Rev. 2

Åpen

SIKKERHETSRAPPORT FOR IFEs ANLEGG FOR BEHANDLING OG LAGRING AV RADIOAKTIVT AVFALL (RADAVFALLSANLEGGET)

April 2012

Åpen

Sikkerhetsrapport
for
IFEs anlegg for behandling og lagring
av
radioaktivt avfall
(Radavfallsanlegget)

April 2012

1 Innledning 1

2 Organisering og ansvarsforhold 1
2.1 Opplæring....2
2.2 Kvalitetssikring....2
2.2.1 Grønn bok – Avfallsteknologi....2

3 Beskrivelse av anlegget 3
3.1 Radavfall I (bygg 8) består av 3 sammenhengende bygg (figur 1, 2 og 3)....3
3.1.1 Radavfall II....3
3.1.2 Avfallsbehandlingsanlegget (ABA)....3
3.1.3 Lagerbygg I for aktivt avfall (L-I)....3
3.2 Lagerbygg II (bygg 24) for aktivt avfall (L-II) (figur 4)....3
3.3 Ventilasjon og strømtilførsel....4
3.4 Vann og avløp....4

4 Karakterisering av avfall 4
4.1 Radioaktivitetsmengder....5
4.2 Avfall lagret i RAA....5
4.3 Ionebyttermasse fra Haldenreaktoren....6
4.4 Eksternt avfall....6

5 Avfallsbehandling 6
5.1 Registrering....6
5.2 Prosessbeskrivelse....7
5.3 Prosessutstyr....7
5.3.1 Kvern og hydraulisk presse for fast avfall (rom 121)....8
5.3.2 Støpeboks for flytende avfall (rom 011)....8
5.3.3 Ionebytteranlegg for rensing av lavaktivt avfallsvann (rom 004, 107, 102, 003)....8
5.3.4 Inndamper for avfallsløsninger (rom 012)....9
5.3.5 Oppsamlingstanker for væskeavfall (rom 008)....9
5.3.6 Lagertanker (rom 102,003)....9
5.3.7 Mottakstanker for NALFA-ledningsnett (rom 101)....9
5.3.8 Ledningsnett til RAA og videre gjennom NALFA-ledningen....10
5.3.9 Lagringstanker for ionebyttermasse fra Haldenreaktoren (rom 117, 111)....10
5.3.10 Støpecelle for ionebyttermasse fra Haldenreaktoren (rom 015)....10
5.4 Vedlikehold og kontroll av prosessutstyr....11
5.5 Støperom for preparering av tønner (rom 101)....11
5.6 Spesiallager for tønner (rom 005)....11
5.7 Emballasje....11
5.7.1 Tønner/fat....12
5.7.2 Kokiller....12
5.7.3 Stålkasser....12
5.7.4 Betongkvalitet....12
5.7.5 Håndtering av avfallsbeholdere....12

5.8 Utslipp til vann 13

6 Kontroll og overvåking 13
6.1 Overvåking av anlegg og personell 13
6.2 Verneutstyr 13
6.3 Førstehjelp og legebehandling 13
6.4 Arbeidsforskrifter 14
6.5 Luft og gamma-monitorering 14
6.6 Lekkasjekontroll 14
6.7 Brannvarsling og slukkeutstyr 14

7 Driftsforstyrrelser og uhellsanalyse 15
7.1 Driftsforstyrrelser 15
7.1.1 Konsekvenser ved strømbrudd i RAA 15
7.2 Vanntilførsel og avløpsvann 15
7.3 Vannavløp i lukket prosessutstyr 16
7.3.1 Radioaktivt kontaminert vann 16
7.3.2 Inaktivt vann 16
7.4 Ventilasjon 16

8 Sikkerhetsmessige vurderinger 16
8.1 Ioniserende stråling 16
8.2 Spredning av luftbåren radioaktivitet 16
8.3 Lekkasjer og spredning av radioaktivitet 17
8.4 Brann 17
8.5 Vanninntrengning 17
8.6 Driftsuhell 18
8.7 Personellvern 18
8.8 Oppsummering 18

9 Referanseuhell ved Radavfallsanlegget 18
9.1 Innledning 18
9.2 Scenario og kildeterm 18
9.3 Doseberegninger 19
9.4 Vurderinger 20
9.5 Tiltak i akutt fase 20
9.6 Opptak i matvarer 21

10 Referanser 22

11 Figurer 1

12 Vedlegg 15
12.1 Arbeidsinstruks og registreringsskjema i Grønn Bok-Radavfall pr. 31.12.09 15

1 Innledning

Foreliggende rapport er sikkerhetsrapport for Radavfallsanlegget (RAA) ved Institutt for energiteknikk (IFE), Kjeller.

Ved anlegget behandles og lagres det lav- og middelsaktive avfallet fra reaktorer, isotop-produksjonen og forsøksvirksomheten ved Instituttet. Anlegget mottar også fast og flytende avfall og kasserte strålingskilder fra eksterne brukere av radioaktivitet.

RAA omfatter virksomheten i følgende bygg med henvisning til figur 1:

- Radavfall I (tidligere bygg URA, ABA og Lagerbygg I); bygg 8
- Lagerbygg II for aktivt avfall; bygg 24

Radavfall I bestod tidligere av 3 sammenhengende bygg med separate romserier, men av sikkerhetsmessige grunner er det valgt å lage en romserie for hele bygget.

Sikkerhetsrapporten for RAA beskriver prosessene fra avfallet mottas i anlegget og til det er ferdig behandlet og plassert på dertil egnet lager i tønner eller andre beholdere.

Foreliggende rapport har grensesnitt mot sikkerhetsrapporten for KLDRA-Himdalen [1], som beskriver prosessene fra beholderne tas ut av lager for opplasting på kjøretøy og transport, til de er deponert eller lagret i KLDRA-Himdalen.

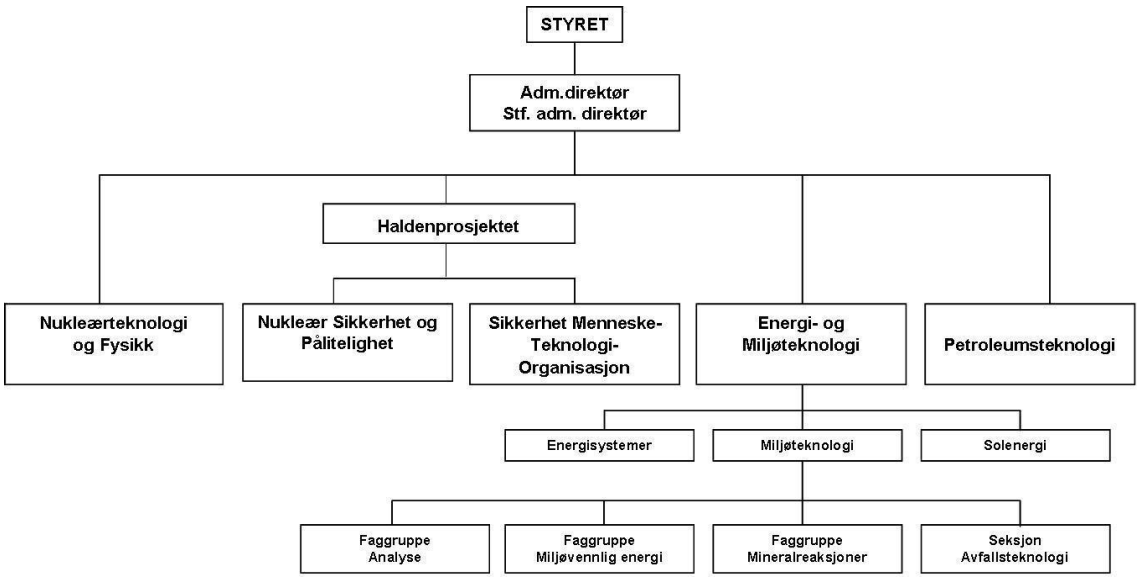
2 Organisering og ansvarsforhold

RAA er pr. 01.03.2012 underlagt seksjon Avfallsteknologi ved avdeling Miljøteknologi. Avdeling Miljøteknologi er organisert på sektor Energi- og miljøteknologi. Avdelingen har pr. 01.03.2012 en seksjon Avfallsteknologi, mens resten av avdelingen er organisert i faggrupper (figur 2.1).

Avdelingssjef ved avdeling Miljøteknologi har det overordnede ansvar for sikkerheten i anlegget og for gjennomføringen av de bestemmelser som er fastsatt i Sikkerhetsrapporten, arbeidsprosedyrer og andre reglementer i tilknytning til driften. Avdelingssjef er videre ansvarlig for ansettelse av personell og at disse blir gitt tilstrekkelig opplæring.

