

Tittel	: HBWR-SAR-19 Dekommisjonering for HBWR		
IFE-nr.	: HBWR-SAR-19	DOCUS-ID	:
Utgitt dato	: 29.08.2019	Antall vedlegg	: 0
Forfatter	: [REDACTED]	Klassifisering	: [REDACTED]
		Lovhjemmel	: [REDACTED]
Godkjenner av innhold	: [REDACTED]	Godkjenner/- Autoriserer	: [REDACTED]

Sikkerhetsrapport

Halden Boiling Water Reactor (HBWR)

HBWR-SAR-19

Dekommisjonering for HBWR

Endringslogg:

LGj	Endringslogg i «Kvalitetskontroll for revidering av HBWR-SAR-19 Dekommisjonering for HBWR»	29.08.2019
Revidert av	Endringer	Dato

Innhold

1	Introduksjon	6
1.1	Beskrivelse av omfang og hensikt med dekommisjoneringsprosjektet	6
1.2	Generell informasjon om konsesjonsinnehaveren (IFE)	6
1.3	Konsesjon for dekommisjonering.....	7
1.4	Usikkerhet	7
1.5	Definisjoner og forkortelser	7
2	Beskrivelse av reaktoranlegget og anleggsområdet	8
2.1	Beliggenhet og beskrivelse av reaktoranlegget	8
2.2	Beskrivelse av anlegget	8
2.2.1	Eksperimentalsystemer	10
2.2.2	Sikkerhets- og støttesystemer under dekommisjonering	10
2.3	Driftshistorikk	10
2.4	Radiologisk karakterisering av reaktoranlegget, inkludert geologisk kartlegging	11
2.5	Avhengigheter i forhold til andre anlegg ved IFE	12
3	Dekommisjoneringsstrategi	13
3.1	Beskrivelse av IFEs overordnet dekommisjoneringsstrategi.....	13
3.1.1	Mål for dekommisjoneringen	13
3.2	Valgt dekommisjoneringsstrategi for HBWR.....	13
3.3	Begrunnelse for valg av strategi	14
3.4	Forutsetninger for dekommisjonering av HBWR	14
3.4.1	Fjerning av brensel før oppstart av demontering	14
3.4.2	Transport av brensel fra reaktoranlegget	15
3.4.3	Containment.....	15
3.4.4	Ny infrastruktur	15
3.4.5	Utslippstillatelse og grenser	16
3.4.6	Dosegrenser og dosebegrensninger.....	16
3.4.7	Safeguard.....	16
4	Ledelsessystem for dekommisjonering.....	17
4.1	IFEs sikkerhetskultur og sikkerhetsledelse	17
4.2	Organisasjonsstruktur, inkludert ansvar og myndigheter.....	17
4.3	Bemanning, kompetanse (behov) og opplæring	17
4.4	Interessenter, inkludert grensesnitt med tilsynsorganet.....	18

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: XXXXXXXXXX	Side 3 av 70
-----------------	------------------	--	--------------

4.4.1	Myndigheter og regelverk	18
4.5	Dokumenter, dokumentasjon og arkivering	19
4.5.1	Database for dekommisjonering og avfallshåndtering	20
4.5.2	Operasjonsgrenser og prosedyrer.....	22
4.5.3	Dataverktøy og metoder for dekommisjoneringsplanlegging	22
4.6	Kontraktstrategi, inkludert involvering av underleverandører	23
5	Planlegging og gjennomføring av dekommisjoneringsaktiviteter.....	23
5.1	Beskrivelse av arbeidsstruktur	24
5.1.1	01 Pre-dekommisjonering aktiviteter	25
5.1.2	02 Aktiviteter i forbindelse med nedstengning av anlegget	27
5.1.3	03 Tilleggsaktiviteter for sikker tilstand eller innkapsling	28
5.1.4	04 Demonteringsaktiviteter innenfor kontrollert område.....	28
5.1.5	05 Avfallsbehandling, lagring og deponering.....	28
5.1.6	06 Anleggets infrastruktur og drift.....	29
5.1.7	07 Tradisjonell riving, demontering og opparbeiding av området.....	29
5.1.8	08 Prosjekt ledelse, engineering og støttefunksjoner.....	29
5.1.9	09 Forskning og utvikling.....	29
5.1.10	10 Brensel og nukleært materiale	30
5.1.11	11 Andre utgifter	30
5.2	Dekontaminering og demontering av radioaktive komponenter (metoder og teknikker) ...	30
5.2.1	Dekontaminering.....	30
5.2.2	Demontering av radioaktive komponenter.....	32
5.2.3	Demontering - fra HBWR-SAR-19 versjon 2018	32
5.3	Overvåkning og vedlikehold, aldriingskontroll.....	35
5.4	Konvensjonell rivning (friklasset materiale).....	36
5.5	Fremdriftsplan	36
5.5.1	Kritisk linje og konflikter.....	37
6	Avfalls- og materialhåndtering	38
6.1	Identifisering av radioaktivt avfall og radioaktive materialer	38
6.2	Avfallsklassifisering og avfallsstrømmer	40
6.2.1	Aktivitetskategorier og risikotilnærming.....	40
6.2.2	Avfallsmengder ved HBWR.....	47
6.2.3	Avfallskriterier	52
6.2.4	Kriterier for radiologisk friklassing av materiale	52
6.3	Spesialavfall – radioaktivt.....	53

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 4 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	--------------

6.4	Spesialavfall – ikke radioaktivt	53
6.5	Logistikk og avfallsruter (avfallshåndtering)	53
6.5.1	Forbehandling (Pretreatment)	56
6.5.2	Behandling/ Håndtering (Treatment).....	56
6.5.3	Kondisjonering (Conditioning).....	56
6.5.4	Bufferlager HBWR (Interim Storage).....	56
6.5.5	Mellomlager og sentralt avfallshånderingsanlegg.....	57
6.5.6	Deponi	57
6.5.7	Dokumentasjon	57
6.6	Transport	57
6.7	Radioaktivitetsmengder	58
6.8	Brensel.....	58
7	Finansiering	59
7.1	Tilgang til økonomiske ressurser, inkludert kostnadsestimater	59
7.1.1	Kostnadsestimat	59
7.1.2	ISDC Struktur	59
7.1.3	Nivå 1 Hovedaktivitetene (Level 1 Principal activities)	59
7.1.4	Nivå 2 Aktivitetsgruppe (Level 2 Activity Group)	59
7.1.5	Nivå 3 Typisk aktivitet (Level 3 Typical activity)	60
7.1.6	Kostnadskategorier (Cost categories)	60
7.2	Anleggets kostnadsestimat for dekommisjonering (HBWR med tilhørende anlegg)	60
7.3	Tildeling av finansielle ressurser	61
7.4	Revidering og oppdatering av finansielle ressurser	61
8	Strålevern	62
9	Sikkerhetsanalyse (Safety Assessments).....	62
9.1	Rammeverk for sikkerhetsvurdering, inkludert sikkerhetskrav og sikkerhetskriterier	62
9.2	Metodikk for sikkerhetsvurderinger	63
9.3	Identifisering av farer, igangsetting av tiltak og identifisere scenarier for analyse for normale og unormale situasjoner	63
9.4	Uhellsanalyse (Hazard analysis)	63
9.5	Resultat fra sikkerhetsvurderingen	63
9.6	Implementering av resultatene fra sikkerhetsvurderingen, herunder fastsetting av grense og vilkår for dekommisjoneringsaktiviteter	63
9.7	Overvåkning og vedlikehold av sikkerhetstiltak.....	63
10	Miljøkonsekvensanalyse.....	64

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 5 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	--------------

11	Beredskapsordninger	64
12	Fysisk sikring og regnskapsføring for og kontroll av nukleært materiale.....	64
12.1	Program og tiltak for regnskapsføring og kontroll av nukleært materiale	64
13	Utarbeiding av endelig dekommisjoneringsplan.....	64
14	Friklassing av anleggsområdet	64
15	Referanseliste.....	65
16	Figurliste.....	68
17	Figurer	69

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 6 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	--------------

1 Introduksjon

IFEs styre besluttet på styremøtet 27. juni 2018 at Haldenreaktoren ikke skal kjøre opp igjen etter at reaktoren ble kjørt ned for rutinemessig vedlikehold 23. februar 2018. Styret besluttet også at arbeidet med å dekommisjonere anlegget skulle påbegynnes. Reaktoren har derfor vært underkritisk siden 23. februar 2018 og reaktoren opereres nå i nedkjørt tilstand på 70–80°C med vannfylt primærkrets og brensel i reaktortanken.

Norsk nukleær dekommisjonering (NND) ble opprettet 01.01.2018, og har som oppgave å lede arbeidet med dekommisjonering av de nukleære anleggene i Norge. Konesjonen for HBWR vil sammen med driftsorganisasjonen overføres til NND innenfor en antatt tidsperiode på 1-5 år. Dette er et omforent mål mellom NND og IFE. Det forutsettes da at NND har tilstrekkelig kompetanse til å kunne oppfylle alle konsesjonskrav. Siden tidspunkt for overføring ikke er fastsatt vil IFE søke om fornyet konsesjon for å eie og drifte HBWR. NND vil inneha ansvaret for å planlegge dekommisjoneringen av HBWR og dermed ansvaret for utarbeidelse av «Final Plan» samt søknad om konsesjon for dekommisjonering. Valgte strategier og forutsetninger presentert i dette dokumentet kan bli endret i prosessen med utarbeidelse av «Final Plan».

Nærings- og Fiskeridepartementet (NFD) ga IFE høsten 2018 i oppdrag og lede arbeidet med KVVU-trinn 2 for IFEs nukleære anlegg i Halden og på Kjeller. Prosessen bygger på datagrunnlaget utarbeidet i KVVU-trinn 1 og er ytterligere detaljert i KVVU-trinn 2. KVVU-trinn 2 benyttes som datagrunnlag ved utarbeidelse av HBWR-SAR-19, og det vil bli henvist til relevante deler der det er naturlig. De mest sentrale parameterne som er hentet fra KVVU-trinn 2 er avfallsmengder, tidsestimat, kostnader og usikkerhetsanalyse.

1.1 Beskrivelse av omfang og hensikt med dekommisjoneringsprosjektet

HBWR planlegger mot friklassing av reaktor-anlegget etter ferdigstilt dekommisjonering. Dette innebærer at anlegget og områder blir friklasset utenfor regulatorisk kontroll, dvs. at konsesjonsplikten opphører.

Hensikten med dekommisjoneringsprosjektet er sikker og kostnadseffektiv nedbygging av HBWR uten skader på mennesker og miljø.

Dekommisjoneringsplanen for IFEs nukleære anlegg i Halden er oppdatert pr. 2019. Planen omfatter:

- Haldenreaktoren (HBWR – Halden Boiling Water Reactor) med lagre for brukt brensel på industriområdet i Tistedalsgata.

Utarbeidelse av dekommisjoneringsplanen for HBWR følger IAEAs standard for dekommisjonering av forsøksreaktorer[1] [2].

1.2 Generell informasjon om konsesjonsinnehaveren (IFE)

Anleggseier og konsesjonsinnehaver for Halden Boiling Water Reactor (HBWR) er:

Institutt for Energiteknikk (IFE),
Besøksadresse: Tistedalsgata 20, 1772 Halden,
Postadresse: Postboks 40, 2027 Kjeller
Telefon: +47 69 21 22 00

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 7 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	--------------

1.3 Konesjon for dekommisjonering

IFE søker i 2019 DSA om ny konsesjon for å eie og drifte reaktoranlegget ved HBWR. Fornytt konsesjon søkes for 10 år, fra og med 1.januar 2021 til og med 31.desember 2030.

Denne utgaven av HBWR-SAR-19 er revidert etter ny mal for utarbeidelse av dekommisjoneringsplaner. Dette er en «ongoing» plan som ikke er tilstrekkelig for at dekommisjonering kan påbegynnes og det må derfor settes inn mye ressurser fra både IFE og NND framover for å utvikle en fullverdig dekommisjoneringsplan, også benevnt «Final Plan». «Final Plan» er et av de viktigste dokumentene ifm. søknad om konsesjon for dekommisjonering.

Arbeidet med å utarbeide «Final Plan» og søknad om konsesjon for dekommisjonering vil bli ledet av NND.

1.4 Usikkerhet

Gjennom dette dokumentet er det gjort en rekke antagelser og overslag som baserer seg på best tilgjengelig kunnskap om dekommisjoneringen. Ved revidering av dekommisjoneringsplanene vil disse bli oppdatert i forhold til økt kunnskap.

Det er usikkerhet relatert til sluttlagring av brukt brensel, deponering av radioaktivt avfall og friklassing av materiale, bygninger og områder [3] [4].

Brukt brensel lagres i dag ved reaktoranlegget, og må fjernes fra reaktorhallen før dekommisjonering i denne kan påbegynnes. Videre må brenselet fjernes fra reaktoranlegget før dekommisjonering av lagerbygningene kan starte. Det er pr. 2019 ingen endelig avklaring på sluttløsning for brukt brensel fra IFE. Denne usikkerheten gir størst utslag på framdriftsplanen.

Det radioaktive avfallet i Norge deponeres pr. 2019 i KLDRA (Himdalen). Analyser viser at det er ikke tilstrekkelig plass ved KLDRA til deponering av alt radioaktivt avfall fra HBWR. Denne usikkerheten kan påvirke framdriften og dermed kostnaden i prosjektet.

Friklasing av store mengder materialer, bygninger, jordmasser og områder har pr. 2019 ikke vært gjennomført i Norge i det omfanget et dekommisjoneringsprosjekt krever. IFE må etablere en prosess for friklasing av store mengder materiale. Det er knyttet usikkerhet til omfanget av denne prosessen, noe som kan gi økt tidsbruk og økte kostnader.

I forhold til gjennomføring av dekommisjonering er det inkludert lite forsinkelser. Dette kan være både uavklarte hendelser som må utredes/avklares før arbeidet kan fortsette og forsinkelser i søknadsprosesser/godkjenninger i forhold til myndigheter. Disse forholdene gir usikkerhet i både kostnader og tidsbruk.

1.5 Definisjoner og forkortelser

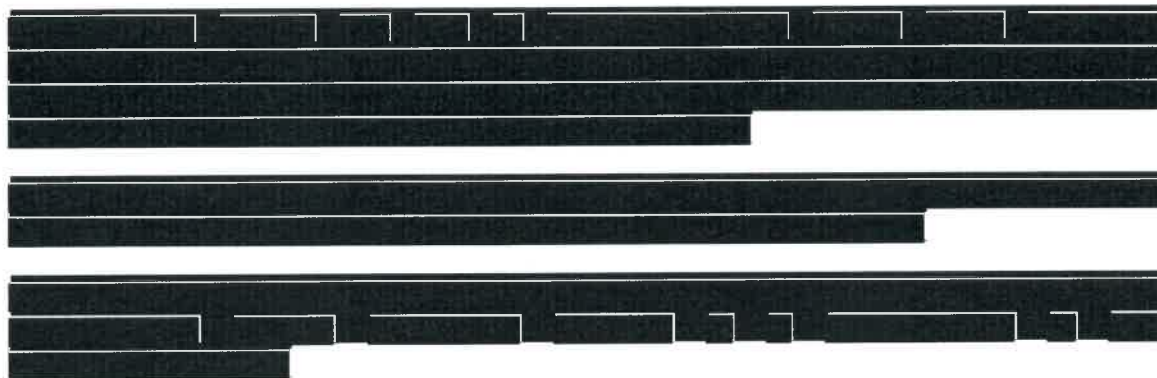
En liste over alle definisjoner og forkortelser som er brukt i rapporten, og som krever en forklaring, er under utarbeidelse. Denne blir basert på IAEA's Safety Glossary [5].

2 Beskrivelse av reaktoranlegget og anleggsområdet

2.1 Beliggenhet og beskrivelse av reaktoranlegget

Reaktoranlegget ble bygget i siste halvdel av 1950-tallet og ligger i Halden, Østfold, en kystby i Sørøst-Norge like ved Svenskegrensa. HBWR er plassert i et fjellmassiv, 2 km øst for byen, på den nordre bredden av elven Tista. Halden by ligger på bredden av Iddefjorden, en fjordarm til Oslofjorden, og byen ligger i hovedsak mellom reaktorområdet og fjorden. Ytterligere beskrivelse av plassering av reaktoranlegget og områdene omkring er gitt i HBWR-SAR-3.

Reaktoren ligger i en fjellhall, med en fjelloverdekning på 30 til 50 meter. Ved håndtering av fissilt materiale i reaktorhallen er slusedørene lukket. Volumet innenfor slusedørene er 4500 m³. Reaktorhallen er 30 m lang, 10 m bred og har en total høyde på 26 m hvorav 11,5 m er over gulvet i hallen. Reaktorhallen inneholder også brenselsbrønner for lagring av brukt brensel.



Utenfor reaktorhallen, men innenfor anleggsområdet, ligger tre bygningskomplekser på henholdsvis 1175 m² (1), 2366 m² (2) og 444m² (3) grunnflate (HBWR-SAR-6 vedlegg 1).



2. Resepsjon, kontorer, reaktorens kontrollrom, elektrisitetsforsyning og fordeling, verksteder, laboratorium, vaskeri og reservestrøms aggregater (hovedbygning).
3. Kjemilaboratorium og kontorer (tårnbygget).

Driften av anlegget gir utslipp av radioaktivitet til luft og vann. Alle utslipp overvåkes for radioaktivitet. Utslippene ligger innenfor de rammer som er satt i IFEs utslippstillatelse [6].

Anleggsområdet for HBWR er vist i **Figur 1**.

2.2 Beskrivelse av anlegget

Haldenreaktoren er en tungtvannsmoderert og -kjølt kokereaktor som opererte opp mot 25 MW termisk effekt med driftstemperatur på 240 °C et driftstrykk på 34 bar. Energien som ble produsert ble levert via varmevekslere som vanddamp gjennom rør til Saugbrugsforeningen som nyttet den i sin papirproduksjon.

Tabell 1: Beskrivelse av de ulike delene av reaktoranlegget kan finnes i angitte SAR'er.

Anleggsdeler	Beskrivelse	SAR
Reaktor og Varmeoverføringskretser	Forenklet beskrivelse av reaktoren med varmeoverføringskretser.	HBWR-SAR-1
	Utførlig beskrivelse av reaktoranleggets varmeoverføringskretser	HBWR-SAR-6
Biologisk skjerm	Skjermkretsen omkring reaktortanken og betongstrukturen rundt denne.	HBWR-SAR-4
Reaktorbygning	Reaktorbygningen med hjelpesystemer, samt kraner og løfteutstyr i reaktorhallen.	HBWR-SAR-4
Ventilasjonssystem		HBWR-SAR-4
Serviceområder og støttesystemer	Bygninger utenom reaktorhallen og Olavshallen samt støttesystemer for hele HBWR slik som: <ul style="list-style-type: none"> - Trykkluftsystemet - Strømforsyning - Avløpssystem - Instrumentering og kontrollsystem 	HBWR-SAR-4 HBWR-SAR-8 HBWR-SAR-9 HBWR-SAR-10
Sikkerhets- og sikkerhetsrelaterte systemer		HBWR-SAR-7
Brenselagre	Beskrivelse av tørrlager og våtlager for oppbevaring av brukt brensel.	HBWR-SAR-10
Stråleverns-instrumentering	Beskrivelse av instrumentering for strålevernkontroll og -overvåking.	HBWR-SAR-12

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 10 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

2.2.1 Eksperimentalsystemer

Eksperimentalsystemene som er benyttet inkluderer blant annet:

- Trykkflasker
- Eksperimentalkretser (looper)
- Reguleringsystem for gasstrømning gjennom brenselstav (FRGFCS)
- Helium-3 flukskontrollsystem (H3FCS)
- System for ultrahøy gasstrykksetting (UHGPS)
- H₂O hydraulisk drivsystem for brenselstav (FRHDS)
- H₂O hydraulisk drivsystem for diametermåler (DGDS)
- Gasstrømningssystem for materialrigg (MRGFS)
- System for opptrykking av in-core kontakter (ICPS)
- Gassforsyning til reaktor og eksperimentsystemer

Samtlige systemer er beskrevet i HBWR-SAR-11.

2.2.2 Sikkerhets- og støttesystemer under dekommisjonering

Under dekommisjonering vil mange av støttesystemene være som i dag. En viktig faktor vil være vedlikehold av systemene og vurdering av oppgradering i forhold til kapasitetsbehov ved dekommisjonering.

Vedlikeholdsprogrammet (HBWR-SAR-13) som er etablert ved Haldenreaktoren, vil være førende i en dekommisjoneringsprosess. Det innebærer at alt arbeid blir utført i henhold til og dokumentert i et allerede etablert system. Vedlikeholdsprogrammet må revideres jevnlig for å tilfredsstille de behovene som til enhver tid er tilstede.

Det vil bli gjennomført en analyse av sikkerhetssystemer og støttesystemer det er behov for under de ulike fasene av dekommisjoneringsarbeidet. Det forventes et behov for ombygging av noen systemer knyttet til endrede behov under dekommisjonering.

2.3 Driftshistorikk

En oppsummert historisk oversikt fra Haldenprosjektet og drift av HBWR er gitt i HBWR-SAR-1.

