

Brug af åbne radioaktive kilder

Ikke-medicinske formål

Vejledning



Brug af åbne radioaktive kilder

Ikke-medicinske formål

© Sundhedsstyrelsen, 2020.
Publikationen kan frit refereres
med tydelig kildeangivelse.

Sundhedsstyrelsen
Islands Brygge 67
2300 København S

www.sst.dk

Elektronisk ISBN: 978-87-7014-154-3

Sprog: Dansk
Version: 1.0
Versionsdato: 07.02.2020
Format: pdf

Udgivet af Sundhedsstyrelsen,
Februar 2020

Indholdsfortegnelse

Introduktion	6
1. Begrebet brug.....	7
2. Strålebeskyttelsesprincipper	9
2.1. Berettigelse	9
2.2. Optimering	9
2.3. Dosisbegrænsning	11
3. Ansvar	12
3.1. Virksomhedens ansvar	12
3.2. Ansvarsfordeling og krav forbundet med eksterne arbejdstagere	12
4. Særlige kompetencepersoner.....	15
4.1. Strålebeskyttelseskoordinator	15
4.2. Strålebeskyttelsesekspert.....	17
5. Tilladelse, underretning, registrering m.v.	20
5.1. Tilladelse, underretning og undtaget fra krav	20
5.2. Ansøgning om tilladelse.....	23
5.3. Underretning	26
5.4. Undtaget fra krav om tilladelse og underretning	28
5.5. Registrering af anlæg	28
5.6. Import og overdragelse.....	30
5.7. Fortegnelse over modtagelse, produktion og overdragelse	31
5.8. Afmelding af anlæg, tilladelse eller underretning	31
5.9. Tilsyn	32
5.10. Gebyr.....	33
6. Sikkerhedsvurdering	34
6.1. Systematisk gennemgang af sikkerhed og strålebeskyttelse	34
6.2. Omfang.....	34
6.3. Rapport.....	35
7. Klassificering af områder og skiltning.....	36
7.1. Klassificering af områder	36
7.2. Skiltning	39
7.3. Yderligere krav til kontrollerede områder	41
8. Krav til anlæg m.v.	42
8.1. Afskærmning	42

8.2. Indretnings- og anvendelsesmæssige krav til anlæg og andre lokaler	43
8.3. Fortegnelse over anlæg	50
9. Arbejdstagere	51
9.1. Kategorisering af stråleudsatte arbejdstagere	51
9.2. Krav til oplysning, oplæring, instruktion af og kvalifikationer for arbejdstagere	54
10. Strålebeskyttelse ved brug af åbne radioaktive kilder	56
10.1. Instrukser	56
10.2. Modtagelse af åbne radioaktive kilder	57
10.3. Opbevaring	57
10.4. Minimering af stråleudsættelse under håndtering	59
10.5. Dyreforsøg	64
10.6. Benyttelse af personlige værnemidler	65
11. Kontrolmåling, rengøring og afvikling	66
11.1. Kontrolmåling	66
11.2. Grænseværdier for tilbageværende forurening	68
11.3. Program for kontrolmålinger	69
11.4. Rengøring af forurenede overflader m.v.	70
11.5. Afvikling af bygninger, anlæg og andre lokaler	72
12. Radioaktivt affald	74
12.1. Affaldsveje i Danmark	74
12.2. Udledning	75
12.3. Plan for radioaktivt affald	75
12.4. Behandling af radioaktivt affald på virksomheden	76
12.5. Fortegnelse	81
13. Dosisovervågning	83
13.1. Krav om individuel dosisovervågning	83
13.2. Bestemmelse af samt indberetning og underretning om doser	87
13.3. Dosisstatistik	88
13.4. Tilrettelæggelse og optimering ved hjælp af dosimetre	88
14. Ulykker, uheld og hændelser	89
14.1. Instrukser om forholdsregler	89
14.2. Procedure ved ulykker, uheld og hændelser	89
14.3. Forhold af systematisk karakter	90
14.4. Rengøring af personer	90
14.5. Indberetning til Sundhedsstyrelsen	91
14.6. Efter en ulykke, et uheld eller en hændelse	92
15. Transport	93
15.1. Strålebeskyttelsesprogram og kvalitetsstyringssystem	94

15.2. Vejtransport.....	95
15.3. Jernbanetransport.....	100
15.4. Søtransport	100
15.5. Lufttransport	101
16. Kvalitetssikring	102
16.1. Systemets grundlæggende elementer	102
17. Love, bekendtgørelser, vejledninger m.v.	105
17.1. Lov, bekendtgørelser m.v.	105
17.2. Vejledninger	106
17.3. Andre relevante publikationer	106
Bilag A: Ordliste	107
Bilag B: Formler, enheder og omregningsfaktorer	118
Bilag C: Eksempler på bestemmelse af myndighedskontrolniveau.....	123
Bilag D: Udarbejdelse af sikkerhedsvurdering	130
Bilag E: Værdier til vurdering af doser fra hudforurening	140
Bilag F: Beslutningsdiagram for bortskaffelse og overdragelse	142

Introduktion

Denne vejledning har til formål at bidrage til, at reglerne for *brug af åbne radioaktive kilder* forstås og anvendes korrekt. Reglerne findes i strålebeskyttelsesloven og tilhørende bekendtgørelser (strålebeskyttelseslovgivningen), se kapitel 17. Reglerne har til formål at sikre, at brug af åbne radioaktive kilder er berettiget og optimeret, og at *dosisgrænserne* ikke overskrides.

Vejledningen er udarbejdet af Sundhedsstyrelsen, der varetager myndighedsopgaver vedrørende sikkerhed og *strålebeskyttelse*, hvor der forekommer, anvendes eller frembringes *ioniserende stråling*.

Vejledningen henvender sig til alle, der bruger åbne radioaktive kilder til *ikke-medicinske formål*. Vejledningen omfatter dog ikke *anvendelse* af åbne radioaktive kilder til undervisningsformål på grundskoler og gymnasiale undervisningsinstitutioner, *lækagesporing*, *veterinærmedicinsk* anvendelse samt *NORM*.

Vejledningen gengiver krav fra strålebeskyttelseslovgivningen for brug af åbne radioaktive kilder til ikke-medicinske formål og indeholder Sundhedsstyrelsens anvisninger til, hvordan visse krav kan opfyldes. *Virksomheden* kan forvente, at dens brug af åbne radioaktive kilder er i overensstemmelse med reglerne, hvis vejledningens anvisninger følges. Vejledningens anvisninger er ikke bindende, virksomheden kan altså i nogle tilfælde vælge at opfylde et krav ved en anden fremgangsmåde end den anviste, hvis den giver samme grad af strålebeskyttelse. Vælges en anden fremgangsmåde, skal virksomheden kunne dokumentere, at den ved den valgte fremgangsmåde lever op til kravene. Endelig afgørelse herom kan om nødvendigt træffes af Sundhedsstyrelsen.

Fodnoter, kursiv og formler

I vejledningen henvises der ved hjælp af fodnoter til de relevante paragraffer i strålebeskyttelseslovgivningen m.v.

Ord i kursiv er forklaret i ordlisten, se bilag A.

Relevante formler, enheder og omregningsfaktorer findes i bilag B.