Seksjonsleder Avfallsteknologi er ansvarlig for den daglige drift av anlegget og er overfor avdelingssjef ansvarlig for at arbeidsoppgaver, prosedyrer, sikkerhetsbestemmelser og reglement blir fulgt, og at utstyr og anlegget til enhver tid er i god stand.

Radavfallsanlegget er underlagt IFEs internkontrollsystem på lik linje med IFEs andre nukleære anlegg.



Figur 2.1 Organisasjonskart

2.1 Opplæring

Ansatte ved seksjon Avfallsteknologi utgjør driftspersonalet ved RAA. Personalet gis ved ansettelse et grunnkurs i strålevern og oppfølgingskurs. Praktisk opplæring og bruk av prosessutstyr foretas av seksjonsleder eller erfaren operatør. Personalet blir ved nye arbeidsopplegg eller behandlingsmetoder informert og opplært for å kunne beherske dette tilfredsstillende.

Arbeidstilsynet krever dokumentert opplæring i kjøring av truck og bruk av traverskran.

2.2 Kvalitetssikring

Instituttet har etablert et system for kvalitetssikring (KS) som inkluderer internkontroll i henhold til Internkontrollforskriften [2]. Systemet er inndelt i fire nivåer:

- Instituttnivå: Kvalitetssikringshåndbok - Administrative vedtak (rød bok)
- Sektornivå: Styringsdokument for sektor (oransje bok)
- Avdelingsnivå: Retningslinjer – prosedyrer (gul bok)
- Seksjonsnivå: Instrukser – metodebeskrivelser (grønn bok)

Kvalitetssikringsarbeidet ved instituttet er en integrert del av virksomheten i hver avdeling.

2.2.1 Grønn bok – Avfallsteknologi

Detaljerte instrukser og arbeidsprosedyrer/metodebeskrivelser for virksomheten ved RAA finnes i Grønn Bok – Radavfall [3]. Seksjonsleder Avfallsteknologi er ansvarlig for at Grønn bok holdes oppdatert.

Avfallet skal spesifiseres av produsent (både internt og eksternt), og det følges fra levering, via prosessering til emballering og lagring. For å sikre dette systemet er det utarbeidet registreringsskjemaer som er tilpasset det praktiske og tekniske opplegget.

3 Beskrivelse av anlegget

3.1 Radavfall I (bygg 8) består av 3 sammenhengende bygg (figur 1, 2 og 3)

3.1.1 Radavfall II

Radavfall II (tidligere URA) er delvis rehabilitert og rommene anvendes til radavfalls-virksomhet og laboratoriearbeid.

Bygningen ble oppført i 1956-57 og tatt i bruk i 1958. Den er utført i betong og består av kjelleretasje, 1. etasje og et ventilasjonsloft over nordre del av bygningen. Taket er støpt og overtaket er oppforet tretak med isolasjon. Ventilasjonsloftet har saltak med isolasjonen i dekket. I kjelleretasjen er ytterveggene av 25-30 cm betong med isolasjon og i 1. etasje 15 - 20 cm betong og isolasjon. Innvendige veggtykkelser varierer avhengig av opprinnelig funksjon, og for de aktive avlukkene (cellene der prosesseringen fant sted) er vegg-tykkelsen opp til 100 cm.

3.1.2 Avfallsbehandlingsanlegget (ABA)

ABA ble oppført i 1959 i to etasjer, kjelleretasje og 1. etasje, og brutto grunnflate er 480 m^2 (12 x 20 m i to etasjer). Veggene består av 15 cm betong og isolasjon. Takdekket er støpt med oppforet tretak, og bygget er fundamentert med såler på fast leire og dimensjonert etter forskriftene. Et kontortilbygg på 25 m^2 i en etasje ble oppført i 1984.

Transport av avfall foregår via kjøreport i transportgang 114.

3.1.3 Lagerbygg I for aktivt avfall (L-I)

Lagerbygg I er direkte tilknyttet ABA og ble oppført i 1965-66. Bygget inneholder 1. etasje og delvis utgravd kjeller med en total grunnflate på 434 m^2. Kjelleretasjen er på 164 m^2 (12 x 13,65 m) og 1. etasje på 270 m^2 (12 x 22,5 m). Vegger i 1. etasje består av 20 cm betong og innvendig isolasjon. I kjelleretasjen varierer vegg-tykkelsen mellom 20-30 cm, bortsett fra spesiallagerets vegger og tak som er 50 cm (østre vegg i spesiallager er 30 cm, da den grenser til ikke utgravd område). Taket består av prefabrikkerte betongdragere med oppforet tretak og isolasjon. Tønnelager, rom 103 tåler en gulv-belastning på 4500 kg /m^2, beregnet for stabling av 220 liters avfallstønner i fire tønne høyder.

3.2 Lagerbygg II (bygg 24) for aktivt avfall (L-II) (figur 4)

Lagerbygg II ble oppført i 1977-78 og består av en etasje med grunnflate på 430 m^2, og inneholder lagerhall for tønner og lager for ubestrålt brensel. I tilknytning til Lagerbygg II er det oppført et enkelt tilbygg utenfor aktivt område. Lager for ubestrålt brensel er beskrevet i separat sikkerhetsrapport [4].

Bygget har en innvendig takhøyde på 4 m, og utvendige vegger består av 40 cm betong og isolasjon. Tak over lagerhallen er utført i prefabrikkerte betongdragere, mens resten av taket er støpt. Overtaket er oppforet tretak med isolasjon. Tønnelageret er beregnet for stabling av tønner i fire høyder, og gulvet er dimensjonert for en belastning på 5000 kg/m^2.

Brannvarslingsanlegg er montert i garderobe 02. I transportgang 03 er hovedtavle for elektrisk opplegg, monitoreringsskap for strålevernfunksjoner og opplegg for fysisk sikring av bygningen.

3.3 Ventilasjon og strømtilførsel

Radavfall I er utstyrt med friskluftvifter med et forfilterbatteri som fjerner grovere støvpartikler. Det finnes én vifte for luftavsuging med forgrening til de enkelte avsugingssteder. Utgående luft passerer absoluttfiltre. Friskluftviften stoppes automatisk dersom avsugingsviftene ikke fungerer. Friskluftviften startes automatisk etter strømbrudd. Ventilasjonen er ikke tilkoplet nødstrømsaggregat, da muligheten for aktivitetsspredning anses minimal grunnet et lukket system.

Totale avgasser samles i én utløpskanal, og de forskjellige avsugingsstedene monitorers vekselvis før utslipp. Luft- og gamma-monitorering er tilkoplet varslingsanlegg (jfr kap. 6.5).

Lagerbygg IIs friskluftvifte er utstyrt med et forfilterbatteri som fjerner grovere støvpartikler. Avtrekksviften har forgrening til de enkelte avsugingssteder. Vanligvis resirkuleres luften via absoluttfilter. Ved direkte utslipp blir også luften filtrert.

Radavfall I har strømtilførsel fra IFEs hovednett og den gamle lagerdelen har strømtilførsel via Metallurgisk laboratorium II (bygg 18, figur 1). Lagerbygg II har strømtilførsel fra Kjemibygget (bygg 22, figur 1).

3.4 Vann og avløp

Radavfall I og Lagerbygg II får sin vanntilførsel via Instituttets ringledning og inntakene har filteranlegg. Avfallsvann fra sanitæranlegg dreneres til vanlig kloakk, mens vaske- og dusjsystemer i tilknytning til aktive områder dreneres til samletank for kontroll av aktivitet.

Radavfall I har avløpsledning for radioaktivt avfallsvann fra anlegget til utslippspunkt i Nitelva (NALFA-ledningen). Ansvarsforhold, drift og bruk av ledningsnett for radioaktivt avfallsvann som fører til RAA og videre gjennom NALFA-ledningen til Nitelva er regulert i administrativt vedtak nr. 075 fra 26. november 2001 [5].

4 Karakterisering av avfall

Ved anlegget behandles isotopavfall fra isotop-produksjon og isotopanvendelser, avfall fra Instituttets reaktor- og brenselsprosjekter i Halden og på Kjeller. I tillegg mottas og behandles også fast og flytende avfall samt kasserte strålingskilder fra eksterne brukere av radioaktivitet som helseinstitusjoner, universitet og høgskoler, industri og forsvaret.

Brenselsavfallet som inneholder fisjons- og aktiveringsprodukter, uran og små mengder plutonium, dominerer når det gjelder aktivitetsmengder. De største avfallsvolumene stammer imidlertid fra isotopvirksomheten, og inneholder vesentlig kortlivet radioaktivitet.