En oversikt over hendelser relatert til aldring og øvrig drift av HBWR som er spesielt rapportert til DSA er gitt i HBWR-SAR-1 vedlegg 2. En historisk kartlegging over alle hendelser er utarbeidet, denne inkluderer også dokumentasjon av historisk kunnskap fra tidligere ansatte. Hovedmomentene er:

- gjennomgått ca. 200 loggbøker (Ca. 50.000 sider), hvor alle hendelser av interesse er notert og vurdert før de utvalgte er ført inn i databasen
- 12 pensjonister er intervjuet i forhold til hendelser i den tid de var ansatt ved HBWR. Samtalene er vurdert og informasjonen inkludert i databasen.
- 4 fast ansatte med lang ansettelsestid ved HBWR er intervjuet i forhold til hendelser i den tid de har vært ansatt. Samtalene er vurdert og informasjonen inkludert i databasen.
- det er dokumentert 683 hendelser som er vurdert, sortert og lagret i en database
- det utelukkes ikke at flere hendelser enn det som framkommer i databasen har forekommet

Den historiske kartleggingen antyder at det med stor sannsynlighet vil kunne finnes spor av kontaminering og aktivitet på enkelte ikke-kontrollerte områder på reaktoranlegget.

2.4 Radiologisk karakterisering av reaktor-anlegget, inkludert geologisk kartlegging

Radiologisk kartlegging vil pågå i alle faser av et dekommisjoneringsprosjekt. Formål, omfang og detaljeringsgrad vil imidlertid være ulik for de forskjellige fasene.

I pre-dekommisjoneringsfasen, dvs. overgangsfasen mellom drift og dekommisjonering, gjennomføres en systematisk kartlegging av radioaktivitet og ikke-radioaktive farer for alle SSC ved reaktor-anlegget, støtte- og bygningsstrukturer, anleggsområdet med grunnforhold samt relevante nærområder utenfor anlegget. Radioaktivt materiale kan være:

- nøytronindusert aktivitet i komponenter og strukturer
- overflatekontaminering på komponenter, systemer og bygningsoverflater
- radioaktivitet i væsker og annet materiale

Informasjonen fra kartleggingen er vesentlig ifm. utarbeidelse av dekommisjoneringsplan, herunder bl.a. sikkerhetsanalyser, risikovurderinger og miljøkonsekvensanalyse, samt strategi for avfallshåndtering.

Under demonteringsfasen (fase 2 og deler av fase 3) vil karakterisering være en integrert del i all planlegging og gjennomføring av demonteringsaktiviteter. Karakteriseringen inngår bl.a. i alle dose- og sikkerhetsvurderinger, ulike trinn i avfallshåndteringen og ved friklassifisering av materialer og bygninger.

I sluttfasen av dekommisjoneringsprosjektet gjennomføres en avsluttende radiologisk karakterisering for å verifisere at gjenstående bygningsstrukturer og anleggsområder er friklasset slik at regulatorisk kontroll av anlegget kan opphøre.

Kompleksiteten og omfanget av radiologisk kartlegging er som vist ovenfor stor. Som et resultat av dette er det anbefalt å utvikle en strategi for radiologisk kartlegging, på lik linje med dekommisjoneringsstrategi og avfallshåndteringsstrategi [7] [8]. En slik strategi har til hensikt å sikre et optimalt karakteriseringsprogram både mht. effektivitet (riktig antall målinger og/eller beregninger samt bruk av riktig metodikk ved riktig sted/posisjon og til riktig tid), kostnad, kvalitet i dataene samt ivaretagelse av sikkerhet til personell og omgivelser. DQO-prosessen («Data Quality Objectives») vil bli lagt til grunn som en del av strategien. Strategien vil også identifisere behovet for etablering av nye metoder, som f.eks. bestemmelse av «difficult to measure» nuklider både analytisk og vha. nuklidevektorer.

Arbeidet med å utvikle overordnet strategi for radiologisk karakterisering vil gjennomføres i samarbeid med NND og trolig ved bruk av konsulenter. Kartlegging av ikke-radioaktive stoffer og farer (se kap. 6.2 og 6.3), miljøkartlegging og etablering av radiologisk bakgrunnsnivå (også benevnt «baseline») vil også inngå i den overordnede strategien.

Eksisterende informasjonskilder som vil benyttes ved etablering av ny strategi kan være:

- Historiske data og informasjon samt resultater fra Prosjekt «Historisk Plan».
- Driftsdata, beregninger og eksisterende måledata
- Risikokategorisering av avfall, se kap. 6
- Generell anleggskunnskap
- Internasjonal erfaring mht. radiologisk karakterisering og avfallshåndtering

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 12 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

Relevante veileder ved utforming av strategien kan være [7] [8] [9]. I tillegg vil SKBs beskrivelse av friklassing og demontering av nukleære anlegg [10] være relevant bl.a. pga. sin bruk av risikokategorisering og knytning mot omfang av karakterisering.

2.5 Avhengigheter i forhold til andre anlegg ved IFE

HBWR er i dekommisjoneringsarbeidet avhengig av samarbeid med Radavfall på Kjeller og KLDRA i Himdalen. Dette er anlegg ved IFE som håndterer radioaktivt avfall for sluttdeponering i Norge. Det forventes at konsesjon for drift av KLDRA overdras til NND i løpet av pre-dekommisjoneringsfasen.

Utfordringen med avhengighet ligger også internt der brenselagrene i FBB kan være begrensende med hensyn på utlasting av brensel fra reaktortanken og brenselagrene i reaktorhallen.

Lagring av brensel og transport av brensel bort fra anlegget er beskrevet i kap. 3.4.2 og 3.4.4.2.

3 Dekommisjoneringsstrategi

3.1 Beskrivelse av IFEs overordnet dekommisjoneringsstrategi

Fram til Norsk Nukleær Dekommisjering (NND) ble etablert i 2018, fulgte IFEs nukleære anlegg en overordnet strategi for dekommisjering som anbefalt i KVVU-trinn 1 2015 [11]. For å hensynta etableringen av NND og deres arbeid på dette området er det enkelte forhold som ikke er vurdert i denne rapporten eller kun omtalt overordnet. NND er en statlig etat, underlagt Nærings- og fiskeridepartementet. «NND leder arbeidet med en styrt avvikling (dekommisjering) av norske atomanlegg, og bidrar til en sikker håndtering av alt nukleært avfall – til det beste for fremtidige generasjoner» [12].

NND har startet arbeidet med å lage en nasjonal avfallshåndteringsstrategi for nukleært avfall

3.1.1 Mål for dekommisjeringen

Hovedmålet med dekommisjering av de nukleære anlegga ved IFE er sikker og kostnadseffektiv nedbygging uten skader på mennesker og miljø. Gjennom god og systematisk planlegging og gjennomføring av dekommisjoneringsarbeidet reduseres nukleær risiko ved at brensel og radioaktivt avfall fjernes fra systemer, bygninger og områder. Målet er at anlegget og områder blir friklasset og utenfor regulatorisk kontroll, dvs. at konsesjonsplikten opphører. «Final plan» vil tydeliggjøre beslutningen knyttet til valgt slutttilstand for dekommisjeringen. Valgt slutttilstand er «begrenset bruk» eller «ubegrenset bruk». Tiltaksalternativene beskrives som følger:

- Begrenset bruk – utenfor regulatorisk kontroll, men uten mulighet for å oppholde seg på området 24/7. Området kan reguleres til industri-, men ikke boligområde/barnehage.
- Ubegrenset bruk – utenfor regulatorisk kontroll og ingen restriksjoner på bruk av området.

Anleggenes tilstand og kriterier for friklassing av bygninger og områder har stor betydning for hvilke tiltak som gjennomføres i de to tiltaksalternativene. Fremtidig bruk vil også påvirke den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av de ulike tiltaksalternativene. Ettersom de to alternativene i stor grad er sammenfallende både for planleggingsfasen og den nukleære demonteringen, anbefaler KVVU-trinn 2 [3] at det gjennomføres en ny vurdering av de to tiltaksalternativene når mer informasjon om anleggets tilstand, kriterier for friklassing og fremtidig bruk av anleggene foreligger.

3.2 Valgt dekommisjoneringsstrategi for HBWR

Ytterpunktene i forhold til dekommisjoneringsstrategi er:

- Umiddelbar dekommisjering med fjerning av alt radioaktivt materiale og friklassing av området.
- Deponering av radioaktivt materiale på reaktoranlegget og innkapsling av dette, med restriksjoner på området.

Dekommisjoneringsstrategien er umiddelbar dekommisjering. Dette er i tråd med IAEAs anbefalinger og er bl.a. basert på behovet for klargjøring av dekommisjeringplaner samt nasjonalt regelverk knyttet til dekommisjering.

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: [REDACTED]	Side 14 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

Avfallsstrategien anbefalt i KVU-trinn 2 [3] er å minimere og sortere avfallet i størst mulig grad. Minst mulig avfall skal gå til lavt- og mellomaktivt deponi og friklassing ved bruk av anerkjente metoder skal i størst mulig utstrekning benyttes.

En forutsetning for demontering i reaktorhallen er at brenselet er ute av reaktorhallen og lagret på en trygg måte. Hvor lenge det brukte brenselet vil være på anlegget påvirker fremdriften og hensyntas i videre planlegging. Foreløpig demonteringsstrategi er at kretser og systemer som ikke er berørt av radioaktivitet, ikke er lokalisert i reaktorhallen og som ikke er nødvendige driftssystemer under dekommisjonering, demonteres først. Start av demontering i FBB og Met.Lab. forutsetter at brensel er fjernet fra anlegget. Denne demonteringsstrategien planlegges verifisert vha. analyser som bl.a. innbefatter ALARA-prinsippet, konvensjonell risiko, vurdering av ulike tekniske løsninger, avfallsmengder og generering av sekundært avfall samt økonomiske vurderinger.

3.3 Begrunnelse for valg av strategi

Valget om umiddelbar dekommisjonering er basert på IAEAs anbefalinger og behovet for å bevare kunnskap om anlegget for å ivareta sikkerheten under dekommisjonering. Ønsket om å beholde de ansatte som besitter detaljkunnskapen om anlegget følger av behovet for bevaring av kompetanse.

Beslutning om strategi for avfallshåndtering vil, i tillegg til anbefalinger i KVU-trinn 2, basere seg på en detaljert analyse av avfallsmengder og avfallskategorier. Resultat fra pågående prosjekt «Logistikk – dekommisjoneringsavfall og brukt brensel» [13] inngår i beslutningsgrunnlaget for valg av avfallshåndteringsstrategi.

Foreløpig demonteringsstrategi baserer seg bl.a. på behovet for frigjøring av plass til ny infrastruktur for avfallshåndtering. IFE vil basert på ny kunnskap, revidere og detaljere samt verifisere ny demonteringsstrategi. «Final Plan» vil gi en detaljert beskrivelse av valgt demonteringsstrategi.

3.4 Forutsetninger for dekommisjonering av HBWR

Forutsetningene for dekommisjonering framsatt nedenfor er i hovedtrekk hentet fra HBWR-SAR-19 utgitt i 2018. Den versjonen av HBWR-SAR-19 var en «on-going» plan for en reaktor på nukleær drift. Pr. 2019 er HBWR i en permanent nedkjørt tilstand og i en overgangsfase til dekommisjonering. Det vil i denne pre-dekommisjoneringsfasen være behov for gjennomgang av forutsetningene som legges til grunn for dekommisjonering. Dette vil særlig avhenge av valg av sluttlagring for brensel, deponeringsalternativer for av avfall og valg av avfallsstrategier i forhold graden av dekontaminering og friklassing av materialer.

Det er valgt å beholde forutsetningene framsatt i forrige revisjon av HBWR-SAR-19 2018 og revidere disse når det foreligger avklaring på overnevnte spørsmål.

3.4.1 Fjerning av brensel før oppstart av demontering

[REDACTED]

3.4.2 Transport av brensel fra reaktoranlegget

Rapporten er basert på at alt brukt brensel ved reaktoranlegget skal transporteres til et nasjonalt mellomlager. Inntil nasjonalt mellomlager er ferdigstilt vil alt brensel mellomlagres på anleggsområdet. Dekommisjoneringsplanen er basert på at denne mellomlagringen er nødvendig i fase 1 og deler av fase 2 av dekommisjoneringsperioden.

Oksydbrensel er forutsatt transportert til nasjonalt mellomlager, mens 1-ladningsbrenselet (metallisk uran) forutsettes repressert (kapittel 3.4.4.2).

Transportene vil følge instituttets, IAEAs og nasjonale retningslinjer for transporter [14][15][16]. Transportene har radioaktivitetsbegrensninger, og hver transport må vurderes separat.

3.4.3 Containment

Containment bevares intakt og vedlikeholdes for å redusere utslipp. Endringer i containment for å forenkle dekommisjoneringsoppgavene sikkerhetsvurderes og søkes DSA ved behov.

3.4.4 Ny infrastruktur

Infrastruktur spesielt tilpasset alle faser i dekommisjoneringsarbeidet er en avgjørende faktor for å kunne gjennomføre dekommisjeringen i tråd med ALARA prinsippet. Dette inkluderer bl.a. arbeidsforhold, renhold, doser til personell, kontaminering og tidsbruk.

3.4.4.1 Verksteder

Prosjekt «Logistikk-dekommisjoneringsavfall og brensel» [13] har som delmål å identifisere hvilke funksjoner som trengs for å gjennomføre valgt avfallsstrategi. Basert på identifiserte avfallshåndteringsfunksjoner gjennomføres en behovsanalyse etterfulgt av detaljert design for ny infrastruktur. Prosessen sikrer etablering av verksteder og ny infrastruktur tilpasset omfanget av dekommisjoneringsprosjektet.

3.4.4.2 Brenselslagre

[REDACTED]

[REDACTED]

Det metalliske uranet er anbefalt å sende til repressering [11] [17]. For UO₂-brenselet er det ikke konkludert om dette skal represseres eller transporteres til et nasjonalt mellomlager. For dette brenselet finnes følgende alternativ:

- Mellomlagring før deponering
- Sending direkte til represseringsanlegg
- Behandling før videresending til repressering
 - ved HBWR
 - på Kjeller
 - i Studsvik

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: [REDACTED]	Side 16 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

Evaluering av disse alternativene er i arbeid. Når det konkluderes vil dekommisjoneringsplanen oppdateres i forhold til dette.

Alt brensel må flyttes ut av reaktorhallen (reakortank og brenselslagre) før dekommisjonering i reaktorhallen kan påbegynnes.

3.4.5 Utslippstillatelse og grenser

Gjeldende utslippstillatelse bygger på en begrensning av effektiv dose til personer i en hypotetisk gruppe mennesker med en antatt levemåte som vil gi de høyeste doser fra utslippet, i det videre kalt utsatt gruppe. IFE tar som utgangspunkt at utslippskriteriene til luft og vann vil bli videreført fra den nå gjeldende utslippstillatelsen ved en dekommisjonering av reaktoranlegget. Utslipp til luft og vann vil bli fulgt opp i henhold til eksisterende prosedyrer.

3.4.6 Dosegrenser og dosebegrensninger

IFE tar som utgangspunkt at dosegrensene til personell som gjennomfører demontering av anlegget er lik dosegrensene for yrkeseksponerte som arbeider ved reaktoranlegget i dag. Dvs. inntil 50 mSv pr år, men ikke over 100 mSv på 5 år for vedlikeholdspersonell, og 20 mSv/år for øvrig personell, se HBWR-SAR-12 avsnitt 2.1.2.

ALARA-prinsippet (kapittel 8) vil bli brukt i all planlegging og gjennomføring av rivningsarbeid. I forkant av rivningsarbeidet vil det bli utarbeidet planer som innbefatter forventede personelldoser, og den dosen den enkelte ansatte vil motta vil bli fulgt opp og registrert i henhold til prosedyrer i instituttets strålevernsprogram. Revidering av intern dosebegrensning, se HBWR-SAR-12 avsnitt 2.1.2, vil bli vurdert på jevnlig basis.

3.4.7 Safeguard

Brensel vil bli håndtert iht. gjeldende rutiner (HBWR-SAR-13). Sikkerhetskontrollen for lagring av brensel vil bli utført etter samme standard som gjeldende system før nedlegging av reaktoren. Brenselet vil bli værende og pakket i kurver på reaktoranlegget inntil videre transport til nasjonalt mellomlager.

Tungtvannet vil bli håndtert iht. gjeldende rutiner. Sikkerhetskontrollen for tungtvann vil bli utført etter samme standard som gjeldende system før nedlegging av reaktoren (HBWR-SAR-13).

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 17 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

4 Ledelsessystem for dekommisjonering

I Requirement 7 i GSR Part 6 [18] står det at:

“The licensee shall ensure that its integrated management system covers all aspects of decommissioning.”

Dette ivaretas av IFEs ledelsessystem og det vil være viktig fremover at det implementeres ett system som ivaretar både nukleær sikkerhet, strålevern, HMS, sikring, miljø, kvalitet og økonomi, samt at fokus på de sikkerhetskritiske momentene ivaretas [1].

Ledelsessystem er beskrevet i HBWR-SAR-18. Ved overdragelse av IFEs anlegg til NND planlegges det for en smidig overføring av prosedyre- og rutinenivå til NND.

De viktigste gjeldende, relevante lover og forskrifter for dekommisjonering av atomanlegg er oppsummert i kap 4.4.1.

4.1 IFEs sikkerhetskultur og sikkerhetsledelse

Ledelsessystemet ved IFE og HBWR er beskrevet i HBWR-SAR-18 og sikkerhetsledelse og sikkerhetskultur er beskrevet i AV-026 [19].

Generelt skal hver enkelt medarbeider utføre egne oppgaver i henhold til fastsatte sikkerhetskrav og rutiner innenfor sitt ansvarsområde. Dette innebærer at den enkelte medarbeider også skal engasjere seg og involvere seg i Instituttets sikkerhetsarbeid.

Alle medarbeidere har rett og plikt til å fremføre begrunnede synspunkter til sin leder om sikkerhetsmessige forhold. Dette skal oppmuntres og ikke på noen måte medføre negative konsekvenser for den enkelte.

4.2 Organisasjonsstruktur, inkludert ansvar og myndigheter

Nåværende organisasjonsstruktur er beskrevet i HBWR-SAR-18 og ansvar for sikkerhetsroller er gitt i HBWR-SAR-13 vedlegg 1.

IFE er i en fase med omstilling fra drift til dekommisjonering samtidig som organisasjonsdesign skal tilpasses en smidig overføring til NND. IFE vil omorganisere den nukleære virksomheten for å beholde en robust og kompetent stab til å løse framtidige arbeidsoppgaver på en sikker måte. Ved overdragelse av IFEs anlegg til NND vil organisasjonsstrukturen endres påny. Styrende dokumenter vil bli oppdatert når ny organisasjonsdesign er godkjent og klar for implementering.

IFEs personell innehar en unik kompetanse om systemer og komponenter ved HBWR i tillegg til lang erfaring med arbeid i radioaktive omgivelser og med radioaktive komponenter. For å sikre en trygg arbeidsprosess i forhold til dekommisjoneringsarbeidet vil det være en forutsetning å videreføre kompetanse om driften av reaktor-anlegget.

4.3 Bemanning, kompetanse (behov) og opplæring

Det vil under dekommisjoneringsarbeidet være viktig å utnytte den kompetansen og personellet som er tilgjengelig i forhold til de arbeidsoppgavene som til enhver tid skal løses. Utfordringene vil blant

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 18 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

annet være knyttet til personell doser der ALARA-prinsippet vil benyttes. For en optimal planlegging og effektiv gjennomføring av de ulike oppgavene er det viktig med god kjennskap til anlegget.

Det er gjennomført en kompetansekartlegging [20] der eksisterende kompetanse hos personell ved reaktoranlegget og tilhørende avdelinger på IFE er vurdert i forhold til kompetansebehov. Dette er et viktig ledd i arbeidet med å identifisere hvilke fagområder det er behov for opparbeiding av kompetanse, enten som kompetanseheving hos eksisterende personell eller rekruttering. Ytterligere analyser av kompetanse vil gjennomføres, og resultatene av dette vil inkluderes når de foreligger.

Dekommisjoneringsplanen er basert på at personellet som benyttes er det personellet som arbeider ved reaktoranlegget da anlegget ble besluttet nedlagt. Dette gjelder særlig vedlikeholdspersonell inkludert personell for brenselshåndtering, operasjonspersonell, kjemikere og strålevernspersonell. Ledelsen for dekommisjoneringsarbeidet bør være personell med relevant erfaring.

Bemanning i kontrollrom for overvåking av reaktoranlegget og brenselagrene er forutsatt å være på samme nivå som ved en normal nedkjørt reaktor. Det betyr en skiftsyklus basert på en 6-skiftplan, med to mann på skift for å drifte nødvendige systemer inntil brensel og tungtvann er fjernet fra reaktorhallen. Deretter reduseres bemanningen til en skiftplan med dagvakt og hjemmevakt for oppfølging av systemer for sikring av brenselagrene så lenge det er brensel ved anlegget.

Bevaring av kompetanse vil gjennom hele dekommisjoneringsfasen være av betydning for dekommisjoneringsaktivitetene. God kjennskap til både anlegget og historiske hendelser er viktig gjennom en slik prosess for å redusere risiko for nye hendelser, optimalisere tidsbruk og dermed oppnå økt effektivisering.

Det er et pågående samarbeid mellom IFE og NND knyttet til opplæring og kompetansebygging for ivaretagelse av sikker drift og pre-dekommisjoneringsoppgaver.

4.4 Interessenter, inkludert grensesnitt med tilsynsorganet

Interessentanalyse for HBWR er gjennomført og beskrevet i ROE's gule bok [21]. Endringen fra nukleær drift til dekommisjonering vil gi endringer i forhold til interessenter. Dette vil være særlig tydelig i forhold til avfall og transport, da mengden avfall som må deponeres vil øke betraktelig sammen med transport ut fra reaktoranlegget.

Interessentbeskrivelsen må oppdateres i forhold til endringene ved permanent nedkjørt reaktor. I denne prosessen kan det være aktuelt å involvere enkelte interessenter.