For grundlæggende information om ioniserende stråling, ioniserende strålings biologiske virkning, forekomst og anvendelse m.v. henvises til Sundhedsstyrelsens publikation "Strålingsguiden", se kapitel 17. Seneste version af vejledningen kan findes på www.sis.dk.

1. Begrebet brug

I strålebeskyttelseslovgivningen benyttes begrebet brug. Begrebet har en udvidet betydning sammenlignet med den gængse, idet brug omfatter alle handlinger, der kan være forbundet med *radioaktive stoffer*.

Begrebet brug

Begrebet "brug" forstås i strålebeskyttelseslovgivningen som:

*Fremstilling, forarbejdning, besiddelse, import, eksport, overdragelse, håndtering, anvendelse, kontrol, eftersyn, opbevaring, bortskaffelse, genvinding, genanvendelse, udledning og transport af radioaktive stoffer.*¹

Selvom begreberne brug og anvendelse i andre sammenhænge opfattes som synonymmer, betyder de i strålebeskyttelsessammenhæng ikke det samme, idet "anvendelse" blot er ét af mange delelementer af begrebet brug.

For de brugs- og anvendelsesområder, som denne vejledning omfatter, er følgende delelementer af begrebet brug relevante: Fremstilling, besiddelse, import, eksport, overdragelse, håndtering, anvendelse, opbevaring, bortskaffelse, udledning og transport. Nedenfor gennemgås, hvordan de enkelte delelementer skal forstås i relation til åbne radioaktive kilder.

Fremstilling

Med fremstilling menes produktion af *radionuklider* f.eks. ved hjælp af en cyklotron.

Besiddelse

Med besiddelse menes ejerskab eller råderet over åbne radioaktive kilder.

Import

Med import menes *overførsel* af åbne radioaktive kilder til Danmark fra et andet land.

Eksport

Med eksport menes overførsel af åbne radioaktive kilder fra Danmark til et andet land.

Overdragelse

Med overdragelse menes skift af ejerskabet af en åben radioaktiv kilde fra én virksomhed til en anden. Når en virksomhed sender *radioaktivt affald* til forbrænding på et forbrændingsanlæg eller til *Dansk Dekommissionering*, er der også tale om en overdragelse.

¹ Bek. nr. 669/2019, § 10, nr. 7a.

Håndtering

Med håndtering menes de praktiske operationer forbundet med anvendelse, opbevaring m.v. af åbne radioaktive kilder. Håndtering omfatter f.eks. operationer forbundet med modtagelse af kilder, laboratoriearbejde med kilder, pakning af radioaktivt affald fra anvendelse af kilder og overførslen af kilder.

Anvendelse

Med anvendelse menes benyttelse af en åben radioaktiv kilde til det tiltænkte formål, f.eks. forskning og udvikling, dyreforsøg eller forsøg i naturen.

Opbevaring

Med opbevaring menes alle former for lagring af åbne radioaktive kilder, f.eks. på specielt indrettede opbevaringssteder i de *anlæg*, hvor kilderne håndteres, eller i særskilte anlæg til opbevaring af åbne radioaktive kilder eller radioaktivt affald.

Bortskaffelse

Med bortskaffelse menes udledning af radioaktivt affald fra anvendelse af åbne radioaktive kilder, se nedenfor, eller *deponering* af radioaktivt affald hos en virksomhed, der er særligt udpeget til dette.

I denne vejledning forstås ved begrebet bortskaffelse også udsmidning af ikke-radioaktivt affald via normal renovation.

Udledning

Med udledning menes spredning af radioaktivt affald til omgivelserne f.eks. via kloak eller skorsten.

Transport

Med transport menes flytning af en åben radioaktiv kilde fra ét sted til et andet via offentlig vej, jernbane, skib eller lufttransport.

2. Strålebeskyttelsesprincipper

I Danmark anvendes et globalt anerkendt system for strålebeskyttelse. Systemet følger anbefalinger fra den internationale strålebeskyttelseskommision (ICRP), se kapitel 17, og bygger på tre fundamentale principper: berettigelse, optimering og dosisbegrænsning. Principperne er indbygget i den danske strålebeskyttelseslovgivning. Princippernes betydning for brug af åbne radioaktive kilder er beskrevet nedenfor.

2.1. Berettigelse

Det overordnede princip ved brug af åbne radioaktive kilder er, at brugen skal være berettiget. Det betyder, at brug af kilder kun må finde sted, hvis de sundhedsmæssige, økonomiske, samfundsmæssige eller andre fordele ved brugen opvejer ulemperne.²

I vurderingen af berettigelsen skal indgå overvejelser om muligheden for at anvende alternative metoder, der enten ikke er baseret på ioniserende stråling (f.eks. fluorescerende eller fotometriske metoder), eller er behæftet på væsentligt reduceret *stråleudsættelse* eller risiko.³ Vurderingen skal tage udgangspunkt i bl.a. radionuklid, aktivitetsmængde og muligheden for dosisovervågning.⁴

Det er virksomhedens opgave at vurdere, om den konkrete brug er berettiget, eller om en alternativ metode evt. uden benyttelse af åbne radioaktive kilder vil være mere berettiget. Hvis det er tilfældet, skal den alternative metode vælges. I tvivlstilfælde bør den alternative metode afprøves først. Virksomheden skal regelmæssigt vurdere, om dens brug af åbne radioaktive kilder fortsat er berettiget.⁵ Dette sikres bl.a. ved benyttelse af et *kvalitetsstyringssystem*, se kapitel 16.

Det er Sundhedsstyrelsens vurdering, at brug af åbne radioaktive kilder omfattet af denne vejledning normalt vil være berettiget under forudsætning af, at den finder sted efter reglerne i strålebeskyttelseslovgivningen og vejledningens anvisninger. Virksomheden skal dog altid selv foretage en vurdering af, om dens konkrete brug af åbne radioaktive kilder er berettiget. Sundhedsstyrelsen kan til enhver tid vurdere og træffe afgørelse om, hvorvidt en virksomheds brug af åbne radioaktive kilder er berettiget.⁶

2.2. Optimering

Optimeringsprincippet betyder, at brug af åbne radioaktive kilder kun må finde sted, hvis sandsynligheden for og omfanget af stråleudsættelsen, herunder antallet af stråleudsatte

² Bek. nr. 669/2019, § 16, stk. 1.

³ Bek. nr. 669/2019, § 16, stk. 2 og 3.

⁴ Bek. nr. 669/2019, § 16, stk. 4.

⁵ Bek. nr. 669/2019, § 16, stk. 7.

⁶ Bek. nr. 669/2019, § 17.

personer, holdes så lavt som opnåeligt under hensyntagen til aktuel teknisk viden og økonomiske og samfundsmæssige faktorer.⁷

Opnåelse af optimering

Optimering opnås gennem en løbende proces, der involverer følgende delprocesser:

1. Vurdering af bestrålingssituationen inkl. potentiel stråleudsættelse forbundet med evt. ulykker, uheld og hændelser
2. Anvendelse af passende *dosisbindinger*
3. Identifikation af potentielle muligheder for strålebeskyttelse
4. Valg af bedste mulighed for strålebeskyttelse under de givne omstændigheder
5. Implementering af den bedste mulighed for strålebeskyttelse i praksis.