- Brenselsavfall i form av laboratorieavfall og vandige og organiske prosessløsninger oppsto ved Instituttets uranrenseanlegg - et lite forsøksanlegg for opparbeidelse av

reaktorbrensel - som var i drift fra 1959 til 1969. Mesteparten av prosessavfallet ble bearbeidet i direkte tilknytning til driften. Demontering av deler av anlegget ble gjennomført i perioden 1989 – 1993, men mye arbeid gjenstår. En oppkutting av gjenværende utstyr fra URA er estimert til å utgjøre ca. 18m^3 [6].

- Fra brenselsetterundersøkelsene ved NMAT, kjemisk analyse virksomhet og utviklingsarbeid mottas lav- og middelsaktivt fast og flytende laboratorie avfall.

- Fra Haldenreaktoren mottas brukt ionebyttermasse, aktivert og kontaminerte metalldeler og mindre reaktorkomponenter, fast laboratorieavfall, papir, plast, glass, bygningsmaterialer m.m. Ionebyttermassen kan i enkelte tilfeller ha en aktivitet på opptil 4000 GBq/100 l (et kolonnevolum) ved mottak.

- Fra JEEP II-reaktoren mottas mindre mengder lavaktivt laboratorieavfall, brukt ionebytter- og filtermasse, prosessvann og metalldeler med noe høyere strålingsintensitet, opptil ca. 100 mSv/t.

- Fra Isotoplaboratoriene mottas lavaktivt laboratorieavfall, papir, plast, glass og prosessløsninger som vesentlig inneholder kortlivede isotoper.

- Fra helseinstitusjoner, forskningsinstitutter, industri/næringsliv og forsvaret mottas økende mengder lavradioaktivt laboratorieavfall, kasserte faste strålingskilder, ioniske røykdetektorer, mindre komponenter og selvlysende skilter.

- Årlig mottas ca. 40 m^3 fast og flytende avfall og ca. 180 m^3 lavaktivt prosessvann med en samlet radioaktivitet på 4000 - 5000 GBq.

4.1 Radioaktivitetsmengder.

Den totale radioaktivitetsmengde som oppbevares i anlegget vil variere. Systemet er slik pr. 01.03.2012 at avfall mottas, registreres, behandles og emballeres i tønner eller annen egnet emballasje (se kap. 5.7) i Radavfall I. Tønnen veies, kontrolleres og måles for deretter å transporteres til midlertidig lagring i Lagerbygg II i påvente av transport til KLDRA-Himdalen.

Transporter til Himdalen foretas normalt når det er tilstrekkelig mengde avfall til å fylle en eller to transporter.

4.2 Avfall lagret i RAA

Avfall som mottas av RAA på Kjeller som ikke kan deponeres i KLDRA-Himdalen etter gjeldende konsesjon for dette anlegget, lagres i RAA på Kjeller i påvente av en avgjørelse hva Norge vil gjøre med denne type avfall.

Avfallstypen dette dreier seg om er i hovedsak nuklidene ^{226}Ra, ^{241}Am/Be, U og Pu. Avfallet lagres fortrinnsvis i spesiallager rom 005 og støperom/mellomlager rom 101. Mengde og type avfall som lagres skal til enhver tid kunne hentes fra dataregistreringssystemet for RAA, jfr. kap. 5.1.

4.3 Ionebyttermasse fra Haldenreaktoren

Pr. 01.03.2012 er det lagret ca. 2300 l brukt ionebyttermasse fra rensekretser i Haldenreaktoren. Anlegget for innstøping av masse i bly- og betongskjermede tønner med prosessbeskrivelse og sikkerhetsbetraktninger er omtalt i egne rapporter [7, 8].

Ved støping tas massen ut fra lagringstank og utgjør 28 l pr. porsjon/tønne. Radioaktivitetsinnholdet varierer fra 50 - 200 GBq/porsjon. Tilførsel av "fersk" masse medfører at samlet radioaktivitetsmengde i de to lagringstankene i dag anslås til ca. 11000 GBq totalt ("likevektskonsentrasjon").

4.4 Eksternt avfall

Det har de siste årene vært mottatt ca. 90 forsendelser med radioaktivt avfall/kasserte strålingskilder pr. år. Som en følge av at røykdetektorer er definert som et EE-produkt skal disse samles inn. Ioniske røykdetektorer kan i fremtiden, dersom innsamlingen blir effektiv, utgjøre et betydelig volum radioaktivt avfall inneholdende ^{241}Am.

Radioaktivitetsmengden pr. mottatt enhet varierer mye, fra KBq til TBq mengder, de fleste i området 0,4 - 20 GBq.

5 Avfallsbehandling

Radavfallsanleggets personale er ansvarlig for henting og transport fra de forskjellige "produksjonssteder" rutinemessig på Instituttets område.

Før levering kreves skriftlig spesifikasjon av avfallet og godkjennelse fra seksjon *Strålevern* må foreligge før transport utføres.

5.1 Registrering

RAA har både et papirbasert og et databasert system for journalføring. Disse systemene dekker også KLDRA-Himdalen. Ved mottak av avfall i anlegget blir alle data registrert i datasystemet. Hver avfallsbeholder blir spesifisert med hensyn til mengde og type aktivitet, likeledes skjerming, innvendig beholder og lagringsplass.

Fra avfallsanleggets start i 1961-1962 ble det opprettet et papirbasert journalføringssystem. Mest mulig data over avfallets opphav, innhold, bearbeidelse i anlegget og emballering ble registrert. Alle opplysninger om det gamle avfallet som er nødvendig for deponering og lagring i KLDRA-Himdalen, overføres til databasen.

Formålet med det databaserte registreringssystemet er til en hver tid å ha oversikt over:

- Hvilke radionuklider og aktiviteter som befinner seg i anlegget og KLDRA-Himdalen
- Plassering av avfallskolli i anlegget og KLDRA-Himdalen
- Transporter av radioaktivt avfall til KLDRA-Himdalen

Databasen lagres på maskiner som er tilknyttet instituttets eget datanett. Nettet er sikret mot inntrenging utenfra. Tilgang til databasen fra internt nettverk reguleres ved begren-

set brukertilgang og passordbeskyttelse. Hver natt tas det backup av basene i sentral server. I tillegg til disse backupene tas det en backup av hele serveren hver natt.

Papirjournalene oppbevares i brannsikkert arkivskap (jfr. kap. 3.2).

Databasen er utviklet av Cell Network AS (nå Bouvet) og er dokumentert i egen manual [9]. En mer detaljert beskrivelse av databasen er gitt i sikkerhetsrapport for KLDRA-Himdalen [1].

5.2 Prosessbeskrivelse

Detaljert beskrivelse av arbeidsprosedyrer for de ulike oppgavene er gitt i Grønn bok – Radavfall [3].

Behandlingsoperasjonene varierer med doserate og avfallstype. Generelt gjelder:

- Fast lavaktivt avfall fra laboratorier og anlegg kvernes og presses sammen i tønner, betongskjermede tønner ved behov.
- Metall avfall og annet ikke-komprimerbart fast avfall støpes inn i betong i ståltønner, i betongkasser og i stålkasser.
- Inndamperkonsentrat overføres til fast form i polyetylenforede tønner ved tilsats av sement/vermikulitt.
- Ionebytter- og filtermasse (halvflytende masser) overføres til fast form med tilsats av sement/tilsatsmidler i stålbeholdere i betong- og eller blyskjermede tønner.
- Organiske løsninger blandes enten med vandige avfallsløsninger ved tilsats av emulgatorer og innstøpes i sement eller absorberes i vermikulitt i betongforede stålfat.
- Lavaktivt vandig avfall i store mengder (prosessvann fra isotoplaboratoriene) lagres for desintegrasjon. Vannet filtreres og pumpes normalt ut uten videre behandling gjennom NALFA-ledning til Nitela. Ved behov kan vannet renses over ionebytterkolonne, eventuelt etter en koaguleringsprosess (felling) på forhånd.
- Avfall med høy strålingsintensitet (> 50 mSv/t målt i kontakt på overflaten) som f.eks. brukt ionebyttermasse fra Haldenreaktoren, lagres midlertidig i betongbunkere for desintegrasjon av kortlivede fisjonsprodukter før det blir behandlet og overført til skjermede tønner.
- Dekontamineringsavfall fra rensing av verktøy og annet utstyr deles i fast og flytende avfall. Fast avfall presses, mens flytende avfall innstøpes direkte eller konsentreres ved inndamping før blanding med sement/tilsatsmidler i tønner.

5.3 Prosessutstyr

Utstyr som kommer i kontakt med aggressive avfallsløsninger, er konstruert av syrefast stål. Presse og kvern for fast avfall er også utført i denne kvalitet, da det i papir- og plastavfall finnes en del fuktighet og korrosive produkter. Gjennomsiktige deler i utstyr består av perspeksglass som er bestandig overfor korrosjon. Tankene for oppsamling av

lavaktivt flytende avfall er konstruert av vanlig stål og belagt med spesialmaling eller plastbelagt innvendig.