4.4.1 Myndigheter og regelverk

Nedenfor er de mest sentrale myndigheter i forhold til nukleær virksomhet oppsummert sammen med gjeldende, relevante lover og forskrifter vedrørende strålevern, miljø, industri og lokale reguleringer. Det vil for HBWR være vesentlig gjennom hele dekommisjoneringsperioden å være oppdatert på disse i forhold til endringer som kan påvirke dekommisjoneringsarbeidet.

Ifølge Atomenergiloven [22] er det Kongen i statsråd (**regjeringen**), som gir godkjenning til å bygge, eie, drive og dekommisjonere nukleære anlegg.

Klima- og miljødepartementet har hovedansvaret for utarbeidelse av regelverk knyttet til miljømessig radioaktiv kontaminering ifølge Forurensningsloven [23] og Forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall [24].

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 19 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

Forsvarsdepartementet har ansvar for Sikkerhetsloven [25] og Forskrift om fysisk beskyttelse av nukleært materiale og nukleære anlegg [26].

Utenriksdepartementet har ansvar for Eksportkontrollloven [27] som er aktuell dersom valgt avfallshåndteringsstrategi blir resirkulering av nukleært dekommisjoneringsavfall i utlandet.

Helse- og omsorgsdepartementet har hovedansvaret for utarbeidelse av regelverk knyttet til strålevern og helseeffekter av radioaktiv stråling i henhold til Strålevernloven [28] og Strålevernforskriften [29].

Departementet regulerer godkjenning for transport av nukleært materiale i henhold til Forskrift om besittelse, omsetning og transport av nukleært materiale og flerbruksvarer [30].

Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) har det nasjonale mandatet for atomsikkerhet og nukleær sikkerhet og utfører oppdrag på vegne av Helse- og omsorgsdepartementet og Klima- og miljødepartementet.

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) er ansvarlig for lokal, regional og nasjonal beredskap og beredskapsplanlegging, brannsikring og transport av farlige stoffer. De har også ansvaret for Forskrift om trykkpåkjent utstyr [31] og Forskrift om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatte stoff samt utstyr og anlegg som benyttes ved håndteringen [32].

Den europeiske avtalen om internasjonal transport av farlig gods på vei (ADR) [16] regulerer transport av farlig materiale, der DSB er ansvarlig for forskriften nasjonalt. Statens vegvesen er ansvarlig for godkjenning og inspeksjon av kjøretøy med farlig materiale.

Arbeids- og sosialdepartementet er ansvarlig for arbeidsmiljøet i henhold til Internkontrollforskriften [33] i virksomheter og Arbeidsmiljøloven [34].

Samferdselsdepartementet har bla det overordnede ansvaret for offentlige veier, luftfart, sjøtransportpolitikk og shipping industrien.

Finansiering av dekommisjoneringsen av de norske nukleære anleggene kommer fra **Nærings- og fiskeridepartementet**.

På enkelte områder der det kun er svært overordnede krav og rammebetingelser, vil anbefalinger fra **The International Atomic Energy Agency (IAEA)** bli benyttet.

4.5 Dokumenter, dokumentasjon og arkivering

Dokumenthåndteringssystemet er beskrevet i HBWR-SAR-18.

Nedlegging av reaktoranlegget krever utarbeidelse av en rekke dokumenter. Følgende overordnede dokumenter anses som nødvendig for rapportering til myndighetene:

- Sikkerhetsrapport for dekommisjoneringsen
- Operasjonsdokumenter (Kapittel 4.5.2)
- Beredskapsdokumentasjon og fysisk sikring (Kapittel 4.5.2)
- Revidering av prosedyrer og arbeidsbeskrivelser underlagt kvalitetssystemet.

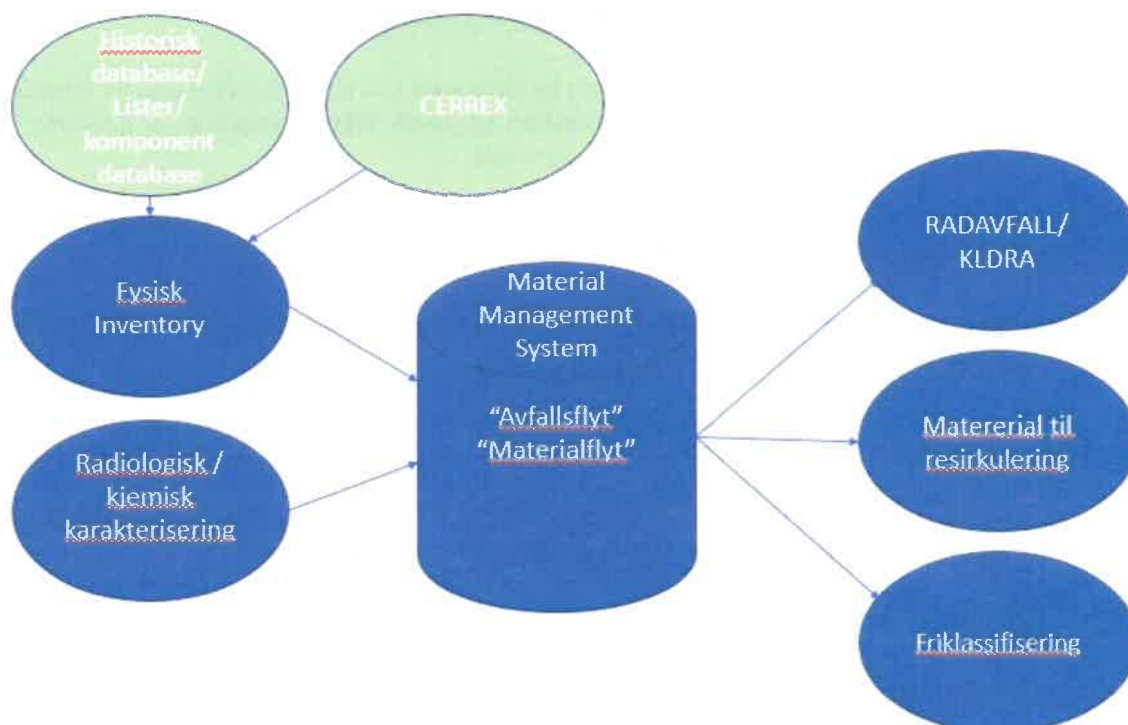
All dokumentasjon vedrørende forandringer i anlegget i operasjonstiden blir fortløpende dokumentert i eksisterende ledelsessystem. Dette blir gjort for å drive anlegget sikkert i operasjonsperioden og for å ivareta en sikker og effektiv dekommisjonering av anlegget.

Dokumenthåndtering for reaktoranlegget er beskrevet i [35] som gir en oversikt over dokumentutarbeidelse, dokumentlagring og dokumenttyper. Arkivering av reaktoranleggets historiske dokumenter er gitt i henhold til arkivnøkkel [36]. I 2017 ble et nytt dokumentbehandlingssystem innført ved IFE (M-files) og all dokumentasjon etter 2017 er gitt i dette systemet. Videre er dokumenthåndtering og gradering av dokumenter beskrevet i [37].

4.5.1 Database for dekommisjonering og avfallshåndtering

Et dekommisjoneringsprosjekt har behov for flere ulike databaser. Det er startet opp et arbeid med å identifisere hvilke databaser som må etableres og hvilke som eksisterer. Tabell 2 viser en oversikt over identifiserte databaser. Database for brensel er ikke inkludert i oversikten.

Tabell 2: Overordnet databasestruktur med avhengigheter mellom de ulike databasene/informasjonskildene.



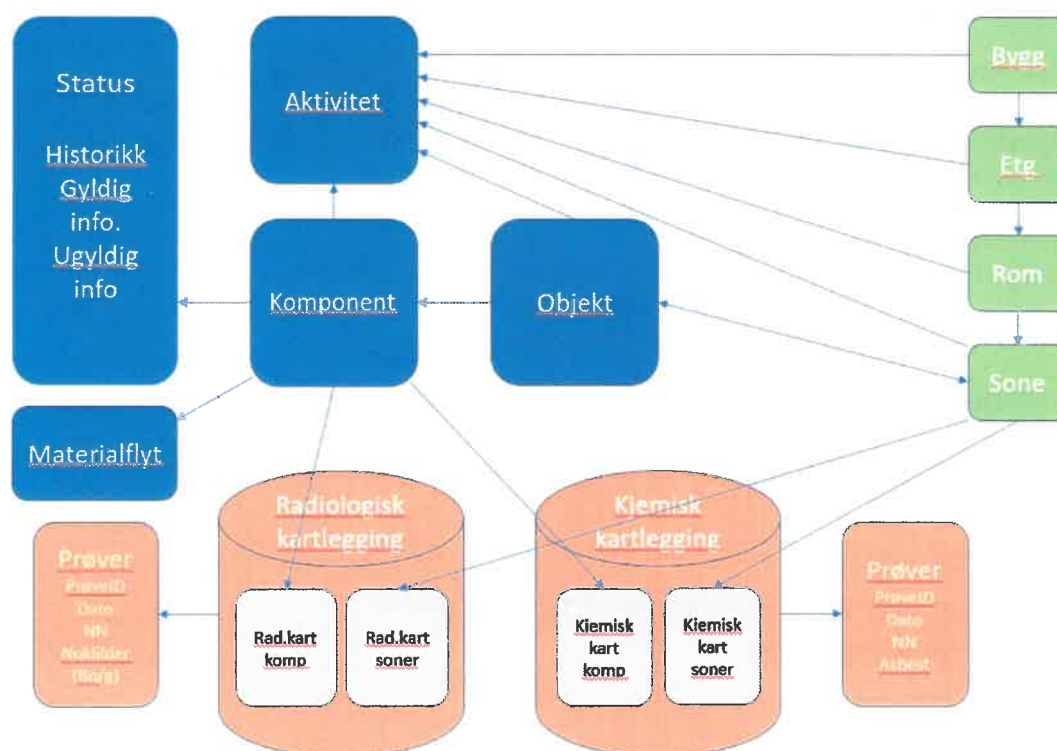
Database for Fysisk Inventory inneholder en oversikt over alle systemer, strukturer og komponenter (SSC) i anlegget og dets tilhørende plassering i ulike anleggssoner, materialsammensetning, fysiske størrelser som vekt og overflateareal samt nuklidevektorer, forventet aktivering og/eller kontaminering.

Database for radiologisk og kjemisk kartlegging inneholder radiologiske data for alle SSC og evt bygningsdeler. Typiske radiologiske data er basert på måling av doserate, smear tester, aktivitetsmålinger vha gamma-scanner/ -målinger og «Difficult To Measure» (DTM) nuklider. På samme måte som for Fysisk Inventory Database må de radiologiske dataene knyttes opp mot en gitt

komponent og/eller en gitt sone i reaktor-anlegget. Kjemiske stoffer som finnes i anlegget må kartlegges og dokumenteres på samme måte. Risiko forbundet med de kjemiske stoffene må også registreres. En detaljering av databasestrukturen med avhengigheter er gitt i Tabell 3.

Material Management System er et system av informasjonskilder som har til formål å dokumentere all materialflyt ifm. demonteringsarbeidet og avfallshåndteringen. Sortering og sporbarhet er svært sentralt i dette systemet. Sammenhengen mellom de ulike databasene/ systemene på et overordnet nivå er illustrert i Tabell 3.

Tabell 3: Detaljering av databasestruktur for radiologisk/ kjemisk kartlegging med avhengigheter



Databaser for doseovervåking eksisterer og må videreutvikles for å imøtekomme evt. nye krav i dekommisjoneringen.

System for planlegging og gjennomføring av konkrete demonteringsjobber vil i pre-dekommisjoneringsfasen følges av en arbeidsordre som i dag. Systemet er beskrevet i HBWR-SAR-13. Erfaringer fra denne perioden vil tilsa om systemet må videreutvikles eller nytt system må etableres for å imøtekomme krav i dekommisjoneringen.

System for dokumentasjon av risikokartlegging og -vurdering ifm. planlegging og gjennomføring av demonteringsaktiviteter må videreutvikles og/eller nytt system må etableres. Fokus på konvensjonell sikkerhet øker under dekommisjonering.

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 22 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

Et integrert informasjonsstyringssystem anbefales for alle dekommisjoneringsprosjekt. Formålet med et slikt system er å tilrettelegge for innhenting av informasjon fra mange ulike informasjonskilder og/eller databaser i planlegging og gjennomføringen av dekommisjonering.

Beslutning av hvilke databaser og systemer som skal etableres, hvilke som kjøpes eksternt og hvilke som etableres vha. eksisterende kompetanse ved IFE, besluttet av NND etter innspill fra IFE.

4.5.2 Operasjonsgrenser og prosedyrer

Ved permanent nedkjørt reaktor vil det være revidering av operasjonsgrenser og prosedyrer i forhold til hvilken tilstand reaktoren er i. Ulike tilstander for reaktoren er definert i HBWR-SAR-13 der tilstand 3 (Reaktor i operasjonell tilstand) og 4 (Reaktor i driftstilstand) ikke lenger er aktuell. Tilstandene 1 (Underkritisk kjernelasting), 2 (Reaktor i nedkjørt tilstand) og 5 (Nødsituasjon) vil fortsatt være tilstede. I tillegg kommer tilstander der brenselet er fjernet fra reaktortanken og ulike vannkretsene er drenert.

Alle sikkerhets- og sikkerhetsrelaterte system, kjølekretser, ventilasjon, el-system, styre- og overvåkingssystem, strålevernsprogram for monitorering av strålings- og utslippsnivå samt kjemiovervåkingssystem vil være operative så lenge det er behov for det under nedbyggingsprosessen.

Utfasing, ombygginger og nyetablering av system vil medføre et kontinuerlig behov for revidering av operasjonsgrenser og prosedyrer i hele dekommisjoneringsperioden.

Beredskap for sikkerhet ved reaktoranlegget vil bli opprettholdt.

4.5.3 Dataverktøy og metoder for dekommisjoneringsplanlegging

Gjennomføringen av et dekommisjoneringsprosjekt er i hovedsak avfallsdrevet og deles inn i følgende 8 trinn [38]:

1. Innledende planlegging
2. Fjerning av brensel (for de anleggsdeler der dette er relevant)
3. Inventar og karakterisering
4. Dekontaminering
5. Demontering
6. Avfallshåndtering
7. Friklassing og rivning
8. Frigivning av regulert område

Planleggingen av dekommisjonering er også en trinnvis prosess, men som i hovedsak gjøres i motsatt rekkefølge av gjennomføringsprosessen. Dvs. at valgt slutttilstand og valg av optimalisert avfallshåndtering, fastsettelse av avfallskriterier («waste acceptance criteria») for deponering, lagring og resirkulering samt kriterier for friklassifisering danner grunnlaget for videre planlegging av demontering og dekontamineringsaktiviteter.

IAEAs har utviklet en Work Break Down Structure (WBS) for kostandsestimering av dekommisjoneringsprosjekt, International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) [39]. ISDC kan også pga. sin oppbygging og detaljeringsgrad benyttes i planleggingen av dekommisjonering, se kap. 5.1 for detaljer og hvordan strukturen er benyttet i planleggingen.

For kostnadsestimering gjennomført i KVU-trinn 2 [3], og gjengitt i kap. 7, er IAEAs dataverktøy CERREX benyttet. Hvilket dataverktøy som skal benyttes videre fastsettes av NND. Det finnes andre tilsvarende lisensbaserte verktøy på markedet (f.eks EOMEGA). Det anbefales å benytte et kostnadsverktøy som baseres på ISDC strukturen. Rutinemessig kostandsoppfølging av HBWR dekommisjoneringsprosjekt er vesentlig mht. finansiering av prosjektet. Benchmarking mot andre dekommisjoneringsprosjekt blir trolig også viktig i framtiden og et slikt verktøy vil imøtekomme dette kravet.

Dataverktøy for prosjektstyring og -gjennomføring vil fastsettes av NND.

Verktøy for simulering av doser og optimalisering av rivningssekvenser er beskrevet i HBWR-SAR-12.

4.6 Kontraktstrategi, inkludert involvering av underleverandører

Kontraktstrategi, inkludert involvering av underleverandører vil bli utarbeidet av NND og beskrevet i «Final Plan».

5 Planlegging og gjennomføring av dekommisjoneringsaktiviteter

Erfaring fra internasjonale dekommisjoneringsprosjekt viser at det er hensiktsmessig å dele dekommisjeringen av nukleære anlegg inn i faser [1]. I den videre omtalen av dekommisjering av HBWR benyttes inndeling i 3 faser:

- Fase 1: Planlegging og sikker tilstand (også benevnt overgangsfasen eller transisjonsfase)
- Fase 2: Nukleær demontering og avfallshåndtering
- Fase 3: Konvensjonell riving og tilbakeføring av området

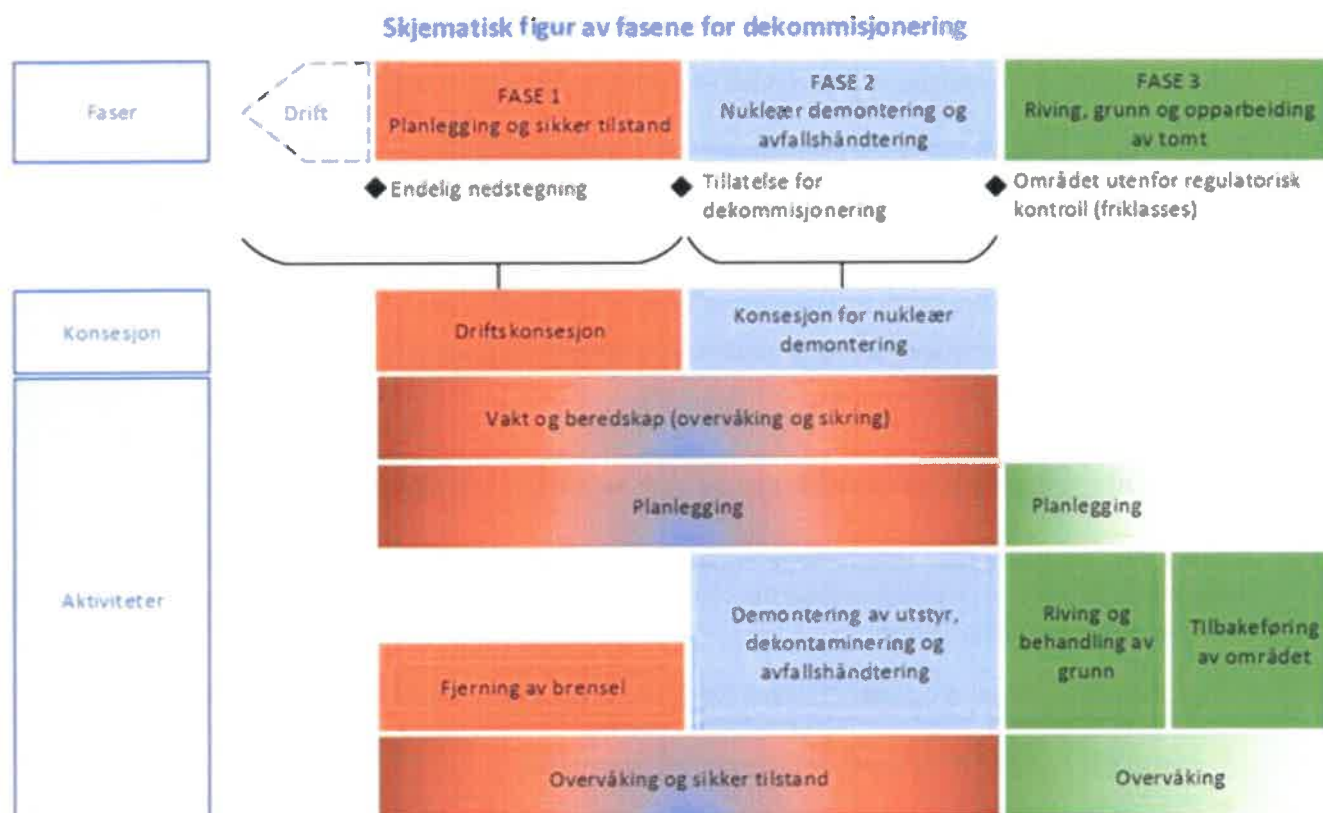
Fase 1 omfatter planlegging av dekommisjeringstiltak og utarbeidelse av «Final Plan» samt vedlikehold og ivaretagelse av sikker tilstand ved anlegget. Foruten overvåking av anlegget er hovedaktiviteter knyttet til karakterisering av anlegget (fysisk, radiologisk og kjemisk), fjerning av brensel, drenering og klargjøring av systemer samt forberedelse av avfallshåndteringsanlegg.

I fase 2 detaljplanlegges all nukleære demontering før dekontaminering, demontering og avfallshåndtering gjennomføres. Overvåking og ivaretagelse av sikker tilstand for anlegget pågår også i denne perioden. Gjenværende risiko vil være avgjørende for omfanget av overvåking og kontroll. Ved utgangen av fase 2 vil alt aktivt og kontaminert materiale være fjernet fra anlegget. Alt brensel fjernes fra anlegget i første halvdel av fase 2. Fase 2 er den mest tid- og ressurskrevende delen ifm. dekommisjering, og vil trolig bli inndelt i ytterligere underfaser i den fremtidige planleggingen.

Fase 3 omfatter planlegging og gjennomføring av konvensjonell riving av bygninger samt tilbakeføring av områder. Valgt slutttilstand for HBWR antas å være utenfor regulatorisk kontroll. Beslutning om begrenset eller ubegrenset bruk vil bli tatt på et senere tidspunkt.

En forenklet oversikt over dekommisjoneringsprosjektets ulike faser, ulike konsesjoner og tillatelser samt hovedaktiviteter er gitt i Tabell 4.