Sundhedsstyrelsen kan til enhver tid vurdere og træffe afgørelse om, hvorvidt brugen af åbne radioaktive kilder er optimeret.⁸

I optimeringsprocessen skal der tages hensyn til stråleudsættelsen af både *arbejdstagere* og *enkeltpersoner i befolkningen* i forhold til de fastlagte dosisbindinger for disse persongrupper.

Dosisbindinger

Den maksimale dosisbinding, der må benyttes for en virksomheds samlede brug af *stråling*, herunder fra åbne radioaktive kilder, er 0,1 mSv/år for enkeltpersoner i befolkningen.⁹

Dosisbindinger for virksomhedens *stråleudsatte arbejdstagere* fastsættes om nødvendigt af virksomheden og bør tage udgangspunkt i virksomhedens og tilsvarende virksomheders dosishistorik, se afsnit 13.3.

Den maksimale dosisbinding, der må benyttes for virksomhedens *øvrige arbejdstagere*, er 0,3 mSv/år.¹⁰

⁷ Bek. nr. 669/2019, § 18.

⁸ Bek. nr. 669/2019, § 19.

⁹ Bek. nr. 669/2019, § 21, stk. 1.

¹⁰ Bek. nr. 669/2019, § 22.

Dosisbindingerne skal indgå i planlægning af virksomhedens brug af åbne radioaktive kilder. Anvendelse af dosisbindinger skal føre til optimering af strålebeskyttelsen, dvs. minimering af stråleudsættelse, f.eks. ved adgangskontrol, begrænsning af opholdstid og benyttelse af afskærmning, der sikrer, at den faktiske stråleudsættelse af arbejdstagere og enkeltpersoner i befolkningen kan forventes at være lavere end dosisbindingen. For brug af åbne radioaktive kilder omfattet af krav om tilladelse indledes optimeringsprocessen med en grundlæggende *sikkerhedsvurdering*, se kapitel 6.¹¹

2.3. Dosisbegrænsning

Summen af doser, en person udsættes for, må ikke overstige dosisgrænserne.^{12, 13} Dosisgrænserne er fastsat, så de begrænser risikoen for forekomst af *senskader* og forhindrer forekomsten af *akutte skader*. Dosisgrænser for *erhvervsmæssig* og *befolkningsmæssig bestråling* fra virksomheders brug af alle typer af *strålekilder* fremgår af Tabel 1.

Tabel 1
Dosisgrænser¹⁴

Personkategori	Grænse for effektiv dosis [mSv/år]	Grænse for ækvivalent dosis ¹⁾ [mSv/år]		
		Øjelinse	Hud ²⁾	Ekstremiteter ³⁾
Stråleudsat arbejdstager, der er fyldt 18 år	20	20	500	500
Person mellem 16 og 18 år ⁴⁾	6	15	150	150
Enkeltperson i befolkningen	1	15	50	-

¹⁾ Der er ikke fastsat dosisgrænser for andre organer og væv end øjelinse, hud og ekstremiteter, da dosisgrænsen for effektiv dosis begrænser dosis til øvrige organer og væv tilstrækkeligt.

²⁾ Dosisgrænsen for huden gælder for hver overflade af 1 cm².

³⁾ Ekstremiteter omfatter hænder, underarme, fødder og ankler.

⁴⁾ Person mellem 16 og 18 år, der er i en mindst 2-årig erhvervskompetencegivende uddannelse, der er reguleret ved lov eller i henhold til lov, og hvor brug af strålekilder indgår som et nødvendigt led i den pågældende uddannelse.

Herudover er der krav om, at ækvivalent dosis til et foster som følge af den gravides erhvervsmæssige bestråling skal holdes så lav som med rimelighed opnåeligt og ikke må overstige 1 mSv efter meddelelse til *arbejdsgiveren* om graviditeten.¹⁵

I det tilfælde, hvor en dosisgrænse for erhvervsmæssig bestråling overskrides, må arbejdstageren ikke udføre yderligere arbejde, der indebærer stråleudsættelse, medmindre Sundhedsstyrelsen har godkendt dette.¹⁶ Oplysning om dosisovervågning findes i kapitel 13.

¹¹ Bek. nr. 669/2019, § 20, stk. 1.

¹² Bek. nr. 669/2019, § 23.

¹³ Bek. nr. 669/2019, § 31.

¹⁴ Bek. nr. 669/2019, bilag 1.

¹⁵ Bek. nr. 669/2019, § 24.

¹⁶ Bek. nr. 669/2019, § 25.

3. Ansvar

Det er virksomheden, der bruger åbne radioaktive kilder, der er ansvarlig for opfyldelse af kravene i strålebeskyttelseslovgivningen. Hvis virksomheden benytter *eksterne arbejdstagere*, har arbejdsgiveren for disse arbejdstagere dog et selvstændigt ansvar for opfyldelse af dele af lovgivningen.

3.1. Virksomhedens ansvar

Virksomheden, der besidder, anvender, opbevarer m.v. åbne radioaktive kilder, har som udgangspunkt det fulde ansvar for overholdelse af alle krav i strålebeskyttelseslovgivningen.

I de tilfælde hvor en virksomhed A låner en åben radioaktiv kilde hos virksomhed B, er det virksomhed A, der er ansvarlig for opfyldelse af kravene i lovgivningen, herunder er omfattet af krav om tilladelse eller underretning.

En virksomheds *strålebeskyttelseskoordinator*, se afsnit 4.1, har ikke et personligt ansvar for, at virksomheden opfylder sine forpligtelser, men skal bistå virksomheden med dette.

En *strålebeskyttelsesekspert*, se afsnit 4.2, fungerer som rådgiver for virksomheden og har derved heller ikke et personligt ansvar for, at virksomheden opfylder sine forpligtelser.

3.2. Ansvarsfordeling og krav forbundet med eksterne arbejdstagere

Når en virksomhed, der bruger åbne radioaktive kilder, benytter sig af eksterne arbejdstagere til arbejdet, har disse arbejdstageres arbejdsgiver et selvstændigt ansvar for opfyldelse af visse dele af strålebeskyttelseslovgivningen.¹⁷ Dette er f.eks. tilfældet, hvis en arbejdstager udfører service på *udstyr* i en virksomhed, som den pågældende ikke er ansat i.

Nedenfor fremgår de krav, som arbejdsgiveren alene bærer ansvaret for overholdelsen af, og de krav, som virksomheden og arbejdsgiveren hver for sig bærer et ansvar for overholdelsen af. Opfyldelse af de resterende krav i strålebeskyttelseslovgivningen påhviler alene virksomheden.

¹⁷ Bek. nr. 669/2019, § 12 og § 13.

