over fem regioner, inkludert eventuelle masser fra gamle alunskiferdeponier. Det kan derfor estimeres et intervall på mellom 1 000 000 tonn og 6 000 000 tonn alunskifer som må håndteres. En svært liten andel av dette avfallet, estimert til 10 000 tonn alunskifer fra Røykengruppen, vil være særlig utfordrende å håndtere.

8.2 Internasjonale eksempler på disponering av ulike avfallskategorier

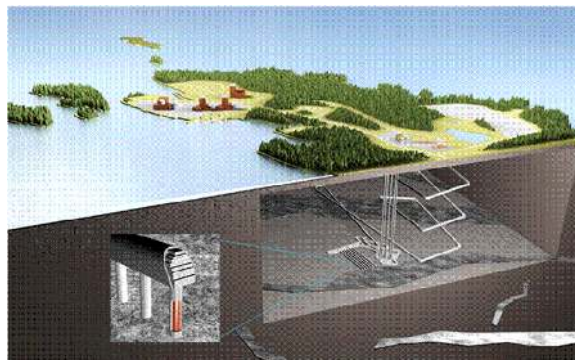
8.2.1 Eksempel – disponering av høyaktivt avfall (HLW)

De viktigste kildene til høyaktivt avfall (HLW) globalt sett er brukt brensel fra atomreaktorer, som har blitt erklært som avfall, og første syklus raffinert fra reprosessering av brukt brensel. Dette raffinert vitriferes, for eksempel ved reprosesseringsanleggene i Frankrike (La Hague) og Storbritannia (Sellafield). Avfall bestående av brukt brensel og vitrifisert raffinert fra reprosessering lagres i påvente av deponering.

I 2008 utstedte *Radioactive Waste Management Committee (RWMC)* i *OECD Nuclear Energy Agency* en kollektiv uttalelse om egnetheten og muligheten for geologisk deponering av bestemte kategorier radioaktivt avfall, som høyaktivt avfall. Uttalelsen gjenspeiler at det er internasjonal konsensus om at dyp geologisk deponering er den best egnede løsningen for høyaktivt radioaktivt avfall: geologisk deponering er teknisk mulig; deponeringen kan gjøres trygt for nåværende og fremtidige generasjoner; det finnes ingen reelle alternativer til geologisk deponering; og uavhengig av tekniske fremskritt som kan oppnås i fremtiden, vil behovet for geologisk deponering av enkelte avfallskategorier vedvare. Geologisk deponering representerer også en etisk korrekt tilnærming til avfallsproblematikken (ved at den generasjonen som produserer avfallet også tar ansvaret for håndteringen), og arbeidet med geologisk deponering bør iverksettes i dag og tilpasses avfallssituasjonen i det enkelte land (NEA, 2008).

Programmer for utvikling av geologiske deponier for høyaktivt avfall er under arbeid i flere land som har store kjernekraftprogram, inkludert for eksempel USA, Korea, Sverige, Storbritannia, Frankrike, Sverige og Finland. Der det er relevant, er disse deponiene planlagt for høyaktivt avfall fra sivile og militære programmer, samt fra forskningsreaktorer.

Finlands program for geologisk deponering er spesielt avansert. Brukt brensel fra kjernekraftverkene i Teollisuuden Voima og Fortum vil bli pakket i kobberbeholdere og innebygd 400-450 meter dypt i grunnfjellet i Olkiluoto. *The Safety Case*, presentert i Posiva 2014a, b og c, tar for seg beskyttelsen av mennesker og miljø, og støtter seg på betydelig forskning, modelleringer og karakterisering av deponiområdet. Finlands myndighet innen stråling og atomsikkerhet (STUK) har gitt sin støtte til Posivas søknad å konstruere et endelig deponi og anlegg for innkapsling av avfall i 2015. Senere samme år ga den finske regjeringen byggetillatelse til anlegget for endelig dyp geologisk deponering. Figuren under illustrerer Posivas KBS-3V design (fra Posiva (2014a)). Kapasiteten til det prosjekterte anlegget tilsvarer opptil 9000 tonn uran som opprinnelig er lastet inn i atomreaktorene.



Figur 15: Prinsippskisse av Posivas løsning for geologisk deponering av brukt brensel i Finland.