Tabell 4: Forenklet illustrasjon av ulike faser, konsesjoner og hovedaktiviteter i et dekommisjoneringsprosjekt.



5.1 Beskrivelse av arbeidsstruktur

International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) [39] gir en hierarkisk arbeidsstruktur (også benevnt WBS) over alle dekommisjoneringsaktiviteter og har til hensikt å være dekkende for alle typer dekommisjoneringsprosjekt, uavhengig av størrelse, kompleksitet og radiologisk tilstand til anleggene. Strukturen, som er utarbeidet av NEA, IAEA og EC i fellesskap, er i første rekke ment som et strukturert hjelpemiddel ved kostnadsestimering, men systemet kan også benyttes i planlegging og gjennomføring av et dekommisjoneringsprosjekt. Typiske dekommisjoneringsaktiviteter er organisert i 11 hovedkategorier og gjenspeiler hovedaktivitetene i et dekommisjoneringsprosjekt. Hver av hovedkategoriene (nivå 1) er videre brutt ned i aktivitetsgrupper (nivå 2) og typiske aktiviteter (nivå 3).

Tabell 5 viser en illustrasjon av ISDC strukturen med noe detaljering for hovedaktiviteten «Pre-dekommisjoneringsaktiviteter».

IFE har valgt å benytte ISDC strukturen som basis for planleggingen av aktiviteter som skal gjennomføres i fasen fra nedstenging av anlegget til «Final Plan» er utarbeidet og godkjent. Denne fasen vil i det videre benevnes Pre-dekommisjoneringsfasen, eller fase 1. Prosjekter og aktiviteter som gjennomføres knyttes opp mot nivå 3 i ISDC strukturen. Knytningen mellom ISDC og kostnadsestimering er nærmere beskrevet i kap. 7.

Kap. 5.1.1 og 5.1.2 viser en mer detaljert oversikt over aktiviteter som er identifisert og/ eller iverksatt i «Pre-dekommisjoneringsfasen». Detaljering av hovedkategorier 03-11 er ikke gjennomført. Kap 5.1.3 – 5.1.11 gir en kortfattet beskrivelse av de nevnte kategoriene. Kap. 5.5 gir en foreløpig tidslinje for hovedaktivitetene i fase 1 og 2.

Tabell 5: Illustrasjon av den hierarkiske ISDC strukturen med detaljering av hovedaktiviteten «Pre-dekommisjoneringsaktiviteter» [40].

Nivå 1	Hovedaktivitet	Eksempel
Nivå 1	Hovedaktivitet	01
Nivå 2	Aktivitetsgruppe	01.0100
Nivå 3	Typisk aktivitet	01.0101

Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Beskrivelse
01			Pre-dekommisjoneringsaktiviteter
	01.0100		Planlegging av dekommisjonering
		01.0101	Strategisk planlegging
		01.0102	Preliminær planlegging
		01.0103	Endelig planlegging

02			Aktiviteter for nedstenging av anlegg
03			Additional activities for safe enclosure or entombment
04			Demonteringsaktiviteter innenfor det kontrollerte området
05			Avfallshåndtering, lagring og deponering
06			Infrastruktur og drift på området
07			Konvensjonell riving og opparbeiding av tomt
08			Prosjektledelse og support
09			Forskning og utvikling
10			Brensel og nukleært materiale
11			Diverse utgifter

5.1.1 01 Pre-dekommisjonering aktiviteter

Hovedkategori «01 – Pre-Dekommisjonerings aktiviteter» innbefatter aktiviteter som gjennomføres før konsesjon for dekommisjonering blir gitt. Tabell 6 viser en oversikt over nivå 2 og nivå 3 aktiviteter i ISDC strukturen og identifiserte aktiviteter. Identifisering av aktiviteter er under utarbeidelse og er derfor ikke uttømmende.

Tabell 6: Foreløpig detaljering av «01-Pre-Dekommisjonerings aktiviteter» for HBWR (nivå 2 og nivå 3)

01.0100	Dekommisjoneringsplanlegging
01.0101	Strategisk planlegging NNDs oppdragsbrev
01.0102	Preliminær planlegging Oppdatering av SAR 19 og IFEs overordnede dekommisjoneringsplan Utarbeidelse av KVVU-trinn 2 [3]
01.0103	Endelig planlegging NNDs oppdragsbrev
01.0200	Karakterisering av anlegget
01.0201	Detaljert kartlegging av anlegget Historisk kartlegging Oppdatering av fysisk inventory og "as-built"-dokumentasjon Opprette strategi for radiologisk karakterisering Gjennomføre initiell radiologisk kartlegging
01.0202	Farlige kjemikalier og materialer Kjemisk kartlegging (kjemisk, brennbart, eksplosiv og andre farlige materialer)
01.0203	Etablere inventory database NNDs oppdragsbrev
01.0300	Sikkerhet, sikring og miljøstudier
01.0301	Sikkerhetsanalyser dekommisjonering Sikkerhetsvurdering og risikovurdering av HBWR i nedkjørt tilstand [41]
01.0302	Miljøkonsekvensanalyse NNDs oppdragsbrev
01.0303	Sikkerhet, sikring og beredskapsplanlegging
01.0400	Avfallsplan
01.0401	Etablere avfallskriterier (WAC)
01.0402	Utvikle avfallsplan Prosjekt «Logistikk - dekommisjoneringsavfall og brukt brensel» [13] Prosjekt «Grensesnitt, infrastruktur og behovsanalyse» [42]
01.0500	Autorisasjon
01.0501	Konsesjonssøknad og tillatelser Oppdatering av HBWR-SAR
01.0502	Interessenter – involvering
01.0600	Forberedelser; Prosjekt team og kontraktører
01.0601	Prosjekt team aktiviteter Kompetansekartlegging [20]
01.0602	Kontraktører; identifisering, kvalifisering og valg NNDs oppdragsbrev

5.1.2 02 Aktiviteter i forbindelse med nedstengning av anlegget

Hovedkategori 02 – «Aktiviteter i forbindelse med nedstenging av anlegget» innbefatter aktiviteter som gjennomføres i overgangsfasen mellom drift og fram til konsesjon for dekommisjonering er gitt. Hovedhensikten er å forberede anlegget for dekommisjoneringsom. Aktiviteter knyttet til overvåking av anlegget og sikring er gitt i kategori 06. Tabell 7 viser en oversikt over nivå 2 og nivå 3 aktiviteter i ISDC strukturen og identifiserte aktiviteter. Identifisering av aktiviteter er under utarbeidelse og er derfor ikke uttømmende.

Tabell 7: Foreløpig detaljering av «02-Aktiviteter i forbindelse med nedstenging av anlegget» for HBWR (nivå 2 og nivå 3)

02.0100	Nedstenging og inspeksjon av anlegget
02.0101	Avvikling av drift og ivaretagelse av sikker drift
02.0102	Brenselshåndtering og overføring av brensel til brenselslager Sikkerhetsvurdering; Tømme RT for brensel
02.0103	Kjøling av brensel
02.0104	Håndtering av brensel, fissilt- og nukleært materiale
02.0105	Isolering av strømproduserende anlegg/ utstyr N/A
02.0106	Gjenbruk av anlegg
02.0200	Drenering og tørking av systemer
02.0201	Drenering og tørking av lukka system som ikke er i operasjon Sikkerhetsvurdering; Drenering av tertiærsystemet Sikkerhetsvurdering; Drenering av sekundærsystemet Sikkerhetsvurdering; Drenering av skjermkrets
02.0202	Drenering av brenselsbasseng og andre åpne system som ikke er i bruk
02.0203	Fjerning av slam og andre utfellinger fra åpne system
02.02.04	Drenering av spesielle prosessvæsker og -gasser
02.0300	Dekontaminering av lukka system for dosereduksjon
02.0301	Dekontaminering av prosessystem vha. operasjonelle prosedyrer N/A
02.0302	Dekontaminering av prosess system
02.0400	Radiologisk kartlegging som støtte til detaljert planlegging
02.0401	Detaljert radiologisk kartlegging
02.0402	Monitorering av vann i grunnen Miljøkartlegging HBWR
02.0500	Fjerning av systemvæsker, operasjonelt avfall og overskuddsmateriale
02.0501	Fjerning av brennbart materiale

02.0502	Fjerning av system væsker (vann, olje, etc.)
02.0503	Fjerning av spesielle system væsker Definere avfallsrute for tungtvann Rensing og fjerning av He-3 (g)
02.0504	Fjerning av avfall fra dekontaminering
02.0505	Fjerning av brukt ionebyttermasse
02.0506	N/A
02.0507	Fjerning av annet avfall fra operasjon av anlegget Pakking og fjerning av waste containere
02.0508	Fjerning av redundant utstyr og materiale Analyse av redundante system som kan fjernes (Pre-Dekom) Analyse av sikkerhetssystem og -sikkerhetsrelaterte system som kan fjernes (Pre-Dekom) Fjerning/ opprydding i utstyr på lager

5.1.3 03 Tilleggsaktiviteter for sikker tilstand eller innkapsling

Hovedkategori 03 - «Tilleggsaktiviteter for sikker innkapsling», også benevnt entombment, er ikke relevant for HBWR.

5.1.4 04 Demonteringsaktiviteter innenfor kontrollert område

Hovedkategori 04 – «Demonteringsaktiviteter innenfor kontrollert område» innbefatter dekontaminering og demontering av systemer og strukturer innenfor kontrollert område og identifiserte kontaminerte gjenstander utenfor kontrollert område. Aktivitetene starter opp mot slutten av overgangsfasen og pågår i store deler av fase 2 av prosjektet.

Detaljeringsnivå 2 og nivå 3 er gitt i ISDC strukturen [39]. Detaljering av disse aktivitetene vil bli utført på et senere tidspunkt.

5.1.5 05 Avfallsbehandling, lagring og deponering

Hovedkategori 05 – «Avfallsbehandling, lagring og deponering» omhandler alle aspekter knyttet til radioaktivt-, farlig- og konvensjonelt avfall under aktivitetene 04, 07 og deler av 02 samt historisk avfall (Legacy waste). Begrepet historisk avfall (Legacy waste) omfatter gjenværende driftsavfall og driftsavfall generert innen aktivitet 02.

Detaljeringsnivå 2 og nivå 3 er gitt i ISDC strukturen [39]. Detaljering av disse aktivitetene vil bli utført på et senere tidspunkt.

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 29 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

5.1.6 06 Anleggets infrastruktur og drift

Hovedkategori 06 – «Anleggets infrastruktur og drift» er inndelt i fire underkategorier som innbefatter sikring og overvåking, drift og vedlikehold av anlegget, drift av støttesystemer samt strålevern overvåking og monitorering av personell og ytre miljø.

Detaljering av nivå 2 og nivå 3 er gitt i ISDC strukturen [39]. Detaljering av disse aktivitetene vil bli utført på et senere tidspunkt. Deler av disse aktivitetene er medregnet i kostnadsestimatet gitt i kap. 7.

5.1.7 07 Tradisjonell riving, demontering og opparbeiding av området

Hovedkategori 07 – «Konvensjonell demontering, riving og opparbeiding av områder» omfatter aktiviteter når alt av radioaktivt materiale og kontaminering er fjernet. Aktivitetene er inndelt i følgende underkategorier:

- Innkjøp av utstyr for konvensjonell demontering og riving.
- Demontering av system og komponenter utenfor kontrollert område.
- Riving av bygninger og strukturer.
- Endelig opprydding og tilbakeføring av områder
- Radiologisk sluttundersøkelser av området
- Uendelig finansiering og overvåking ved begrenset frigivelse av områder

Håndtering av avfall fra disse aktivitetene faller inn under hovedkategori 05.

Detaljering av nivå 2 og nivå 3 er gitt i ISDC strukturen [39]. Detaljering av disse aktivitetene vil bli utført på et senere tidspunkt.

5.1.8 08 Prosjekt ledelse, engineering og støttefunksjoner

Hovedkategori 08 – «Prosjektledelse, engineering og støttefunksjoner» består av følgende underkategorier:

- Mobilisering av personell og forberedende arbeid
- Prosjektledelse (inkl. sikkerhets- og miljøanalyser og kvalitetssikring)
- Støttetjenester
- Helsefysikk og sikkerhet
- Demobilisering av infrastruktur og personell

Detaljering av nivå 2 og nivå 3 er gitt i ISDC strukturen [39]. Detaljering av disse aktivitetene vil bli utført i samarbeid med NND. Omorganisering ved IFE og NUK Halden, som gjennomføres og implementeres i 2019 og 2020 samt etablering og oppbygging av NND, er alle aktiviteter som inngår i denne hovedkategorien.

5.1.9 09 Forskning og utvikling

Hovedkategori 09 – «Forskning og utvikling» består av følgende underkategorier:

- Forskning og utvikling av utstyr, teknikker og prosedyrer
- Simulering av kompliserte arbeidsoppgaver

Aktivitetene er knyttet til ervervelse av ny kunnskap om ny teknologi innenfor områdene karakterisering, dekontaminering, demontering, avfallshåndtering og sikkerhet. Etablering av nye beregningskoder og prosedyrer innbefattes også i denne kategorien.

Detaljering av nivå 2 og nivå 3 er gitt i ISDC strukturen [39]. Detaljering av disse aktivitetene vil bli utført i samarbeid med NND.

5.1.10 10 Brensel og nukleært materiale

Hovedkategori 10 – «Brensel og nukleært materiale» er knyttet til håndtering og fjerning av brukt brensel og nukleært materiale fra anlegget. Kostnad for evt. repressering og sluttdeponering inngår ikke i denne kategorien. Følgende underkategorier inngår:

- Fjerning av brensel og/eller nukleært materiale fra anlegget
- Etablering av bufferlager for brukt brensel og/eller nukleært materiale
- Dekommisjonering av buffer lager

Detaljering av nivå 2 og nivå 3 er gitt i ISDC strukturen [39]. IFEs prosjekter knyttet til brenselstudier ble overført til NND juni 2019. Planlegging og detaljering av disse aktivitetene ledes av NND

5.1.11 11 Andre utgifter

Hovedkategori 11 – «Diverse utgifter/ Miscellaneous expenditures» er i hovedsak knyttet til kostnader som ikke faller inn under hovedkategoriene 01-10. Følgende underkategorier inngår:

- Eiers kostnader
- Skatter og avgifter
- Forsikring
- Kostand og inntekter ved gjenvinning/ salg av eiendeler

Detaljering av nivå 2 og nivå 3 er gitt i ISDC strukturen [39]. Detaljering av disse aktivitetene vil bli utført i samarbeid med NND.

5.2 Dekontaminering og demontering av radioaktive komponenter (metoder og teknikker)

5.2.1 Dekontaminering

Dekontaminering er definert som fjerning av kontaminering fra overflater vha. vasking, oppvarming, kjemisk eller elektrokjemiske metoder, mekanisk rengjøring eller andre teknikker [43].

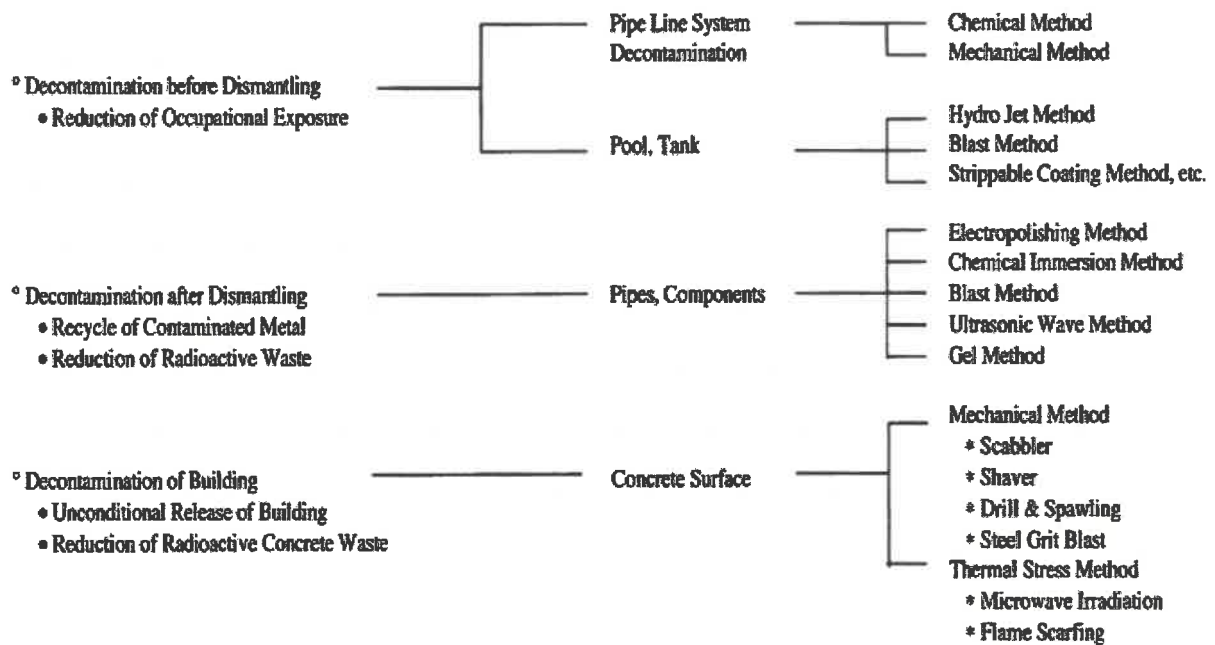
Dekontaminering har til hensikt å:

- Redusere intern og ekstern eksponering av arbeidstakere under dekommisjoneringsarbeidet. Dette oppnås ved at kontaminering fjernes og/eller fikses som en følge av valgt dekontamineringsteknikk.
- Minimere potensialet for spredning av aktivitet under demontering.
- Minimerer volumet av radioaktivt avfall og evt. redusere kontamineringsgraden slik at avfallet kategoriseres i en lavere avfallskategori.
- Øke muligheten til resirkulering og gjenbruk av utstyr, materialer og lokaler.

Dekontaminering av systemer kan gjennomføres både før demontering og etter demontering.

Tabell 8 viser en oversikt over formålet med dekontaminering før og etter demontering, hvilke system dette er anvendbart for og hvilke teknikker som kan benyttes. Dekontaminering av betong og bygninger er også inkludert. Oversikten over dekontamineringsteknikker er ikke uttømmende.

Tabell 8: Dekontaminering i et dekommisjoneringsprosjekt [44].



Valg av dekontamineringsprosess og etablering av en dekontamineringsplan baserer seg på en optimalisering av ulike faktorer gitt nedenfor kombinert med ALARA-prinsippet [1] [43]:

- Sikkerhet: metode skal ikke medføre økt radiologisk eller konvensjonell risiko for personell og/eller omgivelser
- Effektivitet: metode bør gi tilstrekkelig reduksjon i aktivitetsinnholdet slik at kravet til dekontamineringsfaktor (DF) oppnås
- Kost-effektivitet: metode bør ikke overskride kostnad for avfallshåndtering og deponering
- Avfallsminimering: metode bør ikke generere store mengder sekundært avfall
- Gjennomførbarhet: metode bør ikke være arbeidskrevende, vanskelig å gjennomføre eller vanskelig å automatisere

Øvrige betingelser som inngår i analysene kan være:

- Operasjonshistorie til system og anlegget
- Type komponent (rør, tank ...)
- Type material (stål, Zr, betong ...)
- Type overflate (glatt, ru, porøs, belagt ...)
- Type kontaminering (oksid, CRUD, utfellinger ...)
- Sammensetning av kontaminering (aktiveringsprodukt, actinider, andre radionuklider ...)
- Tilgang til system og/eller komponent. Intern og ekstern kontaminering
- Spesifisert dekontamineringsfaktor (DF)
- Definert slutttilstand for komponent/ system/ anlegg etter dekontaminering
- Tid tilgjengelig for dekontamineringsprosessen
- Kapasitet til å håndtere og kondisjonerer sekundært avfall
- Skadelige virkninger av dekontaminering på utstyr og systemintegritet
- Mulighet for gjenbruk av materialer og utstyr
- Tilgjengelighet av anlegg som kreves for dekontaminering og dekommisjonering av dette

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 32 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

Det er ikke gjennomført en analyse av hvilke dekontamineringsteknikker som skal benyttes ved demontering. Det er heller ikke avklart om det skal gjennomføres kjemisk dekontaminering av primærsystemet før demontering. Før disse analysene kan gjennomføres må nasjonal avfallsstrategi velges samt strategi for håndtering av store komponenter. Deretter må ulike dekontaminerings scenarier defineres og analyseres mht. doser til personell, sannsynlig (DF), kostnadseffektivitet, avfallsminimering og generering av sekundært avfall samt gjennomførbarhet.

I tidslinja for fase 1 og fase 2 gitt i kap. 5.5 er det forutsatt at det ikke gjennomføres kjemisk dekontaminering av primærsystemet og eksperimentalkretser. Det er antatt dekontaminering, typisk vasking og sandblåsing, for system som er kategorisert som LLW2 og LLW 3 i kap. 6.2.1.

Dette kapittelet vil utfylles med beskrivelse av metoder og aktiviteter når analyse av dekontamineringsteknikker og prosesser er gjennomført. Disse analysene sammen med definerte avfallsruter (kap.6) vil danne grunnlaget for beslutning om type avfallshåndteringsanlegg og -teknikker. En oversikt over relevante dekontamineringsteknikker og kriterier for valg av dekontamineringsprosess finnes i [44] [45] [46].