Arbejdsgiverens ansvar – eksterne arbejdstagere

Arbejdsgiveren bærer ansvaret for opfyldelsen af følgende:

- Kravet om kategorisering af stråleudsatte arbejdstagere¹⁸, dog skal virksomheden kontrollere, at kategoriseringen er hensigtsmæssig i forhold til de doser, som arbejdstagen sandsynligvis vil modtage i virksomheden¹⁹
- Kravet om, hvem der må beskæftiges som stråleudsatte arbejdstagere²⁰
- Kravet om, at stråleudsatte arbejdstagere skal være instrueret om nødvendigheden af tidlig underretning om graviditet og amning med henblik på, at der kan træffes foranstaltninger til sikring af, at dosis til fosteret eller det diende barn bliver så lav som med rimelighed opnåeligt²¹
- Kravet om, at stråleudsatte arbejdstagere skal gøres bekendt med resultatet af dosisovervågningen snarest muligt efter resultatet foreligger²²
- Kravet om, at Sundhedsstyrelsen straks skal underrettes om doser, der overstiger fastsatte dosisværdier²³
- Kravet om, at doser til stråleudsatte arbejdstagere for seneste 5 kalenderår skal kunne dokumenteres²⁴
- Kravet om, at resultater af *individuel dosisovervågning* inden 4 uger fra resultatet foreligger skal indberettes til Sundhedsstyrelsens Register for Persondosimetri.²⁵

¹⁸ Bek. nr. 669/2019, §§ 38-41.

¹⁹ Bek. nr. 669/2019, § 12, stk. 2.

²⁰ Bek. nr. 669/2019, § 42 og § 43.

²¹ Bek. nr. 669/2019, § 45, stk. 1, nr. 6.

²² Bek. nr. 669/2019, § 84, stk. 1.

²³ Bek. nr. 669/2019, § 85.

²⁴ Bek. nr. 669/2019, § 86.

²⁵ Bek. nr. 669/2019, § 87.

Fælles ansvar for virksomheden og arbejdsgiveren – eksterne arbejdstagere

Virksomheden og arbejdsgiveren bærer i fællesskab ansvaret for opfyldelsen af bl.a. følgende:

- Kravene vedrørende berettigelse, optimering og dosisbegrænsning²⁶
- Kravene vedrørende oplysning, oplæring, instruktion, viden, færdigheder og kompetencer af og for arbejdstagere²⁷
- Kravet vedrørende dosisovervågning af stråleudsatte arbejdstagere²⁸
- Kravene vedrørende oplysning af øvrige arbejdstagere om virksomhedens brug af åbne radioaktive kilder og hvilke forholdsregler, de skal overholde.²⁹

Virksomhedens ansvar for overholdelsen af ovenstående krav omfatter alene de aspekter, der er direkte forbundet med den eksterne arbejdstagers specifikke arbejde i virksomheden.³⁰

Hvis en virksomhed benytter sig af eksterne arbejdstagere i kategori A, se kapitel 9, har virksomheden pligt til at indhente den eksterne arbejdstagers dosishistorik fra dennes arbejdsgiver, før arbejdstageren beskæftiges med brug af kilder.³¹

Virksomheder, der anvender en ekstern arbejdstager, skal, hvis resultatet af dosisovervågning ikke automatisk bliver sendt til arbejdsgiveren, hurtigst muligt videregive resultatet til arbejdsgiveren.³²

I den resterende del af vejledningen forudsættes det, at virksomheden ikke benytter eksterne arbejdstagere.

²⁶ Bek. nr. 669/2019, kapitel 4-6.

²⁷ Bek. nr. 669/2019, § 45, stk. 1, nr. 1-4 og § 46.

²⁸ Bek. nr. 669/2019, § 78, § 79 og § 81.

²⁹ Bek. nr. 669/2019, § 46.

³⁰ Bek. nr. 669/2019, § 13, stk. 2.

³¹ Bek. nr. 669/2019, § 44.

³² Bek. nr. 669/2019, § 83.

4. Særlige kompetencepersoner

Strålebeskyttelseslovgivningen skelner mellem to forskellige hverv, der er relevante ved brug af åbne radioaktive kilder til ikke-medicinske formål omfattet af krav om tilladelse eller underretning, se kapitel 5. Disse benævnes strålebeskyttelseskoordinator og strålebeskyttelsesekspert.

Hvervene som strålebeskyttelseskoordinator og strålebeskyttelsesekspert skal varetages af personer med særlig viden, færdigheder og kompetencer vedrørende brug af åbne radioaktive kilder.³³ Hvervene kan hver især varetages af enten én person eller en gruppe af personer, der samlet har den fornødne ekspertise.³⁴ I visse tilfælde kan art, omfang eller kompleksitet af brugen betyde, at Sundhedsstyrelsen stiller krav om flere strålebeskyttelseskoordinatorer eller strålebeskyttelseseksperter for en virksomheds brug af kilder.

Kompetencepersonerne skal i relevant omfang samarbejde ved varetagelsen af de respektive opgaver.³⁵

4.1. Strålebeskyttelseskoordinator

Ved brug af åbne radioaktive kilder omfattet af krav om tilladelse eller underretning skal virksomheden til enhver tid råde over en strålebeskyttelseskoordinator.³⁶ Strålebeskyttelseskoordinatoren skal bl.a. bistå virksomheden med at overvåge og opretholde strålebeskyttelsen af arbejdstagere og enkeltpersoner i befolkningen i forbindelse med virksomhedens brug af kilder.

Når en virksomhed skal "råde over" en strålebeskyttelseskoordinator, betyder det, at virksomheden og dens arbejdstagere hurtigt og let skal kunne komme i kontakt med strålebeskyttelseskoordinatoren. Det er derfor hensigtsmæssigt, at strålebeskyttelseskoordinatoren har sin daglige gang i virksomheden. Strålebeskyttelseskoordinatoren skal som minimum have kendskab til stråling og strålebeskyttelse og lovgivningen på området samt have fornødne kompetencer til at overvåge eller stå for driften af de strålebeskyttelsesforanstaltninger, der er relevante i forhold til virksomhedens brug af åbne radioaktive kilder.³⁷ For brug af åbne radioaktive kilder omfattet af krav om tilladelse vil der normalt være krav om, at strålebeskyttelseskoordinatoren har bestået et isotopkursus³⁸ godkendt af Sundhedsstyrelsen.³⁹ For brug omfattet af krav om underretning vil der kunne opnås

³³ Bek. nr. 669/2019, § 34, stk. 2.

³⁴ Bek. nr. 669/2019, § 33, stk. 4.

³⁵ Bek. nr. 669/2019, § 37.

³⁶ Bek. nr. 669/2019, § 33, stk. 1.

³⁷ Bek. nr. 670/2019, bilag 7, afsnit 1.

³⁸ Godkendte isotopkurser til ikke-medicinsk brug af åbne radioaktive kilder.

³⁹ Bek. nr. 670/2019, bilag 7, afsnit 4.10.

godkendelse som strålebeskyttelseskoordinator på baggrund af dokumenteret kendskab til stråling og strålebeskyttelse.⁴⁰

Sundhedsstyrelsen skal godkende strålebeskyttelseskoordinatoren.⁴¹ Godkendelse sker efter ansøgning fra virksomheden. Ansøgningen skal indeholde dokumentation for strålebeskyttelseskoordinatorens viden, færdigheder og kompetencer.⁴² Strålebeskyttelseskoordinatoren skal med sin underskrift bekræfte varetagelsen af sit hverv i virksomheden.⁴³ Strålebeskyttelseskoordinatorens viden, færdigheder og kompetencer skal ajourføres efter behov, f.eks. ved indførelse af nye metoder eller nye radionuklider.⁴⁴

Strålebeskyttelseskoordinatorens opgaver

Strålebeskyttelseskoordinatorens opgaver vil variere alt efter art, omfang og kompleksitet af brugen af åbne radioaktive kilder, men strålebeskyttelseskoordinatoren skal typisk bistå ved følgende opgaver:^{45, 46}

- Sikring af, at brug af åbne radioaktive kilder udføres i henhold til virksomhedens instrukser
- Vedligeholdelse af fortegnelser
- Regelmæssige vurderinger af relevante sikkerheds- og advarselssystemers tilstand
- Oplysning, oplæring og instruktion af arbejdstagere vedrørende brug af åbne radioaktive kilder
- Kontrol af gennemførelsen af individuel dosisovervågning
- Afrapportering til den lokale ledelse
- Gennemførelse af foranstaltninger til forebyggelse, beredskab og reaktion i tilfælde af hændelser, uheld, ulykker og *nødbestrålingssituationer*.