I lukkede arbeidsbokser holdes et undertrykk på 15 - 30 mm vs, og luftinntakene er forsynt med absoluttfiltre for å holde tett ved undertrykkstap. Avsugings luft passerer først forfilter plassert inne i boksene og deretter absoluttfilter før utslipp.

Alt prosessutstyr er forsynt med nødvendig instrumentering som:

- trykkmåler
- volummåler
- prøvetakingsapparat
- monitoreringsutstyr
- alarmindikatorer

For å unngå eksponering av personalet er nødvendig skjerming oppsatt, og enkelte av prosessene foregår i tillegg også fjernstyrt.

5.3.1 Kvern og hydraulisk presse for fast avfall (rom 121)

For komprimering av fast avfall som papir, plast, glass, mindre metallbeholdere, etc. benyttes kvern og en 10-tonns hydraulisk motordrevet presse. Utstyret er innebygd i et hanskebokssystem og utstyrt med sluser for innmating av avfall. Voluminøst avfall granuleres først i kvernen og komprimeres deretter i tønner. “Plastikkpose”-teknikken blir brukt ved til- og frakopling av tønner for å unngå kontaminering. En gjennomsnittlig volumreduksjon ned til 15 - 20 % oppnås ved kverning og komprimering. Utstyret er vist i figur 8.

5.3.2 Støpeboks for flytende avfall (rom 011)

Overføring av konsentrert flytende avfall til fast form skjer ved tilsats av sement og vermikulitt i polyetylenforede ståltønner. Støpingen utføres ved at tønnen tilkoples et hanskebokssystem med sementtilførsels- og ventilasjonsslange påkoplet tønnespunsene. Ca. 130 l konsentrat kan innstøpes i en 210 l tønne, og det medgår ca. 5 sekker sement (ca. 200 kg) iblandet 2 % vermikulitt.

5.3.3 Ionebytteranlegg for rensing av lavaktivt avfallsvann (rom 004, 107, 102, 003)

Det er 2 ionebytteranlegg i anlegget, et enkelt i rom 004, og et større i rom 107, 102 og 003.

Det enkle anlegget i rom 004 består av en kolonne hvor det ved utslipp til Nitelva gjennom NALFA-ledningen er montert et grovfilter for å beskytte målerene på nettet. I denne kolonnen kan det også monteres et posefilter med ionebyttermasse og innholdet i en av lagringstankene kan sirkuleres over ionebytteren før utslipp. Opplegget har ikke kapasitet til å behandle slamholdig avfallsvann.

Det store anlegget består av 2 Millipore patronfilter kolonner og deler av det gamle renseanlegget for URA. Dette hadde forfiltere av sand og klarfilter av sand og/eller vermikulitt. I tillegg kunne det koples inn kolonner med ionebyttermasse og/eller aktivt

kull. Ved koagulasjon (felling) ble vannet pumpet til tankene i rom 003 og tilsatt fellingsreagenser før filtrering/ionebytting.

5.3.4 Inndamper for avfallsløsninger (rom 012)

For oppkonsentrering av avfallsløsninger er anlegget forsynt med en inndamper med kapasitet 70 - 100 l kondensat pr. time. Inndampersystemet inkluderer:

- dampfilter
- vakuumpumpe
- kjølevannspumpe
- kondenser
- kondenstank

Maksimum volum er 900 l, mens maksimum påfyllingsvolum er satt til 600 l. Inndamperen blir oppvarmet med et elektrisk varmeelement, og opererer ved et trykk på ca. 0,45 atm. Ved høyere trykk kutter strømtilførsel ut, og det gis alarm.

Dekontamineringsfaktorer (forholdet mellom aktivitet i løsningen før inndamping og aktivitet i destillatet) på 10^5 oppnås selv om inndampersystemet har en enkel utforming. Konsentratet (etter avkjøling) dreneres i polyetylenforede ståltønner og transporteres til støpeboks for tilsats av sement/vermikulitt.

5.3.5 Oppsamlingstanker for væskeavfall (rom 008)

For intern oppsamling av lavaktivt væskeavfall finnes to tanker hver på 4,5 m^3 plassert under gulvnivå i kjeller. Tankene tjener som mellomlagring før videre prosessering, og følgende røropplegg er knyttet til tankene:

- vaskeriet rom 113A
- laboratorier 106 og 107
- laboratoriet rom 002
- overløpsledning fra 25 m^3 lagertanker rom 102/003
- drenasje fra verksted rom 105
- drenasje fra aktiv garderobe rom 109

5.3.6 Lagertanker (rom 102,003)

Tre 25 m^3 lagertanker for lavaktivt væskeavfall var tidligere tilknyttet ionebytteranlegget. På grunn av tankenes størrelse er de plassert i en forsenkning i gulvet. Denne plassen tjener som oppsamlingsrom i tilfelle lekkasje og er forsynt med lekkasjedetektor.

To av tankene tjener nå som reservelagertanker for avfall som skal ut gjennom NALFA-ledningen. Den tredje benyttes som kjølevannstank for inndampersystemet.

5.3.7 Mottakstanker for NALFA-ledningsnett (rom 101)

I tillegg til de tre lagertankene i er det i kjelleren montert tre 30 m^3 tanker for midlertidig lagring av lavaktivt væskeavfall (prosessvann).

Tankene tjener som mottakstanker for IFEs interne ledningsnett for radioaktivt avfallsvann som består av ledningsforbindelser fra aktive operasjonsområder innen IFE og til Radavfall I. Herfra fører også en felles utpumpingsledning til Nitelva (Nytt Avløpssystem for Lavaktivt Flytende Avfall (NALFA-)-ledningen).

Følgende bygninger er pr. 01.03.2012 tilknyttet ledningsnettet:

- NMAT
- JEEP II
- Isotopbygget
- Avfallsbehandlingsanlegget
- Lagerbygg II

5.3.8 Ledningsnett til RAA og videre gjennom NALFA-ledningen

Bruk av IFEs interne ledningsnett for radioaktivt avfallsvann ledes og klareres fra RAA. Det interne nettet er utstyrt med fjernstyrte elektriske ventiler som kontrolleres fra rom 004. Ventiler i de respektive bygg er merket med:

- til Avfallsbehandlingsanlegget

Ventiler i rom 004, Radavfall I er merket med:

- til Nitelva
- fra JEEP 2
- fra NMAT II
- fra Kum veikryss/ Lagerbygg II
- fra Isotop

5.3.9 Lagringstanker for ionebyttermasse fra Haldenreaktoren (rom 117, 111)

Det er bygd en betongbunker med to lagringstanker i syrefast stål for ionebyttermasse fra Haldenreaktoren i tilknytning til Radavfall I. Tankenes volum er tilsammen 3000 l, og på bunnen av bunkeren er det et oppsamlingskar med en kapasitet på 4000 l. Det er montert nivåsensorer i tankene og fuktsensor i oppsamlingskaret med varsling direkte til IFEs vaktsentral. Åpningen mellom bunker og Radavfall I er dekket med 10 cm blyvegg. Sirkulasjons- og støpeanlegg for ionebyttermassen er vist i figur 9 (jfr. kap. 5.3.10).

Ionebyttermasse fra Halden transporteres til Radavfallsanlegget i spesialbygd beholder med skjerming. Dreneringsventil er tilpasset mottakssystem ved Radavfall I. Ionebyttermassen tømmes direkte på en av lagertankene.

Utpumpings/sirkulasjonsdelen (figur 9) for uttak av ionebyttermassen (til støpecelle i kjeller) er montert på søndre vegg i rom 111. På gulvet under rør, ventiler og pumpe er støpt en betongkant for oppsamling av eventuell lekkasje som indikeres av lekkasjedetektor.

5.3.10 Støpecelle for ionebyttermasse fra Haldenreaktoren (rom 015)

Anlegget for innstøping av brukt ionebyttermasse fra Haldenreaktoren er plassert i rom 015 i kjeller Radavfall I.

Etter at massen er pumpet ut/sirkulert med slangepumpe fra lagringstanker i rørledningsnettet i rom 111, dreneres massen ned på doseringsbeholder i støpecelle. Riktig massenivå i doseringsbeholder angis med en vibrasjonssonde som styrer nedløpsventil. Massen skrus over i støpebeholderen med en transportskrue. Under pumping av massen må den tilsettes vann, og overskuddsvann suges bort fra doserings- og støpebeholder med undertrykk til inndamper i rom 012.

Etter påfylling av masse posisjoneres tønnen under blandemaskinen med omrører som senkes ned over støpebeholder/tønne. Sement og tilsatsmidler doseres, og etter blanding forblir omrøreren i støpebeholderen. Blandemaskinen heves, blylokk påsettes støpebeholderen og betong fylles på toppen. Tønnen veies, kontrolleres og måles.