5.2.2 Demontering av radioaktive komponenter

Demontering av radioaktive komponenter innbefatter dekontaminering, fjerning av komponenter og strukturer, segmentering, pakking av avfall, transport av avfallspakker og deponering. Planlegging av demonteringsaktiviteter bør imidlertid planlegges i motsatt rekkefølge, dvs. at karakterisering av avfallet (fysisk og radiologisk) samt definert slutttilstand (f.eks. friklassifisering eller deponi) inkl. avfallskriterier (WAC) er bestemmende for videre grad av avfallshåndtering. Demonterings- og segmenteringsteknikker må tilpasses kravene til transportbeholderne og evt. restriksjoner mht. pakking og segmentering samt krav gitt av strålevernsprogrammet (ALARA-prinsippet).

Valg av demonterings- og segmenteringsteknikker avhenger bl.a. av nasjonal avfallsstrategi samt strategi for håndtering av store komponenter. Det er ikke gjennomført en detaljert analyse av hvilke demonteringsteknikker som skal og/eller kan benyttes i prosjektet. Prosjekt «Logistikk – dekommisjoneringsavfall og brukt brensel» [13] gjennomgår avfallsstrømmer og har som mål å definere alle avfallsstrømmer og -kategorier inkl. relevante prosesstrinn for avfallshåndtering. Arbeidet utføres av konsulenter og første del forventes å være slutført i 2019. Da radiologisk karakterisering ikke er slutført, må det forventes at dette arbeidet må oppdateres i 2020.

Relevant støttlitteratur mht. demonteringsteknikker er gitt i [44] [45] [46]. Prinsippet om bruk av velprøvde teknikker vil bli benyttet.

5.2.3 Demontering - fra HBWR-SAR-19 versjon 2018

Betraktninger knyttet til demontering og demonteringssekvens er i hovedtrekk bevart i forhold til HBWR-SAR-19 utgitt i 2018. Den versjonen av HBWR-SAR-19 var en «on-going» plan for en rektor på nukleær drift. Pr. 2019 er HBWR i en permanent nedkjørt tilstand og i overgang til dekommisjonering.

Det vil i denne overgangsfasen være behov for gjennomgang av demonteringsstrategien. Det er valgt å beholde forutsetningene slik de var ved forrige revisjon av HBWR-SAR-19 og revidere disse når det foreligger avklaringer da det kan være momenter med viktig relevans for videre planlegging. Rivningssekvens er i sin helhet tatt bort.

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 33 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

Demontering av reaktoranlegget vil basere seg på en strategi om å fjerne ikke radioaktive komponenter tidlig mens infrastruktur for håndtering av radioaktive komponenter bygges opp. Komponenter med betydning for sikkerhetsarbeidet (skjerming, rensing etc.) vil beholdes så lenge det er behov for dette. Ytre verksteder og lager vil demonteres sent i prosessen.

Rene komponenter og systemer blir demontert på stedet og transportert til eksisterende verksted for videre segmentering. Her blir ikke radioaktive rør og komponenter som blir vurdert å ha en restverdi, sortert ut og lagret for seg. De vil da bli registrert i et eget arkiv med komponentens spesifikasjoner.

Komponenter fra aktivt område blir demontert og transportert til nytt verksted for avfallsbehandling. Her blir radioaktiviteten på rør og komponenter målt før de sorteres i aktivt og inaktivt avfall. Radioaktive rør og komponenter blir demontert videre på verkstedets radioaktive del. Rene komponenter flyttes over til inaktiv del av verkstedet etter at det er konstatert at komponenten tilfredsstiller kravet til friklassing. Komponenter og rør som ikke kan friklasses blir delt opp i passende størrelser før de blir støpt ned i kokiller og tønner.

5.2.3.1 Sikkerhetssystemer

Det må utarbeides en oversikt over SSC viktig for sikkerheten, som kan nedklassifiseres (og demonteres) etter behov gjennom dekommisjoneringsperioden. Sikkerhetssystemene er beskrevet i HBWR-SAR-7.

5.2.3.2 Demontering av utstyr og systemer

Det er en rekk ulike demonteringsteknikker som har ulike fordeler og ulemper. Det er derfor viktig at følgende blir vurdert før valg av demonteringsteknikk:

- type og egenskaper (for eksempel størrelse, form og tilgjengelighet) av materialer, utstyr og systemer som skal demonteres,
- tilgjengeligheten av utstyr,
- strålingsfare for personell og befolkning, f.eks. nivå av aktivering og overflateforurensning, produksjon av aerosoler og doseringshastigheter,
- miljøforholdene på arbeidsplassen, f.eks. temperatur, fuktighet og atmosfære,
- radioaktivt avfall som evt. produseres,
- ikke-radioaktivt avfall som evt. produseres,
- mengde og krav til utviklingsarbeid.

Hver demonteringsoppgave skal analyseres for å bestemme den mest effektive og sikre metoden. Noen hensyn er som følger:

- utstyret skal være enkelt å betjene, dekontaminere og vedlikeholde,
- effektive metoder for kontroll av luftbårne radionuklider bør implementeres,
- effektiv kontroll over utslipp til miljøet,
- ved bruk av undervannsdemontering og kutting må det sørges for vannbehandling for å sikre god sikt og avløpsbehandling,
- vurdering av virkningen på tilstøtende SSC og på annet arbeid som pågår,
- avfallsbeholdere og håndteringssystemer må defineres før demonteringsarbeidet startes.

Det vil derfor være et kontinuerlig behov for å evalueringssprosjekt i forhold til valg av verktøy, kompetanse og metoder relatert til demontering.

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 34 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

5.2.3.3 Håndtering av tungtvann

Tungtvannet vil bli overført fra reaktortanken til egnede beholdere og lagret på anleggsområdet inntil videre transport er avgjort. Transport av tungtvannet vil bli utført i henhold til gjeldende regelverk og dagens rutiner [14] [16] [18] [47].

5.2.3.4 Demontering av Reaktortank

Dekommisjonering av reaktortanken er en omfattende prosess med mange ukjente faktorer. Det er derfor viktig at hele prosessen blir planlagt i detalj før arbeidsoppgavene tar til. I dette planleggingsarbeidet er det viktig å inkludere erfaring fra internasjonale dekommisjoneringsprosjekt og sikre at tilgjengelig teknologi er inkludert. Pre- dekommisjoneringsfasen vil benyttes til å gjøre seg kjent med siste utviklede teknologi og oppdatere personell på erfaringer fra andre dekommisjoneringsprosjekt av reaktorinstallasjoner.

Det er særlig viktig å ta hensyn til de strålevernsmessige konsekvensene for de som skal utføre arbeidsoppgavene og miljøet i området for øvrig, og at arbeidet gjennomføres på en optimal måte.

Ved demontering av reaktortanken er det dermed flere forhold som er viktig for å etterfølge ALARA-prinsippet.

- Strålingsmiljøet i reaktortanken er slik at alle kutteprosesser må være fjernstyrt.
- Mengden spon, støv og gasser fra kutteprosessene må reduseres til et minimum.
- Ved introduksjon av nye arbeidsmetoder eller digitale hjelpemidler er det viktig med god opplæring og uttesting av arbeidsoperasjoner (mock-up).

I de perifere delene av reaktortanken der strålingsnivået er lavt kan det benyttes plasmabrennere i luftatmosfære for å lette arbeidet. Dekommisjoneringen av reaktortanken er delt opp i 4 faser: Planlegging, innkjøp og tilpassing av utstyr, utførelse og avfallshåndtering.

Reaktortanken er svært radioaktiv med total aktivering på 5.2×10^{16} Bq, som tilsvarer mellom halvparten og en tredel av den totale aktiveringen av avfallet [48]. Dette kan gi utfordringer i forhold til transport av avfallet.

Samtidig vil det foregå en kartlegging av utfordringer og behov. Dette vil kunne avdekke endringer i forhold til de forutsetninger som er lagt her. Dette innebærer vurderinger av arbeidsprosesser, sikkerhetsvurderinger i forhold til den teknologi som er valgt og utarbeidelse av arbeidsbeskrivelser for de forskjellige operasjonene med planlegging i forhold til dosebegrensning. Strålingsnivåer i og rundt tanken må kartlegges i detalj etter at brenselet og resten av primærsystemet er fjernet. Risikoanalyser/Sikker Jobb Analyser (SJA) må utarbeides og beskrives for hver enkelt arbeidsoperasjon. Det må også utarbeides planer for hvilke redskaper som skal benyttes til kapping, utløfting og skjerming av reaktortanken.

Redskaper til kapping, løfting og skjerming må kjøpes inn og modifiseres før bruk. Både plasmabrennere, båndsager og annet utstyr må kunne opereres på avstand for å redusere dosebelastningen til utførende personell.

Det er flere sikkerhetsmessige utfordringer og problemstillinger relatert til demontering og fjerning av reaktortanken. Reaktorlokket er stort og tungt (50 tonn). Videre er en del internstruktur (stagrør, 3 skjermingsplater og bunnplate) opphengt i reaktorlokket. Det radioaktive innholdet i disse komponentene er av en slik karakter at riktig arbeidsmetode trolig vil være kutting med fjernoperert utstyr i vann for å unngå avgasser og radioaktivt støv/spon i arbeidsmiljøet.

For økt skjerming ved dette arbeidet kan skjermkretsen blendes under reaktortanken for så å fylle mellomrommet mellom reaktortank og skjermkretsen med vann. Dermed vil reaktortanken i sin helhet være fylt med vann under dette arbeidet. Det må utvikles og bygges en rensekrets for kontinuerlig rensing av vannet i og rundt reaktortanken.

Tabell 9: Personellestimat ved demontering av reaktortank.

Aktivitet	Tidsestimat (mann-dager)
<i>Planlegging</i> Detaljert planlegging av demontering. Herunder ligger også risikoanalyser og sikker jobbanalyse.	650
<i>Innkjøp og tilpassing av utstyr</i> Innkjøp og modifisering/fjernstyring av kappeutstyr Bygge rensekrets Innkjøp og tilpassing av renseutstyr Bygge blyskjerminger	700
<i>Utførelse</i> Tette skjermkretsen slik at reaktortanken kan fylles med vann Kappe opp og fjerne reaktorlokket Fjerne mutter og bolter mellom lokk og flens Kappe opp og fjerne interne deler Kappe opp og fjerne flensen fra resten av tanken Kappe opp og fjerne resten av tanken Rengjøre skjermkrets Kappe opp og fjerne skjermkretsen i biter	30 480 240 880 480 480 80 1040
Totaltid (+ 20 % usikkerhet)	~6000

Personellbehovet ved demontering av reaktortanken må inkludere doseestimatene for demonteringsarbeidet.

Alle rør som ikke er relatert til demontering av reaktortanken i denne operasjonen, skal blendes, og eksisterende lekkasjepanel og monitorer vil være operative. Ved installasjon av rensekrets skal automatiske avstengningsventiler brukes for å foreta forsegling av rensekretssystemet ved detektering av lekkasjer. Eksisterende delaysystem må være i drift, for å fange opp eventuelle lekkasjer og tilsig av fjellvann.

Avhengig av de strålingsmessige forholdene vil det bli vurdert om operatøren skal fjernoperere demonteringen bak en blyskjerm vha. kamera og monitorer. Strålevernavdeling vil fortløpende følge opp dette og foreta de nødvendige tiltak i prosessen.

5.3 Overvåking og vedlikehold, aldriingskontroll

Overvåking av reaktoranlegget så vel som vedlikehold og aldriingsprogram må opprettholdes gjennom hele dekommisjoneringsperioden. Periodisk overvåking og inspeksjon av sikkerhetsrelaterte SSC må inkluderes i dekommisjoneringsplanen.

Overvåking og kontroll av prosessparametre, vannkvalitet, strålingsnivå og doser utføres av kontrollrommet, driftsgruppe reaktorkjemi og strålevernsavdelingen. Dette vil videreføres under dekommisjonering så lenge behovet er tilstede.

Evaluering av aldringsprogrammet (HBWR-SAR-13) vil utføres jevnlig for å tilpasse omfanget i forhold til den status anlegget har.

5.4 Konvensjonell rivning (friklasset materiale)

Etter at anlegget ikke lenger er definert som et nukleært område vil man kunne starte konvensjonell rivning av bygningene og tilbakeføring av områder.

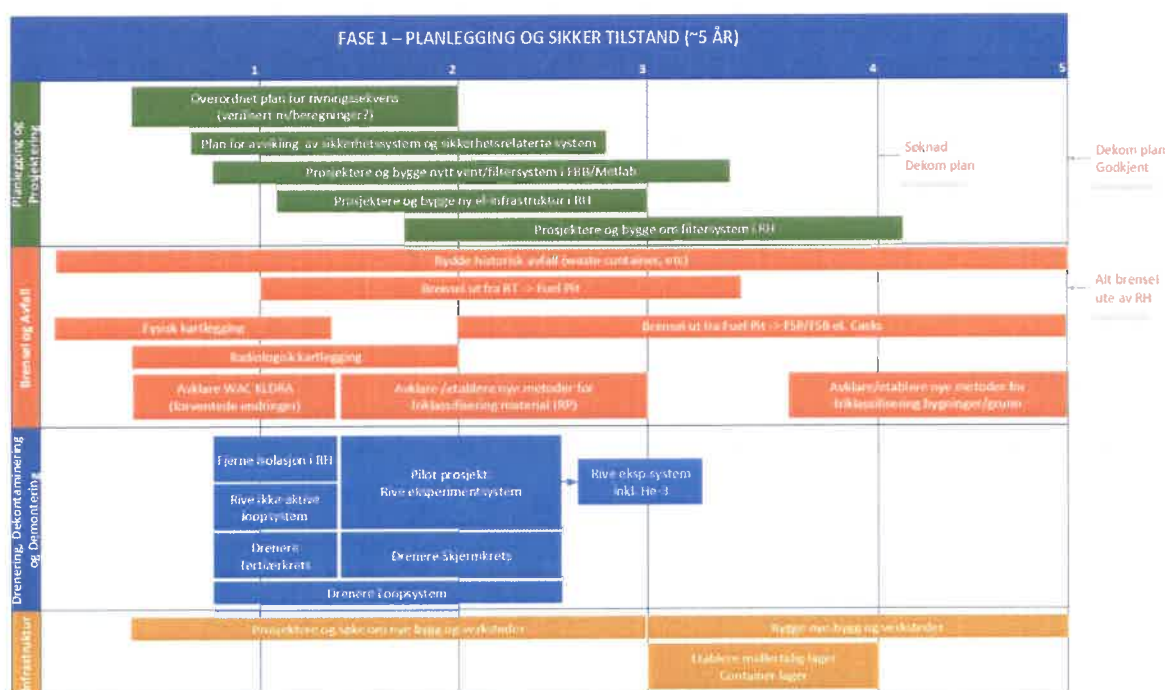
Planer for denne fasen vil beskrives i «Final Plan».

5.5 Fremdriftsplan

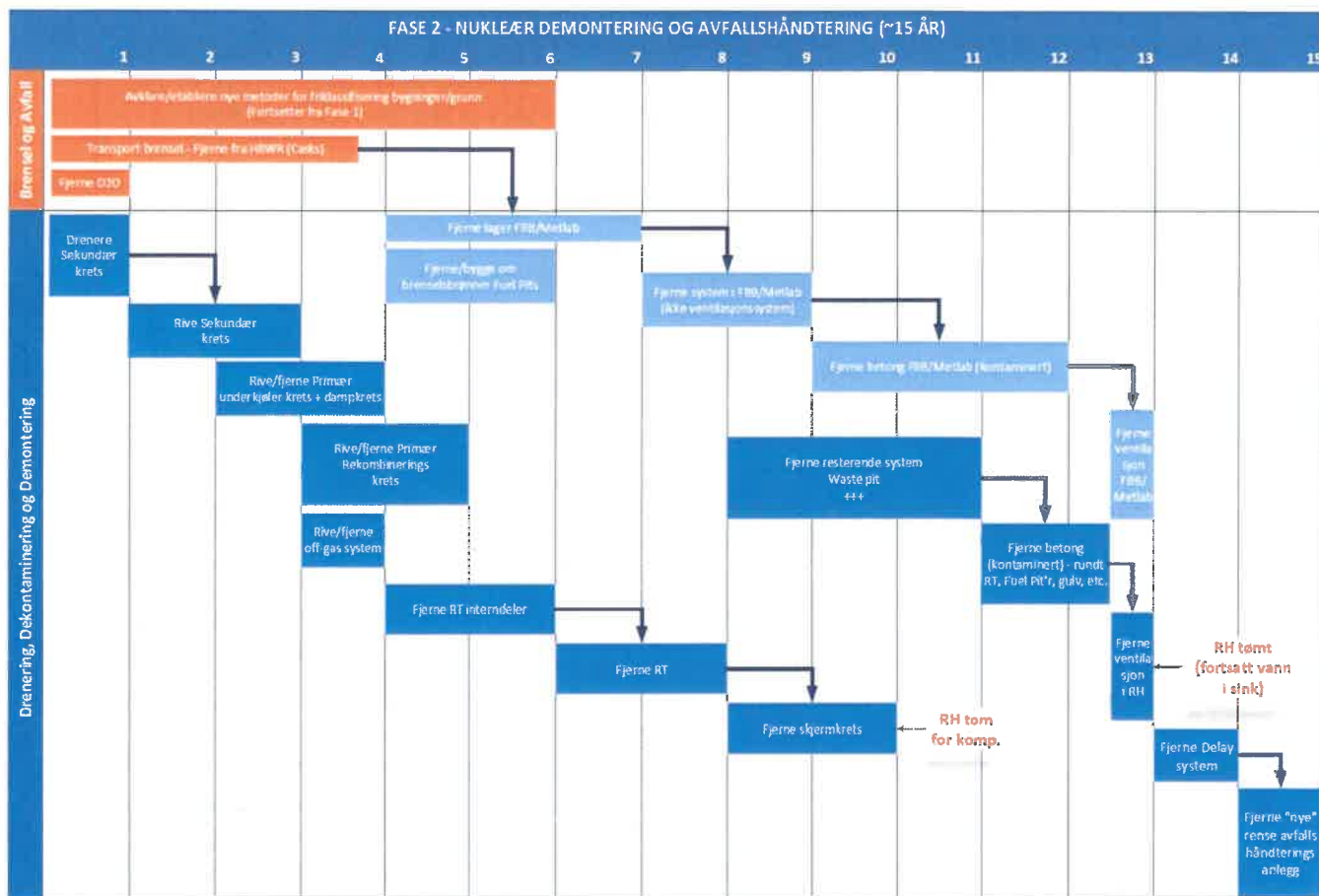
HBWR er i starten av fase 1, også benevnt Pre-dekommisjonering. I denne fasen vil bl.a. de store linjene i dekommisjoneringsplanleggingen fastsettes og planer konkretiseres og detaljeres slik de tilslutt vil framstå i «Final Plan». Tabell 10 og Tabell 11 viser grove utkast av oversiktsplaner for fase 1 og fase 2. Framdriftsplanene i form av aktiviteter, sekvenser og periodisering er kun indikative.

Utarbeidelse og kvalitetssikring av framdriftsplaner vil utføres i tett samarbeid med NND.

Tabell 10: Planlegging og sikker tilstand – fase 1



Tabell 11: Nukleær demontering og avfallshåndtering – fase 2



5.5.1 Kritisk linje og konflikter

Når kvalitetssikrede framdriftsplaner foreligger for de ulike fasene, vil det være naturlig med en analyse og beskrivelse av kritisk linje og evt. konflikter og flaskehals. Det er ikke gjennomført en slik analyse da planene må konkretiseres ytterligere.

En kritisk faktor mht. start av fase 2 er at alt brensel må være fjernet fra reaktorhallen. På samme vis må alt brenselet være fjernet fra HBWR før dekommisjonering av Met.lab og FBB kan påbegynnes.

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 38 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

6 Avfalls- og materialhåndtering

Ved etablering av avfallsstrategi for HBWR må hele prosessen fra dekontaminering og demontering (D&D) til deponering og evt friklassing av avfall vurderes. Alle avfallsstrømmer må identifiseres og analyseres, da planlegging og gjennomføring av dekommisjoneringen er styrt av avfallsmengder og -strømmer.

En avfallsstrategi må dermed inneholde:

- Informasjon om valgt slutttilstand («end state»)
- Initiell tilstand ved oppstart av dekommisjonering, dvs at fysisk, radiologisk og kjemisk karakterisering bør være gjennomført
- Definerte avfallsruter for radioaktivt og ikke-radioaktivt avfall
- Informasjon om etablerte avfalls akseptkriterier («waste acceptance criteria») for deponering og friklassifisering

Basert på nevnte kriterier/ informasjon kan det gjennomføres en analyse av ulike avfallshåndtering alternativer. I KVV-trinn 2 [3] er det gjennomføre en analyse av følgende 3 alternativer:

- Deponering i KLDRA som i dag (dvs. uten avfallsminimering)
- Avfallsminimering med bruk av eksternt avfallshånderingsanlegg (off-site treatment)
- Avfallsminimering med avfallshåndtering ved et lokalt avfallshånderingsanlegg i Halden (on-site treatment)

Analysen konkluderer med at avfallshåndtering «off-site» er samfunnsøkonomisk mest lønnsomt. Pågående prosjekt «Logistikk – dekommisjoneringsavfall og brukt brensel» [13] kvalitetssikrer deler av de ovenfornevnte studiene og har i tillegg som målsetting å utvikle en optimal avfallshånderingsstrategi. Prosjektet gjennomgår avfallsmengder, definere alle avfallsstrømmer inkl. relevante prosessstrinn for avfallshåndtering. En optimal avfallshånderingsstrategi er trolig en kombinasjon av de 3 ovenfornevnte alternativene, noe som utredes i det pågående prosjektet. For ytterligere beskrivelse av avfallsruter og logistikk, se kap. 6.5.