⁴⁰ Bek. nr. 670/2019, bilag 7, afsnit 4.11.

⁴¹ Bek. nr. 669/2019, § 34, stk. 1.

⁴² Bek. nr. 669/2019, § 34, stk. 2.

⁴³ Bek. nr. 669/2019, § 35, stk. 1.

⁴⁴ Bek. nr. 669/2019, § 34, stk. 4.

⁴⁵ Bek. nr. 669/2019, § 33, stk. 1.

⁴⁶ Bek. nr. 669/2019, bilag 2, afsnit 1.

Strålebeskyttelseskoordinatoren har pligt til

- at informere Sundhedsstyrelsen, hvis virksomheden ikke gennemfører nødvendige tiltag for overholdelse af regler i strålebeskyttelseslovgivningen samt evt. yderligere krav fastsat af Sundhedsstyrelsen⁴⁷
- omgående at underrette Sundhedsstyrelsen, når pågældende fratræder sit hverv eller har andet end normalt fravær, f.eks. orlov.⁴⁸

Inden en strålebeskyttelseskoordinator fratræder sit hverv, skal virksomheden have opnået Sundhedsstyrelsens godkendelse af en ny strålebeskyttelseskoordinator, i modsat fald vil tilladelsen til brug af åbne radioaktive kilder eller underretning herom ikke længere være gyldig.

4.2. Strålebeskyttelsesekspert

Ved brug af åbne radioaktive kilder omfattet af krav om tilladelse skal virksomheden afhængig af art, omfang og kompleksitet af brugen rådføre sig med en strålebeskyttelsesekspert om relevante strålebeskyttelsesmæssige forhold.⁴⁹ "Rådføre sig med" betyder, at strålebeskyttelseseksperten skal inddrages i specifikke strålebeskyttelsesmæssige problemstillinger.

Brug forbundet med krav om strålebeskyttelsesekspert

Sundhedsstyrelsen stiller normalt krav om, at virksomheden rådfører sig med en strålebeskyttelsesekspert ved nedenstående typer af brug:

- Fremstilling af radionuklider
- Håndtering, der medfører risiko for interne doser
- Håndtering af radionuklider, der udsender alfastråling.

Bemærk, at eksemplerne ovenfor er vejledende. Virksomheden skal altid foretage en individuel vurdering af behovet for at rådføre sig med en strålebeskyttelsesekspert.

⁴⁷ Bek. nr. 669/2019, § 35, stk. 2.

⁴⁸ Bek. nr. 669/2019, § 35, stk. 3.

⁴⁹ Bek. nr. 669/2019, § 33, stk. 2.

Hvis virksomheden er i tvivl om, hvorvidt dens brug af åbne radioaktive kilder er omfattet af krav om rådgivning fra en strålebeskyttelsesekspert, skal henvendelse rettes til Sundhedsstyrelsen, der på baggrund af en vurdering af art, omfang og kompleksitet af en specifik brug eller anvendelse af kilder vil afgøre, om der er krav om rådgivning fra en strålebeskyttelsesekspert.

Strålebeskyttelseseksperten skal have tilstrækkelig uddannelse, viden, færdigheder og kompetencer til at kunne rådgive om etablering eller modifikation af de strålebeskyttelsesforanstaltninger, der er relevante i forhold til virksomhedens brug af åbne radioaktive kilder.⁵⁰ Krav til strålebeskyttelseseksperterens viden, færdigheder og kompetencer er givet i bilag 9 i bekendtgørelse nr. 670/2019.

Sundhedsstyrelsen skal godkende strålebeskyttelseseksperten.⁵¹ Godkendelse sker efter ansøgning fra eksperten selv og vil gælde for specifikke typer af brug og anvendelser af åbne radioaktive kilder. Strålebeskyttelseseksperten vil derfor alene kunne rådgive virksomheden om de typer af brug og anvendelser, som vedkommende er godkendt til. Godkendelse sker for en periode af 5 år, hvorefter det påhviler strålebeskyttelseseksperten at søge om fornyet godkendelse.⁵²

Da hvervet som strålebeskyttelsesekspert ikke er forbundet med en høj grad af tilstedeværelse på virksomheden, vil strålebeskyttelseseksperten typisk være inddraget som ekstern konsulent. Strålebeskyttelseseksperten skal dokumentere sin rådgivning for virksomheden og udlevere en kopi af den underskrevne dokumentation til virksomheden.⁵³

Strålebeskyttelseseksperterens opgaver

Strålebeskyttelseseksperterens rådgivning skal som minimum omfatte følgende aspekter:^{54, 55}

- Optimering og etablering af dosisbindinger
- Udarbejdelse af f.eks. sikkerhedsvurderinger og instrukser
- Planer for nye eller ændrede anlæg og ibrugtagning af nye radionuklider
- Klassificering af områder
- Ordninger til oplæring og efteruddannelse af stråleudsatte arbejdstagere

⁵⁰ Bek. nr. 670/2019, bilag 9.

⁵¹ Bek. nr. 669/2019, § 34, stk. 1.

⁵² Bek. nr. 669/2019, § 34, stk. 3.

⁵³ Bek. nr. 669/2019, § 36.

⁵⁴ Bek. nr. 669/2019, § 33, stk. 2.

⁵⁵ Bek. nr. 669/2019, bilag 2, afsnit 2.

- Kategorisering af stråleudsatte arbejdstagere
- Arbejdsvilkår for gravide og ammende stråleudsatte arbejdstagere
- Individuel dosisovervågning
- Måleudstyr
- Miljøovervågningsprogram
- Retningslinjer til håndtering, opbevaring, overdragelse og bortskaffelse af radioaktivt affald
- Foranstaltninger til forebyggelse af ulykker, uheld og hændelser
- Efterforskning og analyse af ulykker, uheld og hændelser
- Kvalitetsstyringssystem for brug af åbne radioaktive kilder.

5. Tilladelse, underretning, registrering m.v.

Strålebeskyttelseslovgivningen beskriver tre niveauer af myndighedskontrol for brug af åbne radioaktive kilder afstemt efter risikoen ved brugen: tilladelse, underretning og undtagelse herfra. Risikoen vurderes ud fra aktivitetskoncentrationen (AK) og aktivitetsmængden (A) af de åbne radioaktive kilder.

Brug af åbne radioaktive kilder kræver som udgangspunkt tilladelse, der sikrer den højeste grad af myndighedskontrol. I tilfælde, hvor brugen er forbundet med begrænset risiko, er der ikke krav om tilladelse, men virksomheden skal i stedet underrette Sundhedsstyrelsen om brugen. Hvis risikoen er så begrænset, at der ikke er behov for strålebeskyttelsesforanstaltninger, er virksomhedens brug af åbne radioaktive kilder undtaget fra krav om tilladelse og underretning.