Radioaktivitetsmengden vil variere fra ca. 5 GBq/l til ca. 50 GBq/l ved innstøping, og ^{137}Cs, ^{134}Cs, ^{60}Co og ^{3}H er de dominerende isotoper. Støpebeholderen er skjermet med 2 cm bly og 11 cm betong på siden og 3 cm bly/6 cm betong på topp og i bunn, og kontaktstråling utenpå tønnen vil være 2 - 6 mSv/t.

Prosessen er beskrevet i [7] og sikkerhetsbetraktninger omtalt i [8]. Prosesskjemaet er vist i figur 9 og støpebeholder/tønne i figur 10.

5.4 Vedlikehold og kontroll av prosessutstyr

Prosessutstyret som benyttes ved behandling av radioaktivt avfall er enkelt og robust i konstruksjon. Primært er det enkle røreverk og ventilstyring som ved kritiske operasjoner testes før bruk. Mekaniske deler vedlikeholdes og skiftes av driftspersonalet, mens det ved elektriske og signalstyringsproblemer blir overlatt til IFE avdeling Bygg og vedlikehold (BoV). Etter bruk blir utstyret rengjort og klargjort. Eventuelle feil eller problemer blir rettet. Det er ikke ønskelig å demontere utstyr for inspeksjon siden utstyret vil være kontaminert. Spesielle kontroll og vedlikeholdsrutiner er spesifisert i arbeidsinstruksene gitt i Grønn Bok for avfallsanlegget [3].

5.5 Støperom for preparering av tønner (rom 101)

Støperom for preparering av tønner til fast avfall er plassert i Radavfall I. Tønnene blir i støperommet forsynt med bunn- og sideskjerming av betong før bruk, og toppstøpt etter fylling. Fylling og toppstøping av betongkasser foretas også i dette rommet. Inn- og utkjøring av tønner foregår med truck, og ferdigstøpte beholdere måles for utvendig strålingsnivå, journalføres og transporteres til lagerhallen i Lagerbygg II. Figur 11 viser tønne med metallavfall klar for innstøping.

5.6 Spesiallager for tønner (rom 005)

Spesiallageret er innenfor kontrollert område, det er avlåst med ekstra sikring og tilkoplet luftmonitorering. En veggtykkelse på 50 cm muliggjør langtidslagring av radioaktivt avfall som etter gjeldende konsesjon ikke kan deponeres eller lagres i KLDRA-Himdalen.

5.7 Emballasje

Formålet med emballering er å pakke radioaktivt avfall på en betryggende måte egnet for langtidsoppbevaring, transport og deponering. I tillegg skal emballasjen redusere strålingen på overflaten til et akseptabelt nivå.

5.7.1 Tønner/fat

Betegnelsen tønne og fat er ikke entydig definert og brukes derfor om hverandre. Tønner som brukes ved forsendelse tilfredsstiller ADR-regelverket for ”kolli A” som dekker emballasjen og det radioaktive innholdet [10]. Kolli og overpakning tilordnes en av kategoriene I-HVIT, II-GUL eller III-GUL i henhold til spesifikasjon i regelverket. Normal transport til KLDRA-Himdalen går som ”komplett-last” hvor strålenivå utvendig på overflaten av kolli ikke skal overstige 10 mSv/h.

Normalt bygges kolli opp med en overpakning av 210 l fat i kaldvalset karbonstål. Ved behov for ekstra skjerming brukes innerbeholder. Avhengig av skjermingsbehovet brukes 110 l, 60 l og 30 l beholdere. Det fylles betong mellom denne og ytre beholder. Avfallet er etter behandling i fast form, LSA-III, og kolli tilfredsstiller ADR-regelverket [10].

Det benyttes også 210 l PE fat til væskestøping og andre kvaliteter i spesielle tilfeller.

5.7.2 Kokiller

For emballering av større metalldeler som trenger skjerming og vanskelig lar seg kutte opp eller demontere før plassering i fat, er det utviklet betongkasser som går under betegnelsen kokiller. Disse er testet og kvalifisert som IP-2 beholdere [11]. Utvendig standardstørrelse er 0,8 m x 1,2 m x 0,9 m, veggtykkelse 0,1 m eller 0,2 m. I tillegg benyttes spesialkokiller på 0,8 m x 0,8 m x 1,8 m med veggtykkelse på 0,2 m. Ved behov for ekstra skjerming kan blyforing benyttes.

5.7.3 Stålkasser

Stålkasser benyttes for større gjenstander og kontaminert materiale med lavt strålenivå. Platetykkelsen tilpasses størrelsen og vekten av avfallet den skal benyttes til. Maksimalvekt, 5000 kg, begrenses av løftekapasiteten i KLDRA.

5.7.4 Betongkvalitet

Til støpning for produksjon av beholdere med innerbeholder brukes ferdigmørtel klasse B 20. Denne kvaliteten benyttes også når betong skal fylles inn i beholdere med fast avfall.

Ved væskestøping brukes standardsement FA, Cem II, tilsatt vermikulit som reduserer utlaking av radioaktivitet i vann hvis avfallsstøpen blottlegges.

5.7.5 Håndtering av avfallsbeholdere

Forholdsregler må tas ved håndtering av beholdere med avfall. Ved innendørs og utendørs transport med truck holdes beholderen alltid i minste høyde over gulv/bakkeplan. Operatørene har kompetansebevis for truck. Transport av tønner mellom etasjene innendørs foretas med spesialklemme som holder tønnene i vertikal posisjon. Alle kran- og løfteutstyr kontrolleres årlig av et offentlig godkjent krankontrollfirma. Avfallsbeholdernes vekt varierer mellom 250 - 2500 kg.

5.8 Utslipp til vann

Via utpumpingsledningen (NALFA-ledningen) har Instituttet tillatelse til å slippe visse mengder radioaktive stoffer til Nitelva. Godkjennelse til klargjøring for utslipp gis av Avdeling Miljø og strålevern etter forutgående analyse av avfallsløsningen, mens tillatelse til å starte utslippet gis av seksjonsleder *Avfallsteknologi* eller avdelingssjef *Miljøteknologi* i seksjonsleders fravær.

Kontroll med utslippene utføres av Avdeling Miljø og strålevern etter et oppsatt program godkjent av Statens strålevern. Det anvendes gamma-spektrometriske og radiokjemiske analyser for å identifisere og kvantifisere de enkelte radionuklider. Det redegjøres for resultatet av målingene i årlige rapporter til relevante myndigheter.

6 Kontroll og overvåking

6.1 Overvåking av anlegg og personell

Radavfall I og Lagerbygg II står under overvåking av Avdeling Miljø og strålevern ved IFE. Det foretas kontinuerlig luftmonitorering og måling av eventuell gulvkontaminering gjøres daglig.

Personalet benytter spesielt arbeidstøy som skiftes ved barriere og bærer foruten TL-dosimeter også elektroniske dosimeter ved behov, slik at daglig eksponering kan kontrolleres. Helkroppsmålinger og urinprøver tas etter fastsatt måleprogram og kontrolleres for inntak av radionuklider. Legekontroll foretas normalt en gang årlig, men hyppigere hvis spesielle forhold tilsier dette.

Håndmonitorer, både for kontamineringssjekk og strålingsmålinger, finnes i et nødvendig antall og er plassert der det erfaringsmessig er mest behov for de. De transportable monitorene kontrolleres og kalibreres ved Avdeling Miljø og strålevern etter fastsatt program.

RAA er klassifisert som stråleverns-kontrollert område og stengt med barrierer hvor skifte av tøy foretas. Anlegget er avlåst, og innpassering på dagtid foretas med kortleser. Utenom fleksitidsgrensene må personkode benyttes. Lagerbygg II er avlåst på dagtid, og innbruddsalarm trer i funksjon mellom kl. 1700 og 0700 på virkedager og fra fredag kl. 1700 til mandag kl. 0700. I tillegg er bygget inngjerdet med låst port og området innenfor kameraovervåket. Innpassering til IFEs område skjer gjennom hovedinngang hvor det er kontinuerlig overvåking.

6.2 Verneutstyr

Gassmasker og verneklær er plassert i inaktiv garderobe (rom 112) og rom 101, og benyttes i tilfelle lekkasje hvor man kommer i kontakt med avfallet under opptørking og rengjøring.

6.3 Førstehjelp og legebehandling

Minst én av personale er opplært i førstehjelp, og ved skader skal legekontoret kontaktes for videre behandling. Førstehjelpsutstyr finnes i bygningene.