Det er pr. idag ikke etablert en nasjonal strategi for avfallshåndtering ei heller en delstrategi for IFE og HBWR. Resultatene fra pågående prosjekt vil inngå i beslutningsgrunnlag for utarbeidelse av nasjonal avfallshånderingsstrategi og for IFEs delstrategi.

6.1 Identifisering av radioaktivt avfall og radioaktive materialer

Høsten 2018 ble det ifm KVV-trinn 2 [3] gjennomført en oppdatering av avfallsmengder, også benevnt fysisk inventory. Oppdateringen av avfallsmengder bygger på arbeidet utført av IFE og Studsvik ifm. KS1 [49]. I tillegg ble et større antall anleggssystem kartlagt, detaljeringen på eksisterende kartlegging ble økt og nye avfallskategorier ble identifisert. Følgende datakilder ble benyttet:

- KVV-trinn 1 og KS1 [11] [49]
- ROE-HBWR-122 [50]
- Flytskjemaer/ komponenthåndbøker/ ulike datafiler
- DASH
- Fysisk kartlegging/ befaringer/ oppmålinger i anlegget

Fysisk kartlegging ble ledet av Studsvik og gjennomført i tett samarbeid med IFE personell med kjennskap til anlegget.

For å kunne bedømme avfallsmengder, ble material og komponenter delt opp i avfallskategorier som vist i Tabell 12. Inndeling i gitte avfallskategorier vil underlette videre planleggingen av avfallshåndtering.

Tabell 12: Identifiserte avfallskategorier ved HBWR

Avfallskategorier	Kommentar
Kabler og kabelbruer	Kabler og tilhørende kabelbruer. I hovedsak metallisk (aluminium og kobber) men inneholder også isolasjonsmateriale i kablene. Isolasjonsmateriale er i hovedsak PVC. Store mengder kabler stammer fra reaktoren ble bygget i 1958.
Komponenter	Denne kategorien omfatter et vidt spekter av prosesskomponenter og objekter. Objekter kan være reaktortanken, interndeler, varmevekslere, elektrisk utstyr, kompartement, skjermingsmateriale etc. Materialtype og -sammensetning varierer. Det er antatt at materialene i hovedsak er metallisk.
Betong	Hovedmengde av betong stammer fra bygningsstrukturer. Betong benyttet som skjermingsmateriale, også benevnt som biologisk skjerm, er medregnet i denne kategorien.
Tungtvann	Tungtvann benyttet som moderator og kjølemedium i reaktoren, samt tungtvann benyttet i eksperimentalkretser. Beholdning i systemet og lager er medregnet.
Ionebyttermasse	Ionebyttermasse benyttet under operasjon av reaktorsystem og eksperimentalkretser. Estimert forbruk av ny ionebyttermasse til primærkretsen er også medregnet.
Brennbart	Brennbart materiale som plastikk, papir, kjeledresser etc. Denne avfallsstrømmen produseres også under dekommisjoneringsperioden.
Isolasjon	Hovedsakelig rørisolasjon og isolasjon fra varmeoverførings systemer.
Flytende avfall	Flytende avfall eksl. tungtvann. Vannfylte system som brenselager, sek.- og skjermkrets er ikke medregnet. Syreholdig avfall fra økt laboratoriedrift og olje fra pumper er medregnet. Mengde flytende avfall produsert under dekommisjoneringsperioden er estimert.
Rør	Rør fra ulike prosesssystem som hovedsakelig består av svartstål og rustfritt materiale. Kobber rør og rør av andre kvaliteter er ikke spesifisert i oversikten.
Armering/ forsterkning	Stålarmering i betong
Jord/ masser i grunnen	Jord og masser i grunnen under og på utside av bygninger. For HBWR er området mellom Olavshall, dieselrommet, mekanisk verksted og FBB vurdert som sannsynlig område der det kan finnes kontaminering i grunnen.
Konstruksjonsstål	Stål i repos i RH, trapper og rekkverk. Bærende bjelker er ikke medregnet.
Ventilasjonssystem	Ventilasjonskanaler. I hovedsak metallisk, men kan være galvanisert.

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 40 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

Ytterligere detaljering for enkelte avfallskategorier er gjennomført, men det er verd å merke seg at detaljeringsgraden må utøkes ytterligere. Fysisk kartlegging må videreføres med informasjon om bl.a. type prosesskomponenter (motor, pumpe, elektrisk komponent), materialtype (bly, kobber, stål, plastikk etc.) samt overflateareal og volum der dette ikke er identifisert. Kartleggingens detaljeringsgrad er vesentlig både mht. planlegging av avfallsstrømmene og infrastruktur for avfallshåndtering, radiologisk karakterisering samt kostnadsestimeringen av dekommisjoneringen ved HBWR. Fysisk kartlegging vil dermed også tilpasses kategoriseringen i IAEAs verktøy for kostnadsestimering, CERREX.

6.2 Avfallsklassifisering og avfallsstrømmer

6.2.1 Aktivitetskategorier og risikotilnærming

IFE har valgt å benytte et system for aktivitetskategorisering og risikotilnærming som bygger på metodikk utviklet av Studsvik. Metodikken ble også benyttet i KVU-trinn 2 prosessen. Inndeling i ulike aktivitetskategorier, også benevnt aktivitetsklasse, baseres på en vurdering av risiko for at materialet (dvs. et gitt system, en komponent, et rom osv.) er kontaminert eller inneholder aktivert materiale. Hensikten med en slik inndeling er å gi støtte til vurderinger ifm. avfallsminimering, resirkulering av materiale og utarbeidelse av detaljerte avfallsstrømmer. Aktivitetskategoriseringen benyttes også ved oppsett av måle- og beregningsprogram ifm. radiologisk karakterisering. For nærmere beskrivelse, se kap. 2.4.

Følgende risikobaserte aktivitetskategorier er benyttet:

- Ekstremt lav risiko for kontaminering (ELR)
- Lav risiko for kontaminering (LR)
- Risiko for kontaminering og lav-aktivt avfall (R + LLW1)
- Lav-aktivt avfall 2 (LLW2)
- Lav-aktivt avfall 3 (LLW3)
- Lav-aktivt avfall (LLW4)
- Mellom-aktivt avfall (ILW)

Brensel er ikke medregnet i aktivitetskategoriseringen. Karakterisering og framtidig behandling av brukt brensel er organisert i eget program fram til 30.06.2019 [51]. Fra 01.07.2019 er ansvar for prosjektene i programmet for framtidig behandling av brukt brensel overført til NND. Karakterisering av brenselet utføres av IFE [52]. Transport av brensel fra reaktoranlegget er beskrevet separat i kap. 3.4.2 og 6.8.

Følgende grenseverdier for deponeringspliktig, ikke-deponeringspliktig og friklasset materiale er gjeldende i Norge [24]. Co-60 er valgt som illustrerende nuklide da denne er dominerende for HBWR. Øvrige nuklider spesifisert i forurensningsforskriften [24] må imidlertid hensyntas.

- Friklassifisering: < 0,1 Bq/ g Co-60
- Ikke deponeringspliktig: 0.1 – 10 Bq/ g Co-60
- Deponeringspliktig: > 10 Bq/ g Co-60

Tabell 13 viser sammenhengen mellom IFEs aktivitetskategorisering, norsk regelverk og IAEAs retningslinjer. IFEs aktivitetskategorisering vil utvides for å hensynta overflate- og α -kontaminering.

Tabell 13: Illustrasjon av IFEs valgte aktivitets- og risikokategorisering, norsk regelverk og IAEAs retningslinjer. Co-60 er benyttet som illustrativ nuklide.

	Risiko- og aktivitetskategori (Bq/g Co-60)						
IFE	ELR	LR	R + LLW1	LLW2	LLW3	LLW4	ILW
Co-60 [Bq/g]	<<0,1	<<0,1	<0,1	0,1-10	10-100	100-1000	>1000
Grenseverdier gitt i norsk regelverk og IAEAs retningslinjer							
Norge [24]	<0.1			0.1-10	>10		
IAEA [53]	EW	VSLW/ VLLW		LLW		ILW	

Tabell 14 gir en nærmere beskrivelse av de ulike aktivitetskategoriene og knytningen til risiko for radiologisk kontaminering og/eller aktivering.

Tabell 14: Beskrivelse av aktivitetskategorisering og knytning til risiko for radiologisk kontaminering og/ eller aktivering. Co-60 er benyttet som illustrativ nuklide.

Spesifikk aktivitet Co-60 (Bq/g)	Risikobasert aktivitetskategori (basert på radiologisk innhold)	Beskrivelse risikokategori	Kommentar
0	ELR	Veldig lav risiko/ lav risiko for aktivitet/sinnhold/kontaminering	Material som med rimelighet kan antas å inneha veldig lav eller lav risiko for kontaminering. Avfall friklassifiseres.
<< 0,1	LR	Lav risiko, VLLW	Material som har lav risiko for aktivitet/sinnhold. Avfall i denne kategorien kan med stor sannsynlighet friklassifiseres.
< 0,1	R+LLW1	Risiko, VLLW	Material i denne kategorien innehar risiko for kontaminering eller har et lavt innhold av aktivitet. Avfall i denne kategorien kan trolig friklassifiseres eller

Spesifikk aktivitet Co-60 (Bq/g)	Risikobasert aktivitetskategori (basert på radiologisk innhold)	Beskrivelse risikokategori	Kommentar
			deponeres i overflatedeponi (Overflatedeponi for radioaktivt materiale er så langt ikke benyttet i Norge.)
0,1-10	LLW2	LLW	Material og komponenter med et aktivitetsinnhold over friklassifiseringsgrensa. Avfall i denne kategorien kan trolig friklassifiseres etter dekontaminering/ smelting. Alternativt kan overflatedeponi benyttes for denne avfallskategorien.
10-100	LLW3	LLW	Material og komponenter som er kontaminert/ aktivert til et moderat nivå. Avfall i denne kategorien kan delvis friklassifiseres etter dekontaminering/ smelting. Alternativt deponeres materialet i KLDRA.
100-1000	LLW4	LLW	Material og komponenter som er kontaminert/ aktivert med et moderat høyt aktivitetsnivå. Avfall i denne kategorien kan kun unntaksvis friklassifiseres. Reduksjon i volum ved kompaktering/ smelting kan gjennomføres. Avfallet deponeres i KLDRA.
>1000	ILW	ILW	Material og komponenter med høyt aktivitetsinnhold. Friklassifisering ikke mulig. Avfall deponeres i KLDRA.

Tabell 15 viser en oversikt over hvordan ulike system er inndelt i risikobaserte aktivitetskategorier. Vurderingene baserer seg på erfaringsdata og er satt opp i samarbeid med personell med god kjennskap til aktivitetsinnhold og kontamineringsgrad for de ulike systemene. Radiologisk kartlegging er ikke gjennomført, og vil bl.a. ha til hensikt å avdekke om aktivitetskategoriseringen i Tabell 15 samsvarer med virkeligheten. Det forventes justering av antatt aktivitetskategorisering etter gjennomført kartlegging.

Tabell 15: Inndeling av systemer ved HBWR i aktivitetskategorier

System ID	System navn	Antatt risikobasert aktivitetskategori	Kommentar
A	Primary circuits		
A1	Main D2O steam circuit	ILW	
A2	Main D2O subcooler circuit	ILW	
A3	D2O purification circuit	ILW	
A4	Recombination circuit low and high pressure	ILW	
A6	Offgas and fission gas collection system	ILW	
A7	D2O drain tank circuit	ILW	
B	Secondary circuit		
B1	Closed secondary circuit	50 % LR, 50 % LLW2	Skiller mellom komponenter lokalisert i RH og OH.
B2	Feed water circuit	LR	
B3	FWT water supply and steam heating	LR	
B4	Main steam line	ELR	
B5	Secondary circuit, purification system	LR	
C	Light water circuits		
C1	Coolant circuits, outside RH	LR	
C2	Coolant circuits, RH and Air lock	LLW2	
C3	Coolant circuit, 1st, 2nd floor sink	LLW2	
C4	Water supply, office building	LR	
C5	Raw water filters	LR	
C6	Shield circuit	ILW	
C7	Drainage and delay circuit	LLW3	

System ID	System navn	Antatt risikobasert aktivitetskategori	Kommentar
C8	Dosage circuit	LR	
C9	Fuel pit purification circuit	LLW3	
C10	Fuel storage and handling ponds purification circuits	LLW2	
C11	Main demineralizer unit	LR	
C12	RO-system	LR	
C13	Purification system, chemistry laboratory (glass fiber tanks)	R+LLW1	
D	Experimental circuits		
D5	Loop 14	ILW	Material/ brenselstester
D8	Loop 7	ILW	Materialtester
D11	Loop 16	ILW	Materialtester, D2O
D13	Loop 6	ILW	Material/ brenselstester
D14	Light water loops drainage system	ILW	
D18	Loop 4	ILW	Material/ brenselstester
D19	Loop 8	ILW	Material/ brenselstester
D20	Loop 13	ILW	α -kontaminert pga. LOCA testing
D24	Loop 9	ILW	Material/ brenselstester, D2O
D31	Loop 10	ILW	Material/ brenselstester/ CRUD eksperiment
D34	Loop 11	ILW	Materialtester
D35	Loop 12	ILW	Materialtester
D39	Loop 15	ILW	Material/ brenselstester
E	Ventilation and air circuits		

System ID	System navn	Antatt risikobasert aktivitetskategori	Kommentar
E1	Reactor plant ventilation circuit	LLW3	
E2	Compressed air circuit	50 % LR, 50 % LLW1	
E3	Off-gas to ventilation	ILW	
E4	Ventilation in RH, Comp./ Coffin	ILW	
E5	Air supply for main ventilation system	LLW1	
E6	Air supply for experimental system	LLW1	
E7	Main air supply in compress room	LR	
F	Experimental systems, gas based		
F1	Material rig gas flow system-1	LLW1	
F2	Ultra-high gas pressurization system	LLW2	
F3	Fuel rod gas flow control system	LLW1	
F4	Material rig gas flow system no.5	LLW1	
F5	Helium-3 flux control system	ILW	
F6	Gas supply for hydrogen	LR	
F7	H2 sensor calibration system	LR	
F8	Gas central 1	LR	
F9	Material rig gas flow system no.2	LLW1	
F10	Material rig gas flow system no.3	LLW1	
F11	Incore contact pressurization system	LLW2	
F12	Fuel rod gas flow control system no.2	LLW2	
F13	Loop 16, bellow load system	LR	

System ID	System navn	Antatt risikobasert aktivitetskategori	Kommentar
F14	IFA support system Metlab.	LR	
G	Activity monitoring av purification system		
G1	Air monitoring circuit	LLW3	
G2	Water monitoring systems	LLW2	
G3	Ventilation and air monitoring in bunker building/ metlab	LLW1	
G4	Purification in waste processing room	LLW1	
G5	Purification circuits in FBB	LLW3	
G6	Purification circuits for washing machines (glass fiber tank)	LLW3	
H	Electrical interlock and alarm circuit		
H3	Electrical interlock of D2O auxillary circuits	LR	
I	Process control	Ikke relevant	
J	Power supply		
J3	Power supply, on-line diagram	50 % LR, 50 % LLW2	
K	Emergency circuits		
K1	Air cushion system	LLW1	
K2	Emergency spray and filter circuit	50 % LR, 50 % LLW3	
K3	Emergency purification plant	LLW1	
K4	HBWR emergency equipment	LR	
K6	Emergency core cooling system	ILW	

6.2.2 Avfallsmengder ved HBWR

Fysisk kartlegging ble ledet av Studsvik og gjennomført i tett samarbeid med IFE personell med kjennskap til anlegget. Et sammendrag av resultatene fra kartleggingen av avfallsmengder for ulike lokaliteter er gitt i Tabell 16 tom. Tabell 19.

Tabell 20 – Tabell 24 angir avfallsmengder fordelt på ulike aktivitetskategorier for de samme lokalitetene. Valgte lokaliteter er Reaktorhall inkl. Olavshall, Fuel Bunker Building, Metallurgisk laboratorium, Lagertunellen samt vaskeri og kjemilaboratorier. Vaskeri og kjemilaboratorier er valgt slått sammen pga. små avfallsmengder og sammenfallende kontamineringsgrad.

Tabell 25 gir totaloversikten for avfallsmengder fordelt på aktivitetskategorier.

Alle data presentert i Tabell 16 tom. Tabell 26 er hentet fra Studsviks rapport [4].

Tabell 16: Estimerte avfallsmengder for Reaktorhall og Olavshall [4]

Table 4-1

Halden Boiling Water Reactor waste mass assessment. Previously estimated mass [Huutoniemi & Lidar, 2014] is in brackets.

Waste stream	Mass (tonne)	Comment
Cabling, chutes	256.8 (30)	IFE provided data
Components	552.3 (260.1)	IFE provided data
Concrete		IFE provided data
-bioshield	380.0 (380)	
-other	23620.0 (23620)	
Heavy water	18.2* (-)	IFE provided data
Combustible	100.0* (50)	IFE provided data
Insulation	10.0* (-)	IFE provided data
Ion exchange resin	9.0* (-)	IFE provided data
Liquids	0.7* (-)	IFE provided data
Pipes	45.6 (9.8)	IFE provided data. The piping to Tista river is not included.
Reinforcement		IFE provided data
-bioshield	22.8 (8)	
-other	98.3 (492)	
Soil	1735.0* (-)	IFE provided data
Structural steel	187.7 (20)	IFE provided data
Ventilation	30.0 (30)	IFE provided data

*Includes data from all facilities at Halden.

Tabell 17: Estimerte avfallsmengder for Fuel Bunker Building (FBB [4])

Table 4-2

Bunker building including waste treatment room waste assessment. Previously estimated mass [Huutoniemi & Lidar, 2014] is in brackets.

Waste stream	Mass (tonne)	Comment
Cabling, chutes	0.3 (0.2)	IFE provided data
Components	95.0 (15.1)	IFE provided data
Concrete	600.0 (650)	IFE provided data
Pipes	0.5 (0.1)	IFE provided data
Reinforcement	27.2 (13)	IFE provided data
Structural steel	20.0 (0.2)	IFE provided data
Ventilation	3.9 (0.3)	IFE provided data

Tabell 18: Estimerte avfallsmengder for Lagertunellen [4]

Table 4-3

Storage tunnel waste assessment. Previously estimated mass [Huutoniemi & Lidar, 2014] is in brackets.

Waste stream	Mass (tonne)	Comment
Cabling, chutes	0.2 (0.1)	IFE provided data
Concrete	200.0 (35)	IFE provided data

Tabell 19: Estimerte avfallsmengder for vaskeri inkl. kjemilaboratorier [4]

Table 4-4

Laundry building waste assessment. Previously estimated mass [Huutoniemi & Lidar, 2014] is in brackets.

Waste stream	Mass (tonne)	Comment
Cabling, chutes	0.2 (0.1)	IFE provided data
Components	6.0 (0.1)	IFE provided data
Concrete	17.0 (17)	IFE provided data
Pipes	1.0 (0.4)	IFE provided data
Reinforcement	0.0 (1)	IFE provided data
Structural steel	0.5 (0.1)	IFE provided data
Ventilation	0.9 (0.1)	IFE provided data

Tabell 20: Avfallsmengder for Reaktorhall og Olavshall fordelt på aktivitetskategorier [4]

Table 4-27
HBWR, waste distribution over radioactivity category (tonne).

Category	Un-known	ELR	LR	R+LLW1	LLW2	LLW3	LLW4	ILW	Total	Total excl. ELR
Cabling, chutes	0.0	0.0	0.0	256.8	0.0	0.0	0.0	0.0	256.8	256.8
Components	20.0	0.0	14.0	71.4	5.2	108.9	96.5	236.2	552.3	552.3
Concrete	0.0	21916.7	0.0	1703.3	380.0	0.0	0.0	0.0	24000.0	2083.3
Heavy water*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.2	18.2	18.2
Combustible*	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
Insulation*	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0
IER*	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	9.0	7.0
Liquids*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2	0.7	0.7
Pipes	0.0	0.0	24.3	0.0	5.8	4.5	0.0	11.0	45.6	45.6
Reinforcement	0.0	0.0	0.0	98.3	0.0	0.0	0.0	22.8	121.1	121.1
Soil*	0.0	0.0	1735.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1735.0	1735.0
Structural steel	0.0	0.0	0.0	187.7	0.0	0.0	0.0	0.0	187.7	187.7
Ventilation	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0	30.0	30.0
Total	20	21918.7	1773.4	2427.5	421.5	113.3	96.5	295.4	27066.3	5147.6

*Includes data from all facilities at Halden.

Tabell 21: Avfallsmengder for Fuel Bunker Building fordelt på aktivitetskategorier [4]

Table 4-28
Bunker building including waste treatment room, waste distribution over radioactivity category (tonne).

Category	Un-known	ELR	LR	R+LLW1	LLW2	LLW3	LLW4	ILW	Total	Total excl. ELR
Cabling, chutes	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3
Components	20.0	0.0	5.0	0.0	16.4	53.6	0.0	0.0	95.0	95.0
Concrete	0.0	146.5	0.0	453.5	0.0	0.0	0.0	0.0	600.0	453.5
Pipes	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
Reinforcement	0.0	0.0	0.0	27.2	0.0	0.0	0.0	0.0	27.2	27.2
Structural steel	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0
Ventilation	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	3.9
Total	20.0	146.5	5.5	504.7	16.6	53.6	0.0	0.0	746.8	600.4

Tabell 22: Avfallsmengder for Lagertunell fordelt på aktivitetskategorier [4]

Table 4-29

Storage tunnel, waste distribution over radioactivity category (tonne).