8.2.2 Eksempler – deponering av lav- og mellomaktivt avfall (LLW og ILW)

Lav- og mellomaktivt radioaktivt avfall (LLW og ILW) omfatter et bredt spekter av materialer som oppstår gjennom ulike aktiviteter, blant annet gjennom kjernekraftproduksjon, medisin, forskning og industri. Mange utviklede land som har atomreaktorsystemer, i tillegg til andre aktiviteter, deponerer lav- og mellomaktivt avfall i ett anlegg. Det finnes to hovedtyper av deponier for lav- og mellomaktivt avfall: (i) deponier med avhending av avfallet over eller under den opprinnelige jordoverflaten (i grøfter, groper osv.) og (ii) deponier bestående av hulrom i fjell (IAEA, 1999).

Et viktig eksempel på førstnevnte deponitype er *Site de l'Aube* (CSA), som har vært i drift siden januar 1992 og drives av ANDRA i Soullaines-Dhuys, Frankrike. Deponiet er forventet å være i drift i 60 år og har en kapasitet på 1 million m³, hvorav ca. 30 % av kapasiteten var utnyttet i 2015. Avfallet som deponeres består av lav- og mellomaktivt kortlivet avfall, og kommer hovedsakelig fra kjernekraftindustri og aktivitetene til den franske atomenergikommisjonen. Deponiet tar også imot avfall fra sykehus, forskning og universitetslaboratorier. Annet avfall som deponeres ved CSA er radioaktivt avfall fra opprydding og demontering av installasjoner. Sistnevnte avfallstype inkluderer i hovedsak avfall relatert til vedlikehold (klær, verktøy, hansker, filtre, etc.) og drift av kjernekraftanlegg, eksempelvis behandling av gass og flytende utslipp. Dette avfallet inneholder kortlivede radionuklider, slik som kobolt-60 og cesium-137, og kan også inneholde strengt begrensede mengder av langlivede radionuklider. For å bli akseptert, må avfallet oppfylle de tekniske spesifikasjonene utstedt av ANDRA, herunder krav til emballasje og radionuklide-innhold. Ved ankomst på CSA, blir transportemballasje og avfallspakker bestrålt og kontrollert for forurensning. Holdbarheten og sikkerheten til avfallspakkene må være godkjent før avfallet kan deponeres. Miljøovervåkingen ved anlegget dekker radioaktivitet i miljøet, fysisk-kjemiske analyser og analyse av helsetilstanden til fauna og flora. CSA er et kjernefysisk anlegg og virksomheten styres av *Nuclear Safety Authority* (ASN), som gjennomfører flere inspeksjoner på stedet hvert år og regelmessig vurderer operativ sikkerhet og sikkerheten etter avslutning av deponiet. Flyfoto av CSA er vist til venstre i figuren under.



Figur 16: Venstre: Flyfoto av Site de l'Aube (CSA). Høyre: Skjematisk oversikt over underjordisk del av SFR

Et viktig eksempel på deponering av lav- og mellomaktivt avfall i fjellhulrom er SFR-anlegget som drives av SKB (Svensk Kärnbränslehantering) ved Forsmark i kommunen Östhammar¹⁴. SFR ligger 50 meter under bunnen av Østersjøen og består av fire 160 m lange steinhvelvinger og et kammer i berggrunnen med en 50 meter høy betongsilo for det mer

¹⁴ Informasjon hentet fra: <http://www.skb.com/our-operations/sfr/>

radioaktive avfallet. To parallelle kilometerlange adkomsttunneler kobler innretningen til overflaten. Anlegget ble satt i drift i 1988 og har en kapasitet på 63 000 m³. I dag mottar deponiet totalt ca. 600 m³ radioaktivt avfall per år, hovedsakelig fra kjernekraftverk men også om lag 20 m³ avfall per år fra sykehus, veterinærmedisin, forskning og industri. Figur 16 viser en skisse av den underjordiske delen av SFR.

I henhold til sikkerhetskrav, må SKB være i stand til å vise at sikkerheten til stoffene som ikke raskt henfaller vil bli opprettholdt i 10 000 år. Dette oppnås ved hjelp av regelmessige og gjentatte sikkerhetsvurderinger, som ettergås av den svenske Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM).