6.4 Arbeidsforskrifter

Det er utarbeidet detaljerte instrukser for de enkelte arbeidsprosessene i anlegget [3]. Liste over gjeldene instrukser pr 31.08.2010 er gitt i vedlegg 1.

6.5 Luft og gamma-monitorering

Luft- og gamma-monitorering foretas kontinuerlig og posisjonene er inntegnet på figur 12 og 13. For detaljer henvises til [12]. Alarmnivåer for tillatt luftkontaminering og gammastråling er fastsatt av Avdeling Miljø og strålevern. Da gammastrålingen kan variere noe fra sted til sted er det ikke satt noe felles nivå, men verdier er tilpasset lokalt. Personellsikkerheten er overordnet når slike verdier fastsettes.

Fra de forskjellige ventilasjonskanaler for utgående luft, både romluft og luft fra lukkede systemer, suges det ut luft for kontrollmåling gjennom filtre. Filtrene skiftes én gang i uka. Radavfall I har alarmsystem montert i aktiv garderobe 109. Herfra kan alarmpunktet lokaliseres.

Gamma-detektorer er plassert på steder der det erfaringsmessig kan forekomme økt lokalt strålingsnivå. Dersom gitt alarmnivå overskrides blir årsaksforholdet klarlagt og gjenstander omplassert og skjermet, slik at akseptabelt nivå gjenopprettes. Overskridelse av alarmnivå registreres og det gis alarm.

Strålevernsalarmer går direkte til IFEs vaktsentral i tillegg til lokal varsling med klokke.

6.6 Lekkasjekontroll

Lagringstanker og oppsamlingskar er utstyrt med maks. nivåmålere og lekkasjedetektorer med alarm.

Tanker og pumper hvor det kan oppstå væskelekkasje er utstyrt med oppsamlingskar med lekkasjedetektorer. Oppsamlingskar er dimensjonert for minimum ett tankvolum.

Tekniske alarmer går direkte til IFEs vaktsentral i tillegg til lokal varsling med klokke.

6.7 Brannvarsling og slukkeutstyr

Radavfall I og Lagerbygg II har varslingsopplegg for brann som er tilknyttet Instituttets alarmsentral, og eventuell temperaturøkning eller gassutvikling i luften registreres av optiske- og ioniske detektorer som automatisk varsler. Herfra foretas tilkalling av brannvesen over telefon. Det forefinnes branninstrukser for Radavfall I. Det interne slukningsutstyr består av et antall kullsyre- og pulverapparater plassert på hensiktsmessige steder.

Lagerbygg II er utstyrt med eget brannvarslingsopplegg som er tilknyttet alarmsentralen i Radavfallsanlegget. Det er manuelle brannmeldere, pulverapparater og røykdetektorer plassert på egnede steder. Ved eventuell brann varsles brannvesen over telefon fra alarmsentralen. Brannvarslingsanlegget er vist i figur 15.

Det foretas årlige brannsyn i alle bygg i tillegg til årlig sjekk av det interne slukningsutstyret.

7 Driftsforstyrrelser og uhellsanalyse

7.1 Driftsforstyrrelser

Det er tatt omfattende forholdsregler for å forhindre driftsuhell med spredning av radioaktivitet. Arbeidsprosedyrene er stort sett enkle og er grundig sikkerhetsvurdert i samarbeid med Avdeling Miljø og strålevern. Tanker, ventiler, pumper og andre komponenter er merket, og opereres i de fleste tilfeller manuelt og kontrolleres. Muligheten for feiloperering er liten. Utstyret blir jevnlig kontrollert, vedlikeholdt og fornyet etter behov (jfr kap 5.4). Personalet får grundig opplæring i arbeidsrutiner og strålevernregler. Det foreligger detaljerte planer for beredskap, og ved drifts- og brannalarmer. [13].

7.1.1 Konsekvenser ved strømbrudd i RAA

Utstyr som benyttes ved de ulike arbeidsprosedyrene i anlegget er ikke tilkoplet nødstrøm. Konsekvensen av et eventuelt strømbrudd er diskutert og vurdert for hver enkel arbeidsinstruks beskrevet i Grønn Bok for anlegget [3]. Det er konkludert at strømstans ikke medfører driftsforstyrrelser som går ut over sikkerheten i anlegget.

Kompressor i Radavfall I forsyner instrumentering på inndamper-system og for utpumpings-/ sirkulasjonsanlegg og støpe-anlegg for ionebyttermasse i med styrings- og prosess-luft. Et lengre strømbrudd med samtidig tap av trykkluft vil i verste fall medføre at man må avbryte en igangsatt støpe-operasjon, Dette kan resultere i en ufullstendig innstøping (dårlig kvalitet) i tønne med ionebyttermasse.

Strømbrudd ved bruk av utpumpings-/sirkulasjonsanlegget og støpe-anlegget for ionebyttermasse fra Haldenreaktoren er omtalt i [8].

Ved strømstans og stans i avtrekksvifter stoppes også friskluftvifte automatisk.

I avtrekk-skap på laboratorier 106 og 107 arbeides det med radioaktivitet. Avtrekkskap må stenges manuelt ved strømbrudd.

7.2 Vanntilførsel og avløpsvann

Svikt i vanntilførsel eller tilstopping/stengning av avløp har bare forekommet under vedlikehold av disse systemene, og arbeidet har vært innrettet heretter. Funksjoner der vanntilførsel inngår som en del av prosessopplegget er ved:

- Betongblandemaskin
- Aktivt vaskeri
- Sirkulasjons- og støpe-anlegg for ionebyttermasse fra Haldenreaktoren

For betongblandemaskinens del vil en svikt i vanntilførsel medføre en mangelfull rengjøring, og at bruk av aktivt vaskeri må vente til vanntilførsel er gjenopprettet.

Sikkerhetsopplegget for HBWR sirkulasjons- og støpe-anlegg er vurdert i [7, 8] og en svikt i vanntilførsel vil bli varslet ved driftsalarm. Anlegget må midlertidig stanses inntil vanntilførsel er gjenopprettet. Dette vil i verste fall medføre at man må avbryte en igangsatt støpe-operasjon, Dette kan resultere i en ufullstendig innstøping (dårlig kvalitet) i tønne med ionebyttermasse.

7.3 Vannavløp i lukket prosessutstyr

7.3.1 Radioaktivt kontaminert vann

Tilsatsvann ved utpumping-/sirkulasjon av ionebyttermasse fra Haldenreaktoren går i retur til lagertank. Disse har overløp og overskuddsvann suges med undertrykk over til inndamper. Høyt nivå i lagertanker gir alarm. Ved rengjøring av rørledningsnettet etter bruk går vannet tilbake til lagertanker og overskudd suges til inndamper.

Rengjøring av støpe-anlegget for ionebyttermassen omfatter spyling av nedløpsrør, doserings-tank, mate-skrue og sil-arrangementer. Overskuddsvannet herifra suges også via støpe-beholder over til inndamper.

7.3.2 Inaktivt vann

Damp fra inndamper kondenseres i vannkjølt kondenser. Kjølevannet sirkulerer i et lukket system med tank 216 (25 m^3) som matevannstank. Ved utskifting av vannet dreneres dette manuelt til inaktivt avløp. Når kjølevannstemperaturen blir for høy må kaldere springvann tilføres. Driftsforstyrrelser med dette systemet har ikke forekommet.

7.4 Ventilasjon

Avtrekksvifter for arbeidsbokser og lukkede tank- og rørsystemer stopper ved strømbrudd, og hvis disse viftene stopper stanses automatisk friskluftvifter slik at overtrykk i systemet unngås. Lukkede systemer er dessuten utstyrt med tilbakeslagsfiltre for å hindre aktivitetsspredning.

I anlegget for lagring og støp av ionebyttermasse håndteres massen i fuktig form, slik at ventilasjonssvikt ikke vil medføre ukontrollert spredning av luft-aktivitet.

8 Sikkerhetsmessige vurderinger

8.1 Ioniserende stråling

Rutinevirksomheten ved anlegget forårsaker bare minimal ekstern stråling til omgivelsene. Aktivitetsmengdene i anlegget er moderate. Den samlede aktivitets-mengde i RAA vil vanligvis ikke overskride 300 TBq. Avfallet er enten innstøpt i skjermede tønner eller på annet vis så godt skjermet at strålings-belastningen til personalet som arbeider i nærheten av kildene blir minimal. Bygningenes betongvegger gir ytterligere skjerming utad.

Anlegget er sikkerhetsmessig utrustet for rutinemessig behandling av avfall med en spesifikk aktivitet på opptil 6 000 GBq/m^3. Større avfallsmengder med høyere aktivitet, spesielt ionebyttermasse fra Haldenreaktoren som kan ha en spesifikk aktivitet på opptil 40 000 GBq/m^3, lagres midlertidig i skjermet bunker for reduksjon av radioaktiviteten før det behandles for endelig lagring.