Category	ELR	LR	R+LLW1	LLW2	LLW3	LLW4	ILW	Total	Total excl. ELR
Cabling, chutes	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1
Concrete	78.5	0.0	121.5	0.0	0.0	0.0	0.0	200.0	121.5
Total	78.6	0.1	121.5	0.0	0.0	0.0	0.0	200.2	121.6

Tabell 23: Avfallsmengder for vaskeri og kjemilaboratorier fordelt på aktivitetskategorier [4]

Table 4-30

Laundry building, waste distribution over radioactivity category (tonne).

Category	ELR	LR	R+LLW1	LLW2	LLW3	LLW4	ILW	Total	Total excl. ELR
Cabling, chutes	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
Components	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	4.0
Concrete	15.0		2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	2.0
Pipes	0.3	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.7
Structural steel	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3
Ventilation	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.4
Total	18.3	2.9	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	25.6	7.4

Tabell 24: Avfallsmengder for Metallurgisk laboratorium fordelt på aktivitetskategorier [4]

Table 4-31

Metallurgical laboratory, waste distribution over radioactivity category (tonne).

Category	ELR	LR	R+LLW1	LLW2	LLW3	LLW4	ILW	Total	Total excl. ELR
Cabling, chutes	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3
Components	0.0	5.0	0.0	3.0	156.0	0.0	30.0	194.0	194.0
Concrete	73.2	0.0	226.8	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	226.8
Pipes	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4
Reinforcement	0.0	0.0	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6	13.6
Structural steel	0.0	0.0	26.4	0.0	0.0	0.0	0.0	26.4	26.4
Total	73.2	5.4	266.9	3.2	156.0	0.0	30.0	534.7	461.5

Tabell 25: Total avfallsmengder for HBWR fordelt på aktivitetskategorier [4]

Table 4-40
Halden, waste distribution over activity category (tonne).

Category	Un-known	ELR	LR	R+LLW1	LLW2	LLW3	LLW4	ILW	Total	Total excl. ELR
Cabling, chutes	0.0	0.3	0.5	257.0	0.0	0.0	0.0	0.0	257.8	257.5
Components	40.0	2.0	26.0	73.4	24.6	318.5	96.5	266.2	847.2	845.2
Concrete	0.0	22229.8	0.0	2507.2	380.0	0.0	0.0	0.0	25117.0	2887.2
Heavy water	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.2	18.2	18.2
Combustible	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
Insulation	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0
IER	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	9.0	7.0
Liquids	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2	0.7	0.7
Pipes	0.0	0.3	25.0	0.5	6.2	4.5	0.0	11.0	47.5	47.2
Reinforcement	0.0	0.0	0.0	139.1	0.0	0.0	0.0	22.8	161.9	161.9
Soil	0.0	0.0	1735.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1735.0	1735.0
Structural steel	0.0	0.3	0.3	234.1	0.0	0.0	0.0	0.0	234.6	234.4
Ventilation	0.0	0.5	0.4	3.9	30.0	0.0	0.0	0.0	34.8	34.3
Total Halden	40.0	22235.2	1787.2	3325.1	441.3	322.9	96.5	325.4	28573.6	6338.4

Foreløpig kartlegging av avfallsmengder viser at de største avfallsmengdene stammer fra betong og dernest jordsmonn, og utgjør hhv. 79 % og 13 % av total avfallsmengde. Oversikten viser at omlag 85 % av avfallet antas definert inn i de to laveste aktivitetskategoriene, ELR og LR, og kan av den grunn trolig friklasses.

Fordeling av avfallsmengder mellom aktivert og kontaminert materiale er ikke spesifisert i tabellene gitt ovenfor. Aktivert materiale er skjult i avfallsstrømmene «Components» og «Concrete» gitt i Tabell 20.

Omfanget av ny infrastruktur er ikke fastlagt. Avfallsmengder ved avvikling av nye anlegg og ny infrastruktur er ikke medregnet i avfallsmengdene gitt ovenfor.

ROE-HBWR-122 [50] og SV-rapport-823 [48] gir oversikt over hhv. avfalls- og aktivitetsmengder benyttet i HBWR-SAR-19 2018 og forutsetninger som er lagt til grunn for estimatene. Disse dokumentene må revideres mht. nye avfallsmengder og det må gjennomføres nye aktivitetsberegninger som ledd i gjennomføringen av radiologisk karakterisering. Oppdatering av fysisk kartlegging og gjennomføring av radiologisk kartlegging vil pågå i hele dekommisjoneringsprosjektets levetid. Utarbeidelse av strategi for radiologisk kartlegging (kap. 2.4) og initiell kartlegging er under utarbeidelse og planlegges utført i 2019 og 2020.

Miljøkartlegging av grunnen må også gjennomføres for å avdekke kontaminering av jordsmonn samt etablere forventet nivå av bakgrunnsstråling, også benevnt «baseline», for dekommisjoneringsprosjektet. HBWR er et anlegg med lang historie. Erfaringer fra andre nukleære anlegg tilsier at det ikke kan utelukkes funn av radioaktivitet i grunnen. Evt. funn må rapporteres og behandles iht. dagens regelverk.

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 52 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

6.2.3 Avfallskriterier

Avfallskriterier, også omtalt som «Waste Acceptance Criteria» (WAC), skal være gitt for alle anlegg som deponerer og lagrer avfall. WAC spesifiserer kriterier for hver enkelt avfallspakke eller upakka avfall, slik som f.eks. vekt og fysisk størrelse, radiologiske begrensninger i total mengde aktivitet og maksimal aktivitetskonsentrasjon, krav til maksimal varmegenerering, kjemiske stabilitet og biologiske forhold [5].

Prosjekt «Logistikk – dekommisjoneringsavfall og brukt brensel» [13], som er beskrevet i kap. 6.5, gjennomgår avfallsstrømmer og avfallskategorier, og har som mål å definere alle avfallskategorier inkl. relevante prosessstrinn for avfallshåndtering. Sluttleveransen vil være en spesifikk avfallsstrategi for hver av avfallskategoriene, noe som også innebærer en spesifisert slutt tilstand («end point») for alle typer avfall. Definerte slutt tilstander for aktivt avfall kan være (lista er ikke uttømmende):

- Deponering KLDRA
- Evt. nytt deponi for LLW og/eller ILW
- Off-site behandling som smelting eller forbrenning

For hver av disse definerte slutttilstandene skal det finnes definerte avfallskriterier. Prosesser for avfallshåndtering må utarbeides slik at ivaretagelse av WAC sikres for hver enkelt avfallstype og spesifisert slutt tilstand.

Hvilke WAC som er styrende for dekommisjoneringsprosessen samt prosess for sikring av overholdelse av WAC vil bli detaljert beskrevet i «Final Plan».

6.2.4 Kriterier for radiologisk friklassing av materiale

Avfall som ikke skal deponeres, resirkuleres, gjenbrukes eller sendes til off-site behandling har i hovedsak en definert slutt tilstand som tilsier friklassifisering. Foreløpig kartlegging av avfallsmengder tyder på at om lag 85 % av avfallet kan friklassifiseres. Prosesser hvor friklassifisering kan være:

- Friklassifisering av material (fast stoff, væske og gass) ved HBWR
- Friklassifisering av material ved off-site behandling
- Friklassifisering av rom og bygninger utenfor regulatorisk kontroll
- Friklassifisering av rom og bygninger for riving
- Friklassifisering av grunn

For store avfallskategorier som betong og jordsmonn hvor aktivitetsinnholdet er lavt men overstiger fastsatt friklassingsgrense, kan betinget friklassing være et alternativ. Det er ikke benyttet betinget friklassing tidligere og prosessen vil kreve utarbeidelse av eget «safety case» og godkjenning av DSA.

System for radiologisk friklassing av materiale innbefatter flere delprosesser med tilhørende aktiviteter og krav til dokumentasjon, og er tett knyttet til strategi for radiologisk kartlegging. Prosess for friklassing vil bli detaljert beskrevet i «Final Plan».

SKBs beskrivelse av friklassing og demontering av nukleære anlegg [10] vil være relevant som veileder ved utarbeidelse av system for friklassing av material i tillegg til relevante IAEA retningslinjer.

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 53 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

6.3 Spesialavfall – radioaktivt

Følgende radioaktivt spesialavfall forventes å finnes ved HBWR:

- Kontaminert bly (medregnet i fysisk inventory, kap. 6.2)
- PCB-holdige materialer
- Maling og coating inneholdende tungmetaller
- Oljer og andre organiske løsninger
- Kjemikalier i hovedsak fra analysevirksomhet
- Syreholdige løsninger
- Helium-3 gass
- Scientillasjonsvæske
- Tungtvann

Radiologisk og kjemisk kartlegging vil bli gjennomført for å avdekke typer og fastsette mengder av radioaktivt spesialavfall. Det er så langt ikke avdekket radioaktiv asbest, men dette må undersøkes nærmere.

Det pågår studier for å fastsette avfallsrute for tungtvannet.

6.4 Spesialavfall – ikke radioaktivt

Følgende ikke-radioaktivt spesialavfall forventes å finnes ved HBWR:

- Bly (medregnet i fysisk inventory, kap. 6.2)
- PCB-holdige materialer
- Maling og coating inneholdende tungmetaller
- Oljer og andre organiske løsninger
- Kjemikalier i hovedsak fra analysevirksomhet
- Syreholdige løsninger
- Asbest

Kjemisk kartlegging vil bli gjennomført for å avdekke typer og fastsette mengder av ikke-radioaktivt spesialavfall.

Ikke-radioaktivt spesialavfall håndteres iht. gjeldende rutiner for radiologisk kontroll og avhending til godkjent mottaker av spesialavfall.

6.5 Logistikk og avfallsruter (avfallshåndtering)

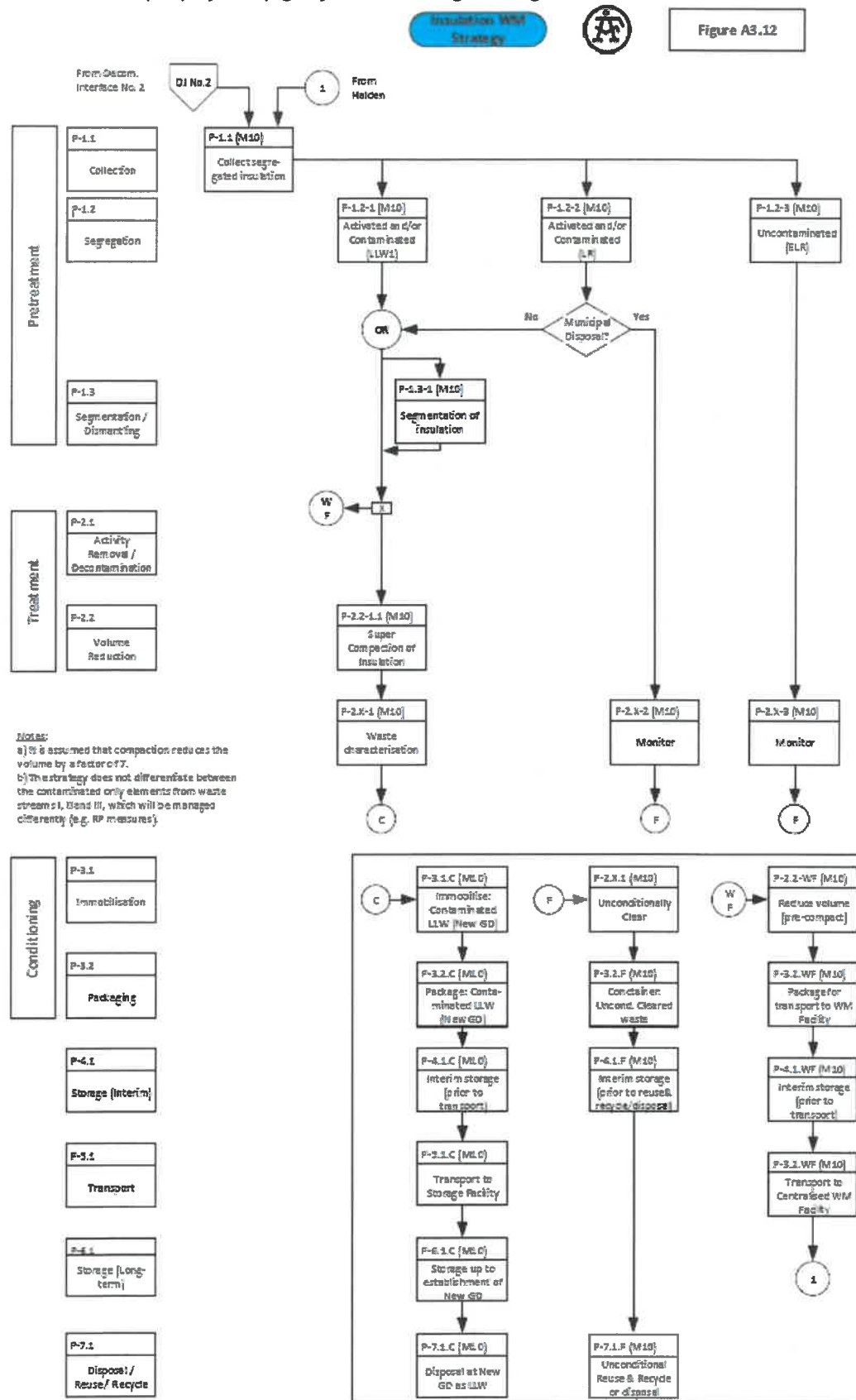
Prosjekt «Logistikk – dekommisjoneringsavfall og brukt brensel» [13] gjennomgår HBWRs avfallsstrømmer og har som mål å definere alle avfallsstrømmer inkl. relevante prosesstrinn for avfallshåndtering. Arbeidet utføres av konsulenter og bygger videre på analysen i KVVU-trinn 2 [3]. Første del av prosjektet forventes å være slutført i 2019. Da radiologisk karakterisering ikke er slutført, må det forventes at dette arbeidet må oppdateres i 2020. Nasjonal avfallsstrategi vil også kunne påvirke valg av relevante prosesstrinn for avfallshåndtering og definert slutttilstand for de ulike avfallsstrømmene.

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: [REDACTED]	Side 54 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

Tabell 26 viser eksempel på foreløpig avfallshåndteringsstrategi for avfallsstrømmen isolasjon.

Tabell 26 er illustrativ for hvordan avfallshåndteringsstrategien for hver av avfallsstrømmene vil utformes. Ut fra valgt avfallshåndteringsstrategi kan nødvendig anlegg og infrastruktur for avfallshåndtering fastsettes. Kap. 6.5.1 tom. 6.5.8 beskriver i korte trekk ulike steg i avfallshåndteringen. Beskrivelsen er ikke utfyllende, og vil bli detaljert når bl.a. valgt avfallshåndteringsstrategier, avfallsruter og logistikk er fastsatt. Det er i den videre beskrivelsen ikke skilt mellom flytende og fast avfall. I «Final Plan» vil flytende og fast avfall beskrives separat, da trinnene i avfallsstrategien avviker vesentlig.

Tabell 26: Eksempel på foreløpig avfallshåndteringsstrategi.



DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 56 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

6.5.1 Forbehandling (Pretreatment)

Følgende prosessstrinn kan inngå i forbehandlingen:

- Demontering av valgt system/ sone
- Segregering ihht bl.a. aktivitetskategorier og avfallskategori
- Karakterisering
- Segmentering, oppkapping og/ eller oppdeling
- Dekontaminering/ enkel rengjøring
- Endring av typisk kjemisk sammensetning

I en detaljert avfallsstrategi vil relevante prosessstrinn for hver enkelt avfallsstrøm være spesifisert.

6.5.2 Behandling/ Håndtering (Treatment)

Følgende prosessstrinn kan inngå i behandlingen:

- Dekontaminering/ fysisk og kjemisk fjerning av aktivitet
- Reduksjon av volum (kompaktering, smelting, inndamping)
- Endring av typisk kjemisk sammensetning
- Karakterisering

I en detaljert avfallsstrategi vil relevante prosessstrinn for hver enkelt avfallsstrøm være spesifisert.

6.5.3 Kondisjonering (Conditioning)

Følgende prosessstrinn kan inngå i behandlingen:

- Imobilisering
- Pakking av avfall i godkjente beholdere
- Overpack for transport
- Karakterisering

I en detaljert avfallsstrategi vil relevante prosessstrinn for hver enkelt avfallsstrøm være spesifisert.

6.5.4 Bufferlager HBWR (Interim Storage)

Det må etableres områder og soner for midlertidig lagring av avfall som er ferdig behandlet og/ eller kondisjonert og klar til å fraktes til f.eks. spesifisert deponi, mellomlager eller annen avfallshåndtering. Det må etableres bufferlager både for aktivt avfall og for avfall som er friklasset.

Analyse av avfallsstrømmer og avfallsmengder samt valg av logistikk-løsninger vil være førende for hvor store bufferlager som trengs. Prosjekt «Logistikk – dekommisjoneringsavfall og brukt brensel» [13] vil gi anbefalinger for type og størrelse på bufferlager.

En detaljert beskrivelse av bufferlager vil bli gitt i «Final Plan».

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 57 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

6.5.5 Mellomlager og sentralt avfallshånderingsanlegg

KVU-trinn 2 [3] viser i sin analyse at deponikapasiteten i KLDRA ikke er tilstrekkelig for å kunne motta alt dekommisjoneringsavfallet fra IFEs nukleære anlegg. Det må av den grunn etableres et mellomlager for deler av avfallsstrømmene.

NND er ansvarlig for etablering av nasjonal avfallsstrategi og etablering av nasjonale anlegg for mellomlagring av radioaktivt avfall. Behovet for et større sentralt avfallshånderingsanlegg utredes også som en del av prosjektet «Logistikk – dekommisjoneringsavfall og brukt brensel» [13].

En detaljert beskrivelse av mellomlager og evt. sentralt avfallshånderingsanlegg vil bli gitt i «Final Plan».

6.5.6 Deponi

KLDRA er i dag eneste deponiløsning for HBWRs radioaktive avfall. KVU-trinn 2 [3] viser i sin analyse at deponikapasiteten i KLDRA ikke er tilstrekkelig for å kunne motta alt dekommisjoneringsavfallet fra IFEs nukleære anlegg.

NND har i oppgave å se på mulige alternative deponiløsninger og lokalisering.

En mer detaljert beskrivelse av ulike deponiløsninger vil bli gitt i «Final Plan».

6.5.7 Dokumentasjon

Alle prosesser, del-prosesser og prosedyrer knytte til avfallshåndtering må være tydelig definert og vil inngå i ledelsessystemet. Avfallshåndtering er også sterkt knyttet sammen med strategi og prosess for radiologisk karakterisering. Krav til sporbarhet og kvalitetskontroll i alle trinn er av vesentlig betydning.

Dokumentasjon ifm. avfallshåndtering omfatter også databaseverktøy for avfallsstyring, friklassifisering av materiale og dokumentasjon av data fra radiologisk karakterisering. Krav til sporbarhet av alt avfall, dvs. friklasset materiale, deponert og resirkulert/ gjenbrukt, gjelder for alle disse systema.

Krav til dokumentasjon og prosesser for å ivareta gitte krav vil beskrives i detalj i «Final Plan».

6.6 Transport

Transport av aktivt- og konvensjonelt avfall samt atomsubstans vil være sentrale aktiviteter knyttet til avfallshåndteringen. Transportsystemene vil beskrives i detalj i «Final Plan», og vil inneholde en beskrivelse av både interne rutiner for forflytning av aktivt materiale og systemer for transport eksternt.

All transport av atomsubstans skjer i henhold til gjeldende regelverk for transport av farlig gods, som omfatter det internasjonale ADR/RID regelverket, samt i tråd med IFEs administrative vedtak for transport [14]. For flyfrakt gjelder flyselskapenes IATA regelverk som baserer seg på koder fra den internasjonale organisasjonen for sivil luftfart, ICAO.

Ved transport mellom Kjeller og Halden benyttes som regel IFEs egne transportbeholdere. Alle disse har gyldige sertifikater utstedt av DSA. Ved transport til og fra utlandet brukes oftest innleide beholdere. Disse er sertifiserte fra utenlandske myndigheter, men sertifikatene er validert av DSA.

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: [REDACTED]	Side 58 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

Ved transporter av atoms substans er det etablert spesifikke tiltak for å ivareta fysisk sikring og beredskap i henhold til krav i atomenergilovens forskrift om fysisk sikring.

6.7 Radioaktivitetsmengder

Radioaktivitetsberegningene for avfall fra HBWR er utført pr. 1/1 2010 med ekstrapolert beregning fram til 2015 [48]. Disse estimatene for radioaktivitetsmengder må oppdateres da avfallsmengder har økt ved siste kartlegging. Oppdateringen vil bli gjennomført når data fra radiologisk kartlegging foreligger.

6.8 Brensel

[REDACTED]

Både tømning av reaktortanken og utkjøring av brensel fra brenselsbrønn i reaktorhall er tidkrevende. Med hensyn på sikkerhet, dosebegrensning i henhold til ALARA-prinsippet og tidseffektivitet er det essensielt at disse jobbene blir utført av kvalifisert personell.

[REDACTED]

7 Finansiering

7.1 Tilgang til økonomiske ressurser, inkludert kostnadsestimater

7.1.1 Kostnadsestimat

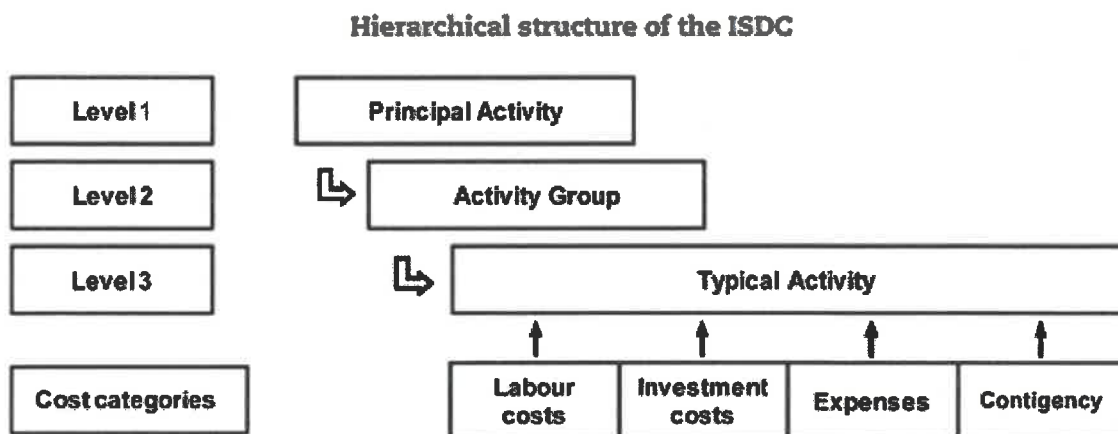
Kapittel 7.2 dekker en kostnadsestimering i henhold til ISDC (International Structure for Decommissioning Costing). Dette gir en ensartet liste over kostnadsposter for dekommisjoneringsprosjekter med sikte på å fremme likhet og unngå inkonsekvens i kostandsevalueringer for dekommisjoneringsprosjekter [39].

Alle kostnader innenfor planlagt omfang av et dekommisjoneringsprosjekt kan gjenspeiles i ISDC. IFE har valgt å bruke IAEA sitt program CERREX (Cost Estimating Research Reactor Excel) [40] til kostnadsestimering av dekommisjoneringsprosjekter.

7.1.2 ISDC Struktur

Standard dekommisjoneringsaktiviteter som er identifisert i ISDC presenteres i en hierarkisk struktur, med første og andre nivå som et sammendrag av grunnleggende aktiviteter som er identifisert på tredje nivå [39]. Kostnaden knytte til hver aktivitet kan deles opp i henhold til fire kostnadskategorier.

Tabell 27: Hierarchical structure of the ISDC system.



7.1.3 Nivå 1 Hovedaktivitetene (Level 1 Principal activities)

For eksempel, aktiviteter før dekommisjoneringen har startet, driftsstansaktiviteter, demontering innenfor et kontrollert område, avfallshåndtering, lagring og deponering, områdeinfrastruktur og operasjon, prosjektledelse, prosjektering og støtte.

7.1.4 Nivå 2 Aktivitetsgruppe (Level 2 Activity Group)

Avhengig av aktiviteten valgt på nivå 1 representerer aktivitetene på nivå 2 en underavdeling av nivå 1-aktivitetene, for eksempel «Demonteringsaktiviteter innenfor det kontrollerte området» er delt inn i flere viktige trinn, herunder demontering av dekontaminering før fjerning av materialer som krever

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 60 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

spesifikke prosedyrer for demontering av store prosess systemer, konstruksjoner og komponenter, og demontering av andre systemer og komponenter.

7.1.5 Nivå 3 Typisk aktivitet (Level 3 Typical activity)

Aktiviteter på nivå 3 gir en ytterligere deling av aktiviteter, som for eksempel i overgangsfase mellom drift og dekommisjonering hvor dekontaminering er delt inn etter drenering av gjenværende systemer, fjerning av slam; dekontaminering av systemer og dekontaminering av bygningsoverflater.

7.1.6 Kostnadskategorier (Cost categories)

Fire kostnadskategorier defineres på hvert nivå. Disse er personellkostnader, kostnader knyttet til kapital / utstyr / material, utgifter og uforutsette kostnader (contingency).

7.2 Anleggets kostnadsestimat for dekommisjonering (HBWR med tilhørende anlegg)

I KVVU-trinn 2 [3] er det utarbeidet et kostnadsestimat for dekommisjonering av de nukleære anleggene både på Kjeller og i Halden. Dette arbeidet er basert på IAEAs WBS (ISDC) [39]. Kostnadsestimatet er gjennomført ved hjelp av IAEAs program CERREX og er utarbeidet av DNV GL i samarbeid med IFE.

Kostnadsberegningen inkluderer alle aktiviteter knyttet til dekommisjoneringsprosjektets 3 faser, og er gjennomført for både begrenset og ubegrenset bruk. *Tabell 28* viser grunnkalkylen gitt i KVVU-trinn 2, dvs. kostnadsberegningen uten usikkerhetsanalyse. Grunnkalkylen inkluderer kostnader knyttet til drift, vedlikehold og overvåking av anlegget samt vakt og sikring i alle faser av dekommisjoneringen. Antall årsverk hensyntar både IFEs og NNDs organisasjon. Kostnader knyttet til håndtering og valg av sluttløsning for lagring av brukt brensel er ikke inkludert i estimatet.

Tabell 28: Oversikt over grunnkalkyle (MNOK, 2019-kr) B = begrenset bruk; UB = ubegrenset bruk (Tabell 5-2 i [3]) Definisjon på B og UB se kap. 3.1.

Fase		B	UB	Δ
1	Planlegging og forberedende aktiviteter	865	865	
	Prosjektledelse, støttefunksjoner og fjerning av brensel	528	528	
	Investeringer og driftskostnader	209	209	
	Vakt og sikring	128	128	
2	Nukleær demontering og dekontaminering	1 346	1 335	-12
	Prosjektledelse og støttefunksjoner	625	625	
	Nukleær demontering og avfallshåndtering	317	315	-2 (a)
	Investeringer og driftskostnader	222	212	-10 (c)
	Vakt og sikring	183	183	
3	Konvensjonell riving og opparbeiding av tomt		146	146
	Prosjektledelse og støttefunksjoner		31	31
	Konvensjonell riving og opparbeiding av tomt		91d	91 (d)
	Driftskostnader		22e	22 (e)
	Vakt og sikring		2	2
		2 212	2 346	134

(a) Endelig radioaktivitetsundersøkelse av området for begrenset bruk er gjort i slutten av fase 2, mens for ubegrenset bruk er gjennomføres dette i fase 3.

(c) Kostnaden for begrenset bruk er høyere fordi nedrivning av avfallshåndteringsanlegget (MNOK 10) er gjort i slutten av fase 2 for begrenset bruk, mens for ubegrenset bruk i fase 3.

(d) Inkludert kostnader for håndtering av jordavfall (antatt 10% av total avfallshåndteringskostnad fra Studsvik).

(e) Dette inkluderer DSA kostnad, kostnad for dekommisjonering av avfallshåndteringsanlegg, kostnad for referansegruppe og service og vedlikehold av IT-systemet.

I KVVU-trinn 2 [3] er usikkerheten i grunnkalkylen vurdert og faktorer som utpeker seg med stor betydning for kostnadsestimatet er:

- Juridisk og regulatorisk rammeverk
- Organisering og prosjekt gjennomføring
- Logistikk knyttet til avfallshåndtering

Kostnadsestimatene fra KVVU-trinn 2 er vesentlig høyere enn estimatene fra KVVU-trinn 1 [11] og KS1 [49] som vist i *Tabell 29*. Begge disse estimatene har vært tilnærmet lik IFEs eget estimat fra HBWR-SAR-19 2018. Den store økningen i kostnad skyldes i hovedsak 3 faktorer:

- Avfallsvolumet har økt med en faktor 6
- Behovet for arbeidskraft i prosjektets ulike faser er vurdert å være betydelig høyere
- Gjennomføringstiden har økt med bakgrunn i økt avfallsmengde. Dette gjelder spesielt for fase 2 i prosjektet

Tabell 29: Oppsummering av estimert kostnadsoverslag fra KVVU-trinn 2, KVVU-trinn 1, KS1 og HBWR-SAR-19 (MNOK)

Investeringskostnader, forventningsverdi	KVVU-trinn 1 (2014-kroner)	KS1 (2016) (2016-kroner)	HBWR-SAR-19 (2018)	KVVU-trinn 2 (2019-kroner)
Begrenset bruk	698	830		3 160
Ubegrenset bruk	757	870	1 113	3 400

7.3 Tildeling av finansielle ressurser

NND skal på oppdrag fra Nærings- og fiskeridepartementet lede arbeidet med styrt avvikling (dekommisjonering) av norske atomanlegg. Finansieringen av de nukleære anleggene er definert som den norske stat sitt ansvar og bevilges fra NFD.

7.4 Revidering og oppdatering av finansielle ressurser

Oppdatering av kostnadsestimatet vil bli utført i forbindelse med utarbeidelse av kvalitetssikring av KVVU-trinn 2 [3].

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 62 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

8 Strålevern

Strålevernsprinsipper og -målsetninger ved HBWR under dekommisjonering vil være som beskrevet i HBWR-SAR-12. Deler av strålevernsprogrammet vil imidlertid bli revidert med hensyn på nye systemer og arbeidsoppgaver. Tilsvarende vil deler av utslippet forbli uendret fra situasjonen med permanent nedstengt reaktor (tritium til luft og vann fra kontaminering i reaktorhallen, tritium, Co-60 og Cs-isotoper til vann fra vaskeriet, kjemilaboratoriene, brønner og inndamper), mens utslipp utover dette vil avhengig av dekommisjoneringsstrategi og -metoder.

9 Sikkerhetsanalyse (Safety Assessments)

Sikkerhetsanalysen er gitt i HBWR-SAR-16, der alle de postulert utløsende hendelsene er hentet fra IAEA [54]. Denne analysen må gjennomgås og oppdateres ved større endringer ved HBWR. En viktig del av dette vil være å sikre at de riktige hendelsene blir evaluert. Dette inkluderer både radiologiske og ikke-radiologiske hendelser.

Forsvar i dybden (HBWR-SAR-2) er en viktig del av sikkerhetsanalysene.

I forkant av de ulike dekommisjoneringsoppgavene og særlig i forhold til å endre eller fjerne systemer fra reaktoranlegget vil sikkerhetsanalyser knyttet både til gjennomføring av arbeidet og ikke minst til konsekvenser av endringene som påføres reaktoranlegget. Slike sikkerhetsanalyser må inkludere:

- behov for personell med nøkkeltkunnskap,
- tiltak for å sikre personell, befolkning og miljø,
- beskrives/forklaring på endringer i sikkerhetssystemene på bakgrunn av endring fra drift til dekommisjonering,
- frigivelse av støv og aerosoler,
- halveringstiden for radionuklidene må tas i betraktning i forhold til valg av når ulike systemer skal fjernes, både med hensyn på fordelene en utsettelse kan gi ved reduksjon av radioaktivt avfall og eksponering til personell og fordeler ved å fjerne store dosekilder
- aldring av komponenter
- ikke-radiologiske elementer må vurderes, inkluderer farlige stoffer i bruk f.eks. ved dekontaminering, demontering etc.

9.1 Rammeverk for sikkerhetsvurdering, inkludert sikkerhetskrav og sikkerhetskriterier

Rammeverket for sikkerhetsvurderingene vil være IAEAs standarder., der de mest relevante er:

- IAEA-GSG-3: The Safety Case and Safety Assessment for the Predisposal Management of Radioactive Waste [55]
- IAEA-GSG-10: Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities [56]
- IAEA-GSR-Part 4: Safety Assessment for Facilities and Activities [57]
- IAEA-WS-G-5.2: Safety Assessment for the Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material [58]
- IAEA-SSG-23: The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste [59]

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 63 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

9.2 Metodikk for sikkerhetsvurderinger

Sikkerhetsvurderingene vil være basert på analysemetoden beskrevet i HBWR-SAR-16; der det er konsekvensen av analysen som initierer bruk av analyseverktøy. Utvidede analyser kan inkludere:

- Forenklede risikoanalyse som sjekklister, SJA etc.
- Standard risikoanalyse som HAZID, HAZOP etc.
- Modellbasert risikoanalyse som feiltreanalyse, hendelsestreanalyse etc.

9.3 Identifisering av farer, igangsetting av tiltak og identifisere scenarier for analyse for normale og unormale situasjoner

Denne analysen er gitt i HBWR-SAR-16.

9.4 Uhellsanalyse (Hazard analysis)

Denne analysen er gitt i HBWR-SAR-16.

9.5 Resultat fra sikkerhetsvurderingen

Resultatene fra sikkerhetsanalysene er oppsummert i vedlegg 1 til HBWR-SAR-16.

9.6 Implementering av resultatene fra sikkerhetsvurderingen, herunder fastsetting av grense og vilkår for dekommisjoneringsaktiviteter

Grenser og betingelser for drift ved HBWR er gitt i HBWR-SAR-17 (OLC), der endringer i forhold til dekommisjoneringsaktiviteter vil inkluderes ved behov.

9.7 Overvåking og vedlikehold av sikkerhetstiltak

Sikkerhetstiltakene ved HBWR er inkludert i det generelle overvåknings og aldringsprogrammet ved reaktoranlegget (HBWR-SAR-13).

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: [REDACTED]	Side 64 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

10 Miljøkonsekvensanalyse

Det er utført konsekvensanalyser for den nukleære driften ved IFE i 2004 og 2006 som er oppsummert i HBWR-SAR-14. Det vil bli foretatt ny utredning i forhold til dekommisjonering av reaktoranlegget. Denne vil bli oppsummert når den foreligger.

11 Beredskapsordninger

IFEs beredskapsplanlegging og håndtering av beredskapshendelser samt overordnet beredskapsplan er gitt i [60] [61] og inkluderer beredskapsplan for HBWR [47], som er oppsummert i HBWR-SAR-20. Gjeldende beredskapsplan vil bli revidert i forhold dekommisjonering.

12 Fysisk sikring og regnskapsføring for og kontroll av nukleært materiale

Fysisk sikring av HBWR er regulert i henhold til "Forskrift om fysisk beskyttelse av nukleært materiale og nukleære anlegg" [26] så lenge det er brensel på reaktoranlegget og er beskrevet i [62] [63].

12.1 Program og tiltak for regnskapsføring og kontroll av nukleært materiale

Program og tiltak for regnskapsføring og kontroll av nukleært materiale er beskrevet i HBWR-SAR-10.

13 Utarbeiding av endelig dekommisjoneringsplan

Final dekommisjoneringsplan skal utarbeides og oversendes sammen med søknad om påbegynnelse av dekommisjonering.

14 Friklassing av anleggsområdet

Endelig kartlegging av restkontaminering og radionuklider gjennomføres for å avklare at området kan friklasseres. Dette kan gjennomføres i faser for å avslutte friklassing av enkelt områder av gangen.

Undersøkellesdataene vil bli dokumentert i en avsluttende undersøkelsesrapport og sendes til DSA.

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 65 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

15 Referanseliste

- [1] IAEA Safety Standards SSG-47 Decommissioning of Nuclear Power Plants, Research Reactors and Other Fuel Cycle Facilities, 2018
- [2] Safety Report Series No.45, Standard Format and Content for Safety Related Decommissioning Documents, 2005
- [3] KVVU-trinn 2 Fremtidig dekommisjonering av IFEs nukleære anlegg, 2019
- [4] KVVU-trinn 2 vedlegg C Waste management Update Halden and Kjeller, 2019
- [5] IAEA Safety Glossary Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection 2018 ed
- [6] Statens strålevern, Tillatelse TU13-37 etter forurensingsloven for håndtering av radioaktivt avfall og utslipp av radioaktive stoffer, Institutt for energiteknikk, Halden, 20. desember 2013, (2013)
- [7] NEA/RWM/WPDD (2013) Radiological Characterisation for Decommissioning of Nuclear Installations
- [8] NEA nr 7373 2017 Radiological Characterisation from a Waste and Materials End-State Perspective
- [9] MARSSIM Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual
- [10] SKB R-16-13 Friklassing ved nedmontering och rivning av kärntekniske anleggningar
- [11] KVVU-trinn 1 Fremtidig dekommisjonering av de nukleære anleggene i Norge, 2015
- [12] www.nnd.no
- [13] Prosjektmandat O-40899 Logistikk - dekommisjoneringsavfall og brukt brensel
- [14] AV 065 "Transport av radioaktivt og spaltbart materiale"
- [15] IAEA TS-R-1, "Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material"
- [16] ADR "Den europeiske avtale om internasjonal vegtransport av farlig gods" (The European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road)
- [17] NOU 2011:2 (Strandenuutvalget) Mellomlagerløsning for brukt reaktorbrensel og langlivet mellomaktivt avfall
- [18] GSR Part 6 «Integrated management system for decommissioning»
- [19] AV 026 Instituttets sikkerhetsarbeid
- [20] IFE/F-2018/039 Kompetansekartlegging for fremtidig avfallshåndtering og dekommisjonering ved IFEs nukleære anlegg
- [21] ROE-Y-001 Kvalitetshåndbok avdeling ROE

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 66 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

- [22] LOV-2018-12-20-113 Lov om atomenergivirksomhet (atomenergiloven)
- [23] LOV-2019-06-21-54 Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven)
- [24] FOR-2018-12-20-2092 Forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall
- [25] LOV-2018-06-01-24 Lov om nasjonal sikkerhet (sikkerhetsloven)
- [26] FOR-2018-12-20-2067 Forskrift om fysisk beskyttelse av nukleært materiale og nukleære anlegg
- [27] LOV-2016-05-27-14 Lov om kontroll med eksport av strategiske varer, tjenester og teknologi (Eksportkontrollloven)
- [28] LOV-2018-12-20-113 Lov om strålevern og bruk av stråling (strålevernloven)
- [29] FOR-2016-12-16-1659 Forskrift om strålevern og bruk av stråling (strålevernforskriften)
- [30] FOR-2018-12-20-2067 Forskrift om besittelse, omsetning og transport av nukleært materiale og flerbruksvarer
- [31] FOR-2019-04-30-548 Forskrift om trykkpåkjent utstyr
- [32] FOR-2015-06-26-774 Forskrift om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff samt utstyr og anlegg som benyttes ved håndteringen
- [33] FOR-2017-06-09-719 Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften)
- [34] LOV-2019-06-21-25 Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (arbeidsmiljøloven)
- [35] ROE-001 "Dokumentutarbeidelse, dokumenthåndtering og oversikt over dokumenttyper for Driftsavdelingen (ROE) (M-files ID: 21057)
- [36] ROE-037 "Arkivnøkkel for avd. Reaktor Drift og Vedlikehold"
- [37] IFE 10 20 40 IFEs Informasjonssikkerhetshåndbok (M-files ID: 3198)
- [38] P. Lidar; «Planlegging av dekommisjonering – sluttplan», Presentasjon IFEs dekom.seminar juni-2018.
- [39] OECD Nuclear Energy Agency. (2012). International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations. ISBN 978-92-64-99173-6.
- [40] KVVU-trinn 2 vedlegg F – Kostnadsestimeringsverktøyet Cerrex-D2 og ISDC-strukturen.
- [41] ROE-HBWR-350-Risikovurdering ved nedkjørt reaktor og ikke fungerende VA-3
- [42] Prosjektmandat O-40900 Grensesnitt, infrastruktur og behovsanalyse
- [43] IAEA WS Decommissioning of Nuclear Facilities/ Decontamination Technologies, Lawrence E. Boing, 2006

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: ██████████	Side 67 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

- [44] EC-CND Dismantling Techniques, Decontamination Techniques, Dissemination of Best Practice, Experience and Know-how, June 2009
- [45] IAEA-TECDOC-1273, Decommissioning techniques for research reactors Final report of a coordinated research project 1997–2001, 2002
- [46] TECHNICAL REPORTS SERIES No. 395, State of the Art: Technology for Decontamination and Dismantling of Nuclear Facilities, 1999
- [47] AV-081 vedlegg 4 “Beredskapsplan for fysisk beskyttelse av IFEs reaktoranlegg og nukleære materialer i Halden” med tilhørende vedlegg
- [48] SV-rapport 823 “Estimat for aktivitet ved HBWR ved dekommisjonering”
- [49] Fremtidig dekommisjonering av de nukleære anleggene i Norge. Kvalitetssikring (KS1) - utarbeidet på oppdrag fra Finansdepartementet og Nærings- og Fiskeridepartementet
- [50] ROE-HBWR-122 Liste over kontaminerte rør og komponenter i primærkrets og RH
- [51] Sluttrapport Program Historisk Atomavfall og Dekommisjonering (ID 36463)
- [52] Oppdragsavtale mellom IFE, Sektor Atomavfall (Program Historisk Atomavfall) og IFE, Sektor NFS, Avdeling NFM / Sektor DS, Avdeling INTSYS, Database for IFEs brukt brensel.
- [53] IAEA GSG-1 Classification of radioactive waste
- [54] IAEA Safety Standards SSR-3 “Safety of Research Reactors”
- [55] IAEA-GSG-3: The Safety Case and Safety Assessment for the Predisposal Management of Radioactive Waste
- [56] IAEA-GSG-10: Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities
- [57] IAEA-GSR-Part 4: Safety Assessment for Facilities and Activities
- [58] IAEA-WS-G-5.2: Safety Assessment for the Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material
- [59] IAEA-SSG-23: The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste
- [60] AV 081 Beredskapsplanlegging og håndtering av beredskapshendelser ved IFE
- [61] AV 081 vedlegg 1 Beredskapsplan for Institutt for energiteknikk's Strategiske Ledelse (Nivå 1)
- [62] AV 091 Fysisk sikring ved IFE
- [63] AV 081 vedlegg 3 Beredskapsplan for fysisk sikring (Begrenset i henhold til Sikkerhetslovens § 11)

16 Figurliste

[REDACTED]

[REDACTED]

17 Figurer

[REDACTED]

DOCUS-ID: 38384	Dato: 29.08.2019	Klassifisering: [REDACTED]	Side 70 av 70
-----------------	------------------	----------------------------	---------------

[REDACTED]