Brug af åbne radioaktive kilder skal som udgangspunkt foregå i anlæg.⁵⁶ Anlæg tilknyttet en brug af åbne radioaktive kilder, der er omfattet af krav om tilladelse, skal registreres i Sundhedsstyrelsens register for strålekilder og anlæg, se afsnit 5.5.⁵⁷ Sundhedsstyrelsen kan i visse tilfælde godkende anvendelse af åbne radioaktive kilder uden for anlæg, f.eks. ved sporstofsundersøgelser i naturen eller flowmålinger i rør. I disse tilfælde fastsætter Sundhedsstyrelsen individuelle krav i forhold til den konkrete anvendelse, hvis ikke anvendelsen er undtaget fra krav om tilladelse eller underretning.⁵⁸

5.1. Tilladelse, underretning og undtaget fra krav

For brug af åbne radioaktive kilder skelnes der mellem to former for myndighedskontrol: myndighedskontrol for besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v. af åbne radioaktive kilder og myndighedskontrol for udledning af *radioaktivt materiale*. Se kapitel 1 for definition af begrebet "brug".

Ved besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v. er myndighedskontrolniveauet baseret på den maksimale aktivitetskoncentration og aktivitetsmængde, som virksomheden forventer at råde over til enhver tid.

Myndighedskontrolniveauet for udledning beregnes ud fra den månedlige udledning, altså den samlede aktivitetsmængde der udledes pr. måned. Aktivitetskoncentrationen i *udledningspunktet* beregnes som den samlede udledte aktivitetsmængde pr. måned divideret med den samlede mængde udledt luft eller spildevand pr. måned.

Har en virksomhed flere afdelinger på samme geografiske lokalitet, der udleder radioaktivt materiale via det samme udledningspunkt, er det den samlede aktivitetsmængde pr.

⁵⁶ Bek. nr. 669/2019, § 52, stk. 1.

⁵⁷ Bek. nr. 670/2019, § 15, stk. 1, nr. 2.

⁵⁸ Bek. nr. 670/2019, § 64, stk. 2.

måned fra alle afdelinger på lokaliteten, der danner grundlag for aktivitetskoncentrationen.

Til bestemmelse af myndighedskontrolniveauet benyttes indekssværdier for aktivitetskoncentration (I_{AK}) og aktivitetsmængde (I_A), hvor indekssværdierne beregnes som henholdsvis aktivitetskoncentrationen eller aktivitetsmængden divideret med den tilsvarende *undtagelsesværdi* eller *undtagelses- og frigivelsesværdi*. Indekssværdierne er givet ved:

$$I_{AK} = \sum_k \frac{AK_k}{AK_{U,k}} \quad (1)$$

$$I_A = \sum_k \frac{A_k}{A_{U,k}} \quad (2)$$

hvor AK_k er aktivitetskoncentrationen for radionuklid k , A_k er aktivitetsmængden for radionuklid k , og $A_{U,k}$ og $AK_{U,k}$ er de tilsvarende undtagelsesværdier og undtagelses- og frigivelsesværdier. Formlerne (1) og (2) skal som udgangspunkt benyttes alle steder, hvor der bruges flere radionuklider. I de tilfælde, hvor $I_{AK, \text{bilag 4}}$ er lig med $I_{AK, \text{bilag 3}}$, kan $I_{AK, \text{bilag 4}}$ regnes som bestemmende.

I bilag C er der givet eksempler på bestemmelse af myndighedskontrolniveauer.

Undtagelsesværdierne og undtagelses- og frigivelsesværdierne for de hyppigst anvendte radionuklider er givet i Tabel 2. For andre radionuklider kan værdierne findes i hhv. bilag 3 og bilag 4 i bekendtgørelse nr. 670/2019.

Tabel 2
Undtagelsesværdier og undtagelses- og frigivelsesværdier for de hyppigst anvendte radionuklider

Radionuklid	Aktivitets- koncentration	Aktivitetsmængde	Aktivitets- koncentration
	[Bq/g]	[Bq]	[Bq/g]
	Undtagelsesværdi Bek. nr. 670/2019, bilag 3	Undtagelsesværdi Bek. nr. 670/2019, bilag 3	Undtagelses- og frigivelsesværdi Bek. nr. 670/2019, bilag 4
H-3	10^6	10^9	10^2
C-14	10^4	10^7	10^0
P-32	10^3	10^5	10^3
S-35	10^5	10^8	10^2
I-125	10^3	10^6	10^2

5.1.1. Besiddelse, anvendelse i anlæg og opbevaring m.v.

Myndighedskontrolniveauet for besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v. af åbne radioaktive kilder, som funktion af aktivitetskoncentrationen og aktivitetsmængden, er angivet i Tabel 3.

Tabel 3
Myndighedskontrolniveau for besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v. af åbne radioaktive kilder⁵⁹

Aktivitetskoncentrationsindeks I_{AK}	Aktivitetsindeks I_A			
		$I_{A,bilag\ 3} \leq 1$	$1 < I_{A,bilag\ 3} \leq 10$	$10 < I_{A,bilag\ 3}$
	$1.000 < I_{AK,bilag\ 3}$	Tilladelse	Tilladelse	Tilladelse
	$1 < I_{AK,bilag\ 3} \leq 1.000$	Underretning	Tilladelse	Tilladelse
	$I_{AK,bilag\ 3} \leq 1$ og $1 < I_{AK,bilag\ 4}$	Undtaget fra krav om underretning*	Underretning	Tilladelse
	$I_{AK,bilag\ 4} \leq 1$	Undtaget fra krav	Undtaget fra krav	Undtaget fra krav

* Hvis den samlede aktivitetsmængde pr. måned overstiger et aktivitetsindeks på 10 kræves dog underretning

Som det fremgår af Tabel 3, er der hverken krav om tilladelse eller underretning, når aktivitetskoncentrationsindekset og aktivitetsindekset, baseret på undtagelsesværdierne⁶⁰, er mindre end eller lig med 1. Dette vil i tilfælde af besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v. af én radionuklid svare til, at aktivitetskoncentrationen og aktivitetsmængden er mindre end eller lig med undtagelsesværdien. Hvis den samlede aktivitetsmængde pr. måned overstiger et aktivitetsindeks på 10, er brugen dog omfattet af krav om underretning.

Vær opmærksom på, at myndighedskontrolniveauet gælder for den samlede besiddelse af åbne radioaktive kilder, f.eks. stamopløsninger, radioaktivt affald og radionuklider *indgivet* til forsøgsdyr.

5.1.2. Udledning af radioaktivt materiale

Myndighedskontrolniveauet for udledning, som funktion af aktivitetskoncentrationen og aktivitetsmængden, er angivet i Tabel 4. Se afsnit 5.1 for beregning af aktivitetskoncentration ved udledning. Et eksempel på bestemmelse af myndighedskontrolniveauet for udledning af radioaktivt materiale er givet i bilag C.

⁵⁹ Bek. nr. 670/2019, bilag 1.