I fremtiden er det planlagt å deponere radioaktivt dekommisjoneringsavfall fra riving av de svenske kjernekraftverkene (for eksempel metallholdig avfall og bygningsmaterialer) i SFR. På slutten av 2014 søkte derfor SKB om en utvidelse av SFR. Når denne utbyggingen er fullstendig vil deponiet ha plass til ca. 200 000 m³ avfall.

8.2.3 Eksempel – deponering av svært lavaktivt avfall (VLLW)

Svært lavaktivt avfall (VLLW) har så lave nivåer av radioaktivitet at deponering av avfallet ikke krever den type konstruert barrieresystemer som avfall med høyere aktivitetsnivåer. Svært lavaktivt avfall kan trygt deponeres i relativt enkle grøfter med begrensede konstruerte funksjoner, avhengig av egnet lokalisering av deponiet og samsvar med relevante krav i regelverket¹⁵.

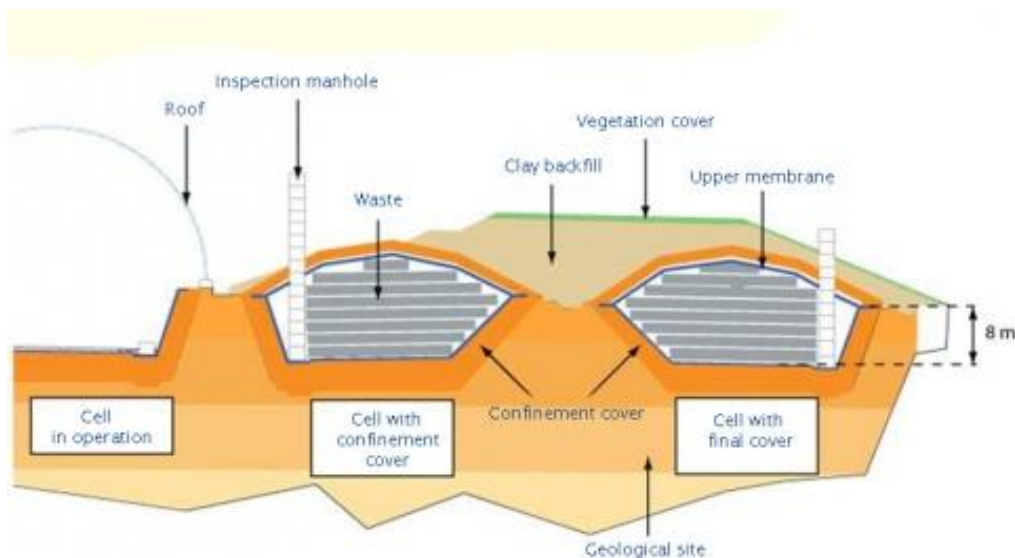
Deponiet CSTFA for svært lavaktivt avfall drives av ANDRA og ligger i Morvilliers i Aube-distriktet, i nærheten av deponiet CSA for lav- og mellomaktivt avfall. CSTFA ble etablert i august 2003 med en samlet kapasitet på 650 000 m³. På slutten av 2012 var volumet av deponert avfall på ca. 227 400 m³. Avfallet deponeres i spesielle hvelv som er utgravd i en leireformasjon og er beskyttet av en syntetisk membran. I fremtiden skal avfallet tildekkes med en overdekning i leire, som vist i figur 18¹⁶.



Figur 17: Venstre: Flyfoto av CSTFA. Høyre: Utvendig bilde som viser driftstildekning ved CSTFA.

¹⁵ Det kan bemerkes at enkelte historiske deponier for svært lavaktivt og lavaktivt avfall var dårlig plassert, og ikke oppfylte eller oppfyller gjeldende sikkerhetskrav. Det bør imidlertid også nevnes at standarder for deponering av farlig avfall er forskjellig fra standarder for deponering av radioaktivt avfall og den nødvendige tidsrammen for sikkerhetsvurdering er generelt veldig mye kortere for farlig avfall, se diskusjon i Sneve og Strand (2016).