8.2 Spredning av luftbåren radioaktivitet

Forskriftsmessige ventilasjonssystemer med absoluttfiltrering av utgående luft forhindrer spredning av luftbåren radioaktivitet til omgivelsene. Selv ved en betraktelig økning

av de for tiden meget små mengder flyktig radioaktivitet som forefinnes i avfallet, anses de sikkerhetsmessige opplegg med absoluttfiltrering, kontinuerlig monitorering og alarmsystemer som tilstrekkelig for å hindre spredning av luftbåren radioaktivitet. Utslipp av radioaktivitet til atmosfæren blir overvåket og registrert av avdeling Miljø- og strålevern for kontroll av at IFE overholder sin utslippstillatelse.

8.3 Lekkasjer og spredning av radioaktivitet

I Radavfallsanlegget er det lagt vekt på anvendelse av korrosjonsbestandige materialer for utstyr og tanker som kommer i kontakt med korrosive løsninger. Det mest anvendte materialet er syrefast stål, og ved fare for kloridkorrosjon anvendes titan. Hvis det til tross for disse forholdsregler likevel skulle oppstå lekkasjer, vil de monterte lekkasjemålerne umiddelbart utløse alarm, og oppsamlingskar vil hindre spredning av radioaktivitet.

8.4 Brann

Selv om en brann skulle oppstå i bygningene, er det liten mulighet for spredning av radioaktivitet utad. Aktivitetsmengdene er beskjedne, og den overveiende del er innstøpt i sement eller/og befinner seg i brannsikre beholdere. Det er dessuten liten mulighet for at et eventuelt mindre branntilløp kan få større omfang. Bygningene er oppført i betong. Det er lagt vekt på å unngå bruk av brannfarlige materialer og på å etablere tilfredsstillende sikkerhetsmessige opplegg.

I lagerdelen vil det vanligvis befinne seg opp til 20 stk. 210 l tønner med laboratorieavfall (plast- og papirprodukter, isolasjonsmateriell m.m.).

Konsekvensene ved et utslipp fra brann er beskrevet vedlegg 2 (Referanseuhell ved Radavfallsbygget). Dosebidraget er meget beskjedent. Det vil ikke være aktuelt med mottiltak i en akuttfase for bebyggelse utenfor IFEs område. De næringsmidler som vil bli mest forurenset ved et eventuelt nedfall vil være melk og grønnsaker. Det finnes ingen melkeprodusenter så nær anlegget at CFIL-verdiene (Council Food Intervention Level) kan overstiges. Restriksjoner i grønnsaksdyrking i forbindelse med Radavfallsanlegget anses heller ikke som nødvendig.

8.5 Vanninntrengning

Inntrengning av vann utenfra og inn i bygningene har ikke forekommet, og anses i praksis ikke å kunne forekomme, da terrenget og drenering vil avlede vannet.

Brist i hovedinntaks-ledninger eller forgreningsledninger som kan forårsake en oversvømmelse inne i bygningene, har heller ikke forekommet.

En eventuell ukontrollert vann-inntrengning, enten fra 1. etasje eller kjeller, renne ned i oppsamlings-grop under de tre 25 m^3 tankene. Her er plassert en lekkasje-detektor i kar ved avløpsrør som normalt er stengt. Oppsamlet vann må kontrolleres før utslipp.

I andre deler av bygget vil vannlekkasje fra 1. etasje enten renne i sluk eller til kjeller. I kjelleren er hovedvanninntak til hele bygningskomplekset. Brist i hovedinntaket vil medføre vann-inntrengning. Lekkasjedetektor vil gi alarm, stoppekran finnes i kum utenfor bygningen, og en av pumpene i kjelleretasjen kan benyttes som tømmepumpe. Vannet pumpes til tank for radioaktivitetskontroll før utslipp.

Lekkasjedetektor er montert i sluk eller forsenkninger i gulv hvor vann ved en eventuell lekkasje først vil samles. Detektorene er tilkoplet instituttets alarmsentral. Fra 1. etasje i Radavfall I vil vann renne ned i kjelleretasjen. Laboratorier i 1. etasje har egne slukavløp. I kjelleretasje finnes flere avløp. En kanal for rør som ligger lavere enn gulvplanet vil lede vann til kjelleren. Der vil det renne videre til oppsamlingstro under 25 m^3 tankene som har lekkasjedetektor.

I Lagerbygg II er det kun ett plan, og det finnes gulvavløp for avrenning.

8.6 Driftsuhell

Det er tatt omfattende forholdsregler for å forhindre driftsuhell med spredning av radioaktivitet. Arbeidsprosedyrene er stort sett enkle og er grundig sikkerhetsvurdert i samarbeid med Avdeling Miljø og strålevern. Personalet får grundig opplæring i arbeidsrutiner og strålevernregler. Tiltak og eventuelle konsekvenser ved uhell eller driftsstans er beskrevet i instruksene for de enkelte arbeidsoppgavene [3]. Det foreligger detaljerte planer for beredskap [13].

8.7 Personellvern

Strålevernmessig er anlegget underlagt tilsyn og kontroll av Avdeling Miljø og strålevern og ved radioaktivt spill, strålefare og brann skal instituttets retningslinjer følges. Alarmeringsplakat finnes oppsatt ved aktuelle varslingstelefoner.

Det er utarbeidet praktiske retningslinjer for arbeid ved anlegget [3] for å sikre at arbeidet skjer på sikkerhetsmessig forsvarlig måte. I anlegget forefinnes førstehjelpsutstyr og båre, og det er montert tilkoplings-punkter for airstream ansiktsmasker for bruk ved eventuell luftkontaminering. Annet beskyttelses-utstyr er plassert i anleggets inaktive og aktive garderober. Pumpe og beholder for oppsamling av eventuell lekkasje utover gulv er sentralt plassert i rom 101, og vann-suger er plassert i rom 001 i kjeller.

8.8 Oppsummering

Med nåværende utstyr, sikkerhetsmessige opplegg og arbeidsrutiner er anlegget vel egnet for en sikkerhetsmessig forsvarlig behandling av det lav- og middelsaktive avfallet som oppstår ved Institutt for energiteknikk. Anlegget kan i tillegg ta hånd om avfall fra eksterne brukere av radioaktivitet

9 Referanseuhell ved Radavfallsanlegget

9.1 Innledning

Referanseuhellet ved Radavfallsanlegget beskriver en situasjon som kan føre til de størst doser til individer i kritiske grupper i befolkningen rundt IFEs anlegg på Kjeller fra utslipp av radioaktivitet fra anlegget.

9.2 Scenario og kildeterm

Det oppstår brann i pressbart fast radioaktivt avfall. Innholdet tilsvarende 3-4 tønner befinner seg i kvern/presse, mens innholdet tilsvarende 16-17 tønner med avfall

befinner seg i området i påvente av kverning og pressing. Det antas at denne mengden med fast radioaktivt avfall, som tilsvarer maksimalt ca 20 tønner, brenner opp i sin helhet. Det maksimale radioaktivitetsinnholdet i disse tønnene er gitt i tabell 1 under.

Det antas at 50 % av radioaktiv sot og røyk fra brannen vil være tilgjengelig for utslipp til atmosfæren via ventilasjonssystemet, mens resten vil slå seg ned på vegger og tak i Radavfalls lokaler og i ventilasjonskanalene. Utslippet antas å ha en varighet på fire timer. Kildeterm for utslipp til atmosfæren er gitt i siste kolonne i tabell 1.

Tabell 1 Radioaktivitetsmengder i referanseuhellet og kildeterm for spredningsberegninger

Nuklider	**Radioaktivitetsmengde i avfallet**	**Kildeterm for utslipp til atmosfæren**
	(MBq)	(MBq)
^{58}Co	10	5
^{60}Co	1200	600
^{125}I	400	200
^{131}I	20	10
^{137}Cs	400	200

9.3 Doseberegninger

Det er utført beregninger av dose fra sky, dose fra inhalasjon samt dose fra deponert aktivitet i 7 dager og i 5 år. Innhalasjonsdose er beregnet for aldersgruppene 1 år, 10 år og voksen. Dose og doserate fra deponert aktivitet er beregnet for ulike tidsrom etter utslippet. Alle beregninger av spredning og doser fra utslipp er utført med et program laget av Tord Walderhaug ved IFE-Halden [14].

Stabilitetsklassen som brukes er Pasquill D da denne tillater nedbør. Denne stabilitetsklassen med en vindhastighet på 5 m/s vil være et typisk vær i Kjeller området. Beregning av doser fra sky og fra inhalasjon er utført uten våtdeposisjon og tørrdeposisjon som da gir maksimalverdier for denne stabilitetsklassen [15]. For beregning av deponering på bakken er tørr- og våtdeposisjon inkludert med en nedbørmengde på 1 mm/time, som også er typisk for Kjeller-området.