⁶⁰ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

Tabel 4
Myndighedskontrolniveau for udledning af radioaktivt materiale

Aktivitets-koncentrations-indeks I_{AK}^{***}	Aktivitetsindeks I_A^{**}			
		$I_{A,bilag\ 3} \leq 1$	$1 < I_{A,bilag\ 3} \leq 10$	$10 < I_{A,bilag\ 3}$
	$100 < I_{AK,bilag\ 3}$	Tilladelse	Tilladelse	Tilladelse
	$1 < I_{AK,bilag\ 3} \leq 100$	Underretning*	Tilladelse	Tilladelse
	$I_{AK,bilag\ 3} \leq 1$ og $1 < I_{AK,bilag\ 4}$	Undtaget fra krav om underretning	Underretning	Tilladelse
	$I_{AK,bilag\ 4} \leq 1$	Undtaget fra krav	Undtaget fra krav	Undtaget fra krav

* Aktivitetskoncentrationen umiddelbart efter udledningspunktet må ikke være større end 10 gange undtagelsesværdien⁶¹

** Beregnet ud fra den udledte aktivitetsmængde pr. måned

*** i udledningspunktet

5.2. Ansøgning om tilladelse

Tilladelse til brug af åbne radioaktive kilder, se afsnit 5.1, skal være indhentet fra Sundhedsstyrelsen inden besiddelse, udledning m.v. af åbne radioaktive kilder.⁶²

Udstedte tilladelser til brug af åbne radioaktive kilder er gyldige, indtil andet meddeles af Sundhedsstyrelsen.

5.2.1. Besiddelse, anvendelse i anlæg og opbevaring m.v.

Der ansøges om tilladelse til besiddelse, anvendelse i anlæg og opbevaring m.v. ved at udfylde den relevante webformular på www.sis.dk. Webformularen findes under "Selvbetjening", hvor der også findes vejledning i udfyldelse af formularen.

Ansøgning om tilladelse til besiddelse, anvendelse i anlæg og opbevaring m.v.

Ansøgningen skal vedhæftes relevante oplysninger og dokumentation, herunder:

- Forventede radionuklider, aktivitetsmængder og aktivitetskoncentrationer – der skal indsendes information om både den samlede besiddelse og de maksimale aktivitetsmængder, der forventes håndteret pr. gang

⁶¹ Bek. nr. 670/2019, § 26.

⁶² Bek. nr. 670/2019, § 9, stk.1.

- Anlæg til registrering samt dokumentation for, at disse anlæg lever op til de gældende krav, jf. afsnit 8.2
- Dokumentation for strålebeskyttelseskoordinatorens viden, færdigheder og kompetencer, se afsnit 4.1
- Sikkerhedsvurdering, se kapitel 6
- Kopi af dokumentation for rådgivning fra strålebeskyttelsesekspert, hvor relevant
- Relevante instrukser, se afsnit 10.1
- Relevante fortegnelser og protokoller, se kapitel 16.

5.2.2. Udledning

Der ansøges om tilladelse til udledning ved at udfylde den relevante webformular på www.sis.dk. Webformularen findes under "Selvbetjening", hvor der også findes vejledning i udfyldelse af formularen.

Ansøgning om tilladelse til udledning

Ansøgningen skal vedhæftes relevante oplysninger og dokumentation, herunder:

- Radionuklider, samlet aktivitetsmængde, der forventes udledt pr. måned og aktivitetskoncentrationen i udledningspunktet, se afsnit 5.1
- Angivelse af, hvorvidt der er tale om udledning gennem afløb eller afkast til atmosfære, se kapitel 12
- Dokumentation for strålebeskyttelseskoordinatorens viden, færdigheder og kompetencer, se afsnit 4.1
- Sikkerhedsvurdering, hvori særlige forholdsregler og doser forbundet med udledningen er beskrevet, se kapitel 6
- Kopi af dokumentation for rådgivning fra strålebeskyttelsesekspert, hvor relevant
- Relevante instrukser, se afsnit 10.1
- Relevante fortegnelser og protokoller, se kapitel 16.

5.2.3. Anvendelse af åbne radioaktive kilder uden for anlæg

Der ansøges om tilladelse til anvendelse af åbne radioaktive kilder uden for anlæg ved at udfylde den relevante webformular på www.sis.dk. Webformularer findes under "Selvbetjening", hvor der også findes vejledning i udfyldelse af formularen.

Ansøgning om tilladelse til anvendelse af åbne radioaktive kilder uden for anlæg

Ansøgningen skal vedhæftes relevante oplysninger og dokumentation, f.eks.:

- Beskrivelse af anvendelsen samt dennes formål og berettigelse
- Lokalitet og tidspunkt for forsøget eller projektets udførelse
- Den/de anvendte radionuklid(er), herunder maksimal aktivitetskoncentration og aktivitetsmængde samt kemisk form – der skal angives, hvor mange målinger der planlægges, og hvad aktivitetsmængden og aktivitetskoncentrationen er i hver enkelt måling
- De benyttede radionuklidernes transport og bevægelse i vand, jord og luft
- Adgangsforholdene til området, hvor forsøget skal udføres
- Dokumentation for strålebeskyttelseskoordinatorens viden, færdigheder og kompetencer, se afsnit 4.1
- Sikkerhedsvurdering, se kapitel 6
- Kopi af dokumentation for rådgivning fra strålebeskyttelsesekspert, hvor relevant
- Strålebeskyttelsesmæssige forholdsregler for forsøget, herunder forholdsregler vedrørende utilsigtede hændelser
- Plan for udledning og overdragelse, se afsnit 12.3
- Proces for kontrol af og vilkår for *frigivelse* af området efter afsluttet forsøg
- Relevante instrukser, se afsnit 10.1.

5.3. Underretning

Sundhedsstyrelsen skal underrettes om besiddelse, anvendelse, opbevaring og udledning m.v. af åbne radioaktive kilder omfattet af krav om underretning, se afsnit 5.1, inden besiddelse, udledning m.v. af åbne radioaktive kilder.⁶³ Underretningen er først gældende, når virksomheden har modtaget en kvittering fra Sundhedsstyrelsen.

En underretning er gældende indtil andet meddeles af Sundhedsstyrelsen. Virksomheden skal dog underrette på ny, før nye radionuklider tages i brug. Ændringer i aktivitetskoncentrationer og aktivitetsmængder kræver ikke ny underretning, så længe myndighedskontrolniveauet er uændret.

5.3.1. Besiddelse, anvendelse i anlæg og opbevaring m.v.

Underretning foretages ved at udfylde den relevante webformular på www.sis.dk. Webformularer findes under "Selvbetjening", hvor der også findes vejledning i udfyldelse af formularen.

Underretning om besiddelse, anvendelse i anlæg og opbevaring m.v.

Underretningen skal vedhæftes relevante oplysninger og dokumentation, f.eks.:

- Forventede radionuklider, aktivitetskoncentrationer og aktivitetsmængder – der skal indsendes information om både den samlede besiddelse og de maksimale aktivitetsmængder, der forventes håndteret pr. gang
- Bekræftelse på, at alle anlæg opfylder krav til indretning, se kapitel 8.2
- Dokumentation for strålebeskyttelseskoordinatorens viden, færdigheder og kompetencer, se afsnit 4.1
- Oplysning om eventuel dosisovervågning af stråleudsatte arbejdstagere, se kapitel 13
- Bekræftelse på, at der forefindes relevante instrukser, se afsnit 10.1
- Bekræftelse på, at der føres relevante fortegnelser og protokoller, se kapitel 16
- Bekræftelse på, at virksomheden råder over relevant og velfungerende måleudstyr, se kapitel 11.

⁶³ Bek. nr. 670/2019, § 9, stk. 1.

5.3.2. Udledning

Underretning foretages ved at udfylde den relevante webformular på www.sis.dk. Webformularer findes under "Selvbetjening", hvor der også findes vejledning i udfyldelse af formularen.

Underretning om udledning

Underretningen skal vedhæftes relevante oplysninger og dokumentation, f.eks.:

- Radionuklider, samlet aktivitetsmængde, der forventes udledt pr. måned og aktivitetskoncentrationen i udledningspunktet, se afsnit 5.1
- Oplysning om, hvorvidt udledning sker via afløb eller afkast til atmosfære, se kapitel 12
- Dokumentation for strålebeskyttelseskoordinatorens viden, færdigheder og kompetencer, se afsnit 4.1
- Bekræftelse på, at der forefindes relevante instrukser, se afsnit 10.1
- Bekræftelse på, at der føres relevante fortegnelser og protokoller, se kapitel 16.

5.3.3. Anvendelse af åbne radioaktive kilder uden for anlæg

Der underrettes ved at udfylde den relevante webformular på www.sis.dk. Webformularer findes under "Selvbetjening", hvor der også findes vejledning i udfyldelse af formularen.

Underretning om anvendelse af åbne radioaktive kilder uden for anlæg

Underretningen skal vedhæftes relevante oplysninger og dokumentation, f.eks.:

- Beskrivelse af anvendelsen samt dennes formål og berettigelse
- Lokalitet og tidspunkt for forsøget udførelse, herunder om forsøget udføres gentagende gange
- Den/de anvendte radionuklid(er), herunder maksimal aktivitetskoncentration og aktivitetsmængde samt kemisk form
- Oplysning om de benyttede radionuklidernes transport og bevægelse i vand, jord og luft

- Bekræftelse på, at uvedkommende ikke kan få adgang til området, hvor forsøget udføres
- Dokumentation for strålebeskyttelseskoordinatorens viden, færdigheder og kompetencer, se afsnit 4.1
- Oplysning om eventuel dosisovervågning af stråleudsatte arbejdstagere, se kapitel 13
- Plan for udledning, se afsnit 12.3
- Bekræftelse på, at der forefindes relevante instrukser, se afsnit 10.1
- Bekræftelse på, at der føres relevante fortegnelser og protokoller, se kapitel 16
- Bekræftelse på, at virksomheden råder over relevant og velfungerende måleudstyr, se kapitel 11.

5.4. Undtaget fra krav om tilladelse og underretning

Besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v. af åbne radioaktive kilder er undtaget fra krav om tilladelse eller underretning, når kriterierne i Tabel 3 er overholdt. Udledning er undtaget for krav om tilladelse og underretning, når kriterierne i Tabel 4 er opfyldt.⁶⁴ I disse tilfælde skal der hverken indhentes tilladelse fra eller sendes underretning til Sundhedsstyrelsen. Det er dog en forudsætning, at brugen af åbne radioaktive kilder opfylder berettigelsesprincippet. Strålebeskyttelseslovens strålebeskyttelsesmæssige krav, bestemmelserne i de tilhørende bekendtgørelser og i de øvrige regler, der er fastsat i medfør af loven, finder ikke anvendelse for brug af åbne radioaktive kilder, der er undtaget fra krav om tilladelse og underretning.

5.5. Registrering af anlæg

Virksomheder omfattet af krav om tilladelse til besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v. af åbne radioaktive kilder skal registrere deres anlæg i Sundhedsstyrelsens register for strålekilder og anlæg.⁶⁵ Eksempler på anlæg til ikke-medicinske formål er givet nedenfor.

⁶⁴ Bek. nr. 670/2019, § 5, stk. 1-2.

⁶⁵ Bek. nr. 670/2019, § 15, stk. 1, nr. 2.

Anlæg

Anlæg til brug af åbne radioaktive kilder til ikke-medicinske formål er f.eks.:

- Isotoplaboratorier
- Opbevaringsrum
- Affaldsrum
- Dyrestalde.

Anlægget skal leve op til kravene beskrevet i kapitel 8. Anlægget må først benyttes til brug af åbne radioaktive kilder, når Sundhedsstyrelsen har bekræftet registreringen.⁶⁶

Registreringspligten påhviler den virksomhed, der benytter anlægget.⁶⁷

Enhver ændring af anlæg, der vedrører oplysninger, der indgår i Sundhedsstyrelsens register for strålekilder og anlæg, skal indberettes til Sundhedsstyrelsen. Ved ændringer forudsætter den fortsatte benyttelse af anlægget til brug af åbne radioaktive kilder, at Sundhedsstyrelsen har bekræftet ændringerne.⁶⁸

Anlæg registreres ved at udfylde den relevante webformular på www.sis.dk. Webformularer findes under "Selvbetjening", hvor der også findes vejledning i udfyldelse af formularen.

Registrering af anlæg

Registreringen skal vedhæftes relevante oplysninger og dokumentation, f.eks.:

- Anlægstype (f.eks. type C/B/A isotoplaboratorium, opbevaringsrum, affaldsrum)
- Anlægsbetegnelse, f.eks. rumnummer, til entydig identifikation af anlægget
- Information om, hvilke radionuklider, der håndteres i anlægget, herunder de maksimale aktivitetsmængder, der håndteres pr. operation for alle operationstyper, se afsnit 8.2.2
- Plantegninger, der viser anlæggets indretning og anlæggets placering på virksomheden
- Beskrivelse af indretningen, herunder også ventilations- og afløbsforhold

⁶⁶ Bek. nr. 669/2019, § 51, stk. 5.

⁶⁷ Bek. nr. 669/2019, § 51, stk. 2.

⁶⁸ Bek. nr. 669/2019, § 51, stk. 6-7.

- Afskærmning i og af anlægget
- Dokumentation for kontrol af stinkske m.v.
- Dokumentation for kontrol af ventilationssystem (herunder trykforhold).

5.6. Import og overdragelse

Ved import af åbne radioaktive kilder fra lande uden for EU samt ved overdragelse af åbne radioaktive generelt gælder nedenstående regler.

Regler for import og overdragelse af åbne radioaktive kilder

Import

Ved import fra et land uden for EU af en åben radioaktiv kilde, hvis aktivitetsmængde og aktivitetskoncentration er større end undtagelsesværdien⁶⁹, skal virksomheden, der skal modtage kilden, på forhånd indhente godkendelse fra Sundhedsstyrelsen til dette.⁷⁰

Overdragelse inden for Danmark

Ved overdragelse inden for Danmark af en åben radioaktiv kilde, hvis aktivitetsmængde og aktivitetskoncentration er større end undtagelsesværdien, skal den overdragende virksomhed indberette dette til Sundhedsstyrelsen.⁷¹ Indberetningen skal ske inden 21 dage efter udgangen af det kvartal, hvor overdragelsen er sket.⁷²

Overdragelse til lande inden for EU

Ved overdragelse af