¹⁶ Data og figurer hentet fra: <https://www.andra.fr/international/pages/en/menu21/waste-management/waste-management-strategies/very-low-level-waste-repository-1613.html>



Figur 18: Skjematisk figur som viser deponicellene og den endelige overdekkingen av deponerte masser ved deponiet CSTFA for svært lavaktivt avfall.

Et lignende deponi for svært lavaktivt avfall driftes av det spanske avfallsbyrået for radioaktivt avfall, ENRESA, på virksomhetens område i El Cabril, sør i Spania.

8.2.4 Eksempel på landbasert deponering av avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer fra petroleumsindustrien

Radioaktivt avfall fra olje- og gassindustrien inkluderer en rekke faste og flytende avfallstyper, og forvaltningspraksis og regulering har variert betydelig. Spesielt regulatorisk gjennomgang, tilsyn, oversikt og kontroll med deponering og metoder for deponering av radioaktivt avfall fra petroleumsindustrien har generelt vært mangelfull i tidligere år (IAEA, 2003). På bakgrunn av dette gjennomførte Statens strålevern i 2010 en studie som blant annet skulle støtte regelverksutviklingen i Norge (Smith et al, 2010). Omfanget av studien var begrenset til:

- Landbasert deponering av avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer fra petroleumsindustrien, uavhengig av avfallets klassifisering, f.eks. som radioaktivt avfall, eller en annen type avfall;
- Vurdering av stråledoser som tar hensyn til en rekke faktiske og mulige disponeringsløsninger, unntatt deponering i spesialbygde oppbevaringsområder for radioaktivt avfall; og
- Å inkludere doser til medlemmer av offentligheten og til arbeidstakere som er involvert i avfallsvirksomheten, unntatt doser til arbeidstakere ansatt i petroleumsindustrien.

Blant annet resulterte studien i følgende ikke-landspesifikke konklusjoner:

- Det mest radioaktive og radiologisk betydningsfulle avfallet er avleiringer festet til rør og annet utstyr, eller løse avleiringer.
- Andre interessante avfallsstrømmer er forurenset sediment fra fartøy, sandsamlere og avløp.
- De viktigste disponeringsmetodene som er i bruk inkluderer deponering, landspredning, gjenvinning og forbrenning (oljeholdig avfall).
- I noen land varierer klassifiseringen og/eller kravene til disponeringen med typen prosess som gir opphav til avfallet.
- Ukontrollert tilgang til eller kontakt med typisk avfall fra petroleumsindustrien (avfall med en aktivitetskonsentrasjon som overstiger 0,5 Bg/g) for personer fra offentligheten, kan lett resultere i årlige doser på over 300 mikrosievert.
- Den viktigste radionukliden er Ra-226, med bidrag fra Pb-210 og Po-210.
- Deponering på en kontrollert måte i et passende plassert og utformet *landfill*, med stråleverntilsyn av arbeiderne og kontroll over sigevann og utslipp til luft, kan muligens møte aktuelle krav til strålevern. En slik vurdering kan måtte underbygges med bedre forståelse av egenskapene til avfallet fra petroleumsindustrien og en pålitelig tilnærming til å identifisere det avfallet som krever radiologisk tilsyn under håndteringen.

Den videre teksten gjelder erfaringer fra Storbritannia, og er inkludert grunnet likheten med Norge når det gjelder *off-shore*-produksjon i Nordsjøen. Den britiske strategien for forvaltning av avfall som inneholder naturlig forekommende radioaktive stoffer er gjennomgått relativt nylig, inkludert avfall fra petroleumsindustrien, og et nytt strategidokument er publisert (DECC et al, 2014). Strategien består av følgende tre sentrale temaer:

- Ha klarhet i reguleringsregimene.
- Identifisere og fjerne politiske hindringer for utviklingen av anlegg for avfallsbehandling og deponering.
- Et robust og effektivt marked krever gode data og informasjon om nåværende og fremtidige kilder til avfall.

Dagens praksis i petroleumsindustrien i Storbritannia er sagt å:

- Generere fast og flytende avfall med naturlig forekommende radioaktive stoffer, primært offshore;
- Som inkluderer 800 tonn fast avfall per år;
- Og inneholder ca. 6,4 GBq Ra-226;
- Men kan også inneholde høye konsentrasjoner av tungmetaller;
- Av dette avfallet oppstår ca. 160 tonn per år på land (fra avkalking og dekommisjoneringsarbeid), som inneholder 4 GBq Ra-226,
- Og dette avfallet deponeres i *landfills*, i noen tilfeller som aske etter forbrenning

9. Referanser

9.1 Referanser til kapittel 4

IAEA (2014). Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements Part 3. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2012). The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSG-23, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2011a). Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements, IAEA Safety Standards Series No. SSR-5, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2011b). Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. SSG-14, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2009a). Classification of Radioactive Waste. IAEA Safety Standards Series No. GSG-1. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2009b). Pre-disposal of Radioactive Waste. General Safety Requirements Part 5. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2006a). Fundamental Safety Principles, IAEA Standards Series No. SF-1, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2006b). Storage of Radioactive Waste. Safety Standards Series No. WS-G-6.1, International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2005a). Nuclear Security - Measures to Protect Against Nuclear Terrorism. Amendment to the Convention on the Physical Protection of Nuclear Material. GOV/INF/2005/10-GC(49)/INF/6. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2005b). Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance. Safety Report Series No 44. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (1997). Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. INFCIRC/546. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (1996). Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage. INFCIRC/500. International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (1995). Principles of Radioactive Waste Management, Safety Fundamentals, IAEA Safety Series No. 111-F, International Atomic Energy Agency, Vienna.

ICRP (2013) Radiological Protection in Geological Disposal of Long-Lived Solid Radioactive Waste. International Commission on Radiological Protection Publication 122. Ann. ICRP 42(3). Elsevier.

ICRP (2007). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP, Volume 37 Nos 2-4. Elsevier.

ICRP (2000). Radiation protection recommendations as applied to the disposal of long-lived solid radioactive waste, International Commission on Radiological Protection Publication 81, Annals of the ICRP, Volume 28 (4), Elsevier.

NEA (2012). Methods for Safety Assessment of Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Outcomes of the NEA MeSA Initiative, Nuclear Energy Agency, OECD, Paris. ISBN 978-92-64-99190-3.

Sneve M K and Strand P. Regulatory Supervision of Legacy Sites from Recognition to Resolution: Report of an international workshop. StrålevernRapport 2016:5. Norwegian Radiation Protection Authority Østerås: 2016.

WENRA (2014a). Report Waste and Spent Fuel Storage Safety Reference Levels. Report of Working Group on Waste and Decommissioning (WGWD) Version 2.2, Western European Nuclear Regulators' Association.

WENRA (2014b). Report on Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels. Western European Nuclear Regulators' Association.

United Nations (2005). Amendment to the Convention for the Suppression of Acts of Nuclear Terrorism Annex to General Assembly resolution 59/290 of 13 April 2005. GOV/INF/2005/10-GC(49)/INF/6.

9.2 Referanser til vedlegg 8.2.1

NEA (2008). Moving Forward with Geological Disposal of Radioactive Waste, a collective statement of the NEA Radioactive Waste Management Committee. OECD, Paris. www.oecd-nea.org/rwm/reports/2008/nea6433-statement.pdf.

Posiva (2014a). Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Performance Assessment 2012. Posiva Report 2012-04. Posiva Oy. Finland.

Posiva (2014b). Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Dose Assessment for the Plants and Animals in the Biosphere Assessment BSA-2012. Posiva Report 2012-32. Posiva Oy. Finland.

Posiva (2014c). Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto - Radionuclide Transport and Dose Assessment for Humans in the Biosphere Assessment BSA-2012. Posiva Report 2012-31. Posiva Oy. Finland.

9.3 Referanser til vedlegg 8.2.4

DECC et al (2014). Strategy for the management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) waste in the United Kingdom. Department of Energy and Climate Change, the Welsh Government and the Scottish Government.

Available at <http://www.gov.scot/Resource/0045/00455971.pdf>

IAEA (2003). Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil And Gas Industry. Safety Report Series No. 34. International Atomic Energy Agency, Vienna.

Smith G M, Jackson D J and Smith K (2010). Radiological Impact of Shore-Based Disposal of Wastes from the Oil and Gas Industry. A study carried out for the Norwegian Radiation Protection Authority by GMS Abingdon Ltd, UK.