Tabell 2 presenter beregnede doseverdier i henholdsvis 100, 200 og 300 m avstand fra Radavfallsanlegget. Bare inhalasjonsdosene for voksne er angitt i tabellen. I tabell 3 er thyreoideadoser og effektive doser fra inhalasjon summert for de tre nuklidene for 1 år gamle barn, for 10 år gamle barn og for voksne presentert.

Tabell 2 Beregnede doser i 3 avstander fra Radavfallanlegget. Doser under 0,01 µSv er angitt med

Avstand / Nuklide	Effektiv dose fra sky (µSv)			Effektiv dose fra inhalasjon (voksne) (µSv)			Effektiv dose i 7 dager fra deposisjon (µSv)			Effektiv dose i 5 år fra deposisjon (µSv)		
	100 m	**200 m**	**300 m**	**100 m**	**200 m**	**300 m**	**100 m**	**200 m**	**300 m**	**100 m**	**200 m**	**300 m**
^{58}Co	-	-	-	0,001	-	-	0,004	0,002	0,001	0,059	0,03	0,02
^{60}Co	0,03	0,009	0,005	0,76	0,27	0,14	1,1	0,54	0,34	174	82	52
^{125}I	-	-	-	0,13	0,04	0,028	-	-	-	-	-	-
^{131}I	-	-	-	0,009	0,003	0,002	0,008	0,003	0,002	0,02	0,007	0,004
^{137}Cs	0,002	0,001	-	0,12	0,04	0,02	0,10	0,05	0,03	19	8,7	5,5

Tabell 3 Doser til thyreoidea og effektive doser fra inhalasjon i tre avstander fra Radavfallsanlegget for tre aldersgrupper. Doser under 0,01 µSv er angitt med

	Inhalasjon Ett år gamle barn (µSv)			**Inhalasjon 10 år gamle barn (µSV)**			**Inhalasjon Voksne (µSv)**		
Avstand	**100 m**	**200 m**	**300 m**	**100 m**	**200 m**	**300 m**	**100 m**	**200 m**	**300 m**
Doser til thyreoidea	6,3	2,3	1,1	5,4	1,9	0,98	2,8	1,00	0,51
Effektiv dose	0,31	0,11	0,06	0,27	0,10	0,05	0,14	0,05	0,03

9.4 Vurderinger

9.5 Tiltak i akutt fase

Ved valg av tiltak kan NRPBs *Emergency Reference Levels, ERL,* [16] legges til grunn. Dersom avverget dose ligger under nedre grense angitt i Tabell 4 anses tiltak ikke å være berettiget. Avverget dose som overstiger øvre verdi vil nesten alltid berettige mottiltak.

Tabell 4 Emergency Reference Levels, ERL

Mottiltak	Kropp/Organ	Avverget dose (mSv)	
		Nedre grense	Øvre grense
Tilflukt	Hele/Effektiv dose	3	30
Evakuering	Hele/Effektiv dose	30	300
Stabilt jod	Thyreoidea	30	300

Doseberegningene gir totaldoser som ligger langt under nedre grense i Tabell 4. Mottiltak er akuttfasen vil dermed ikke være berettiget i områder som ligger over 100 m fra Radavfallsanlegget. Det vil dermed ikke være aktuelt med mottiltak i akuttfasen i bebyggelsen som ligger utenfor IFEs område.

9.6 Opptak i matvarer

I forbindelse med radioaktivt nedfall og opptak i næringskjedene har EU definert CFIL-verdier (Council Food Intervention Level) i enheter av Bq/kg eller Bq/l for radionuklider i ulike næringsmidler. CFIL-verdiene brukes som intervensjonskriterier. Det er også gjort beregninger av den aktivitetskonsentrasjon av radioaktive nuklider på bakken som ved overføring til næringsmidlene gir CFIL-verdiene [17].

NRPBs CFIL-verdier ref. /17/ baserer seg på EUs intervensjonskriterier og egner seg godt til beregninger av områder for intervensjon siden det er gitt en sammenheng mellom radioaktivitetskonsentrasjoner på bakken som gjennom overføring tilsvarer tiltaksgrenser for radioaktivitetskonsentrasjon i matvarer for en rekke aktuelle nuklider. Det eksisterer også andre aktuelle anbefalinger om intervensjonskriterier for radioaktivitet i matvarer, herunder ”Codex Alimentarius” som er utarbeidet av FAO/WHO og ”Nordic Intervention Critera for Nuclear or Radiological Emergencies – Recommendations” som er utarbeidet av de nordiske strålevernsmyndighetene i Danmark, Finland, Island, Norge og Sverige. I Norge finnes kun en grenseverdi for ^{137}Cs i matvarer som er på 600 Bq/kg. For ^{137}Cs i grønnsaker betyr dette at det må gjennomføres tiltak i områder med ca halvparten av bakkekonsentrasjonen i avsnitt 4.2.2, men dette medfører ikke endringer i konklusjonen i dette avsnittet.

De næringsmidler som vil bli mest forurenset av et radioaktivt nedfall er melk og grønnsaker. Disse er behandlet nedenfor.

Melk

For ^{131}I beregnes en deponert aktivitet på 0,033 kBq/m^2 i avstand 100 m fra utslippstedet, lang under CFIL grensen på 7 kBq/m^2. For ^{125}I beregnes nedfallet til 0,66 kBq i samme avstand. For nukliden kan en avledet CFIL verdi på 1 kBq anslås på grunnlag av forholdet mellom effektiv dosekoeffisient for de to jodisotopene.

Det finnes ingen melkeprodusenter så nær anlegget at CFIL verdien kan overstiges.

Grønnsaker

For ^{137}Cs vil deponert aktivitet, i avstand 100 m beregnet til 0,315 kBq/m^2, ligge under CFIL grenseverdien på 4,2 kBq/m^2. Det samme er tilfellet for ^{60}Co, deponert aktivitet i 100 m avstand beregnet til 0,945 kBq/m^2. CFIL verdi er også for denne nukliden satt til 4,2 kBq/m^2.

Restriksjoner i grønnsakdyrking i forbindelse med brann i Radavfallsanlegget anses dermed ikke som nødvendige.

10 Referanser

1. Sikkerhetsrapport for drift av kombinert deponi og lager for lav- og middels radioaktivt avfall i Himdalen, 20110507

2. Forskrift av 6. desember 1996 (Kgl. res.) om systematisk helse-, verne- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften), nr. 1127

3. Grønn bok seksjon Radavfall, avdeling Miljøteknologi

4. Sikkerhetsrapport KD-2006-15, Lager for ubestrålt nukleært materiale på Kjeller

5. Ansvarsforhold, drift og bruk av ledningsnett for radioaktivt avfall som fører til Radavfallsbygget og videre gjennom NALFA-ledningen til Nitelva. AV 075-2001-11-26

6. Nedrivningsrapport Radavfallsanlegget, Sikkerhetssak nr. KP-04-169

7. Anlegg for utpumping og innstøping av HBWR ionebyttermasse, Avd. Kjemi & Geologi, 1986-09-22, JEL/AJN

8. Lundby, J.E., Frydenlund, K. Erfaring fra kaldtester og sikkerhetsvurderinger ved anlegg for utpumping og innstøping av HBWR ionebyttermasse. IFE/I-87/019+KKG, 1987-12-07

9. Cell Network AS (Bouvet), System- og driftsdokumentasjon for IFE RadAvfall, Oslo 22. april 2002.

10. ADR/RID 2011 – Transport av farlig gods. Forskrift av 1.april 2011 om landtransport av farlig gods

11. Godkjenning av kokiller som IP-Z beholdere, N-IFE/3005/IP-2

12. ULIMOEN, K. Kontrollprogram for overvåking av radioaktiv forurenset luft, overflateforurensning og strålefelt i laboratoriene ved Institutt for energiteknikk, Kjeller, HF-89, mars 1982.

13. Beredskapsplan seksjon 14, Radavfall

14. Tord Walderhaug, Metoder for beregning av konsekvenser ved kortvarig utslipp av radionuklider til luft, Institutt for energiteknikk. OECD Halden Reactor Project, Sv-rapport 605, 2005

15. U.S. Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 1,183, Alternative Radiological Source terms for Evaluating Design Basis Accidents at Nuclear Power Reactors, July 2000.

16. Board Statement on Emergency Reference Levels, Documents of the NRPB, Volume 1 NO 4 1990, National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon OX11 ORQ

17. N. P. McColl and S. L. Prosser, Emergency Data Handbook NRPB-W19,National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon OX11 ORQ, July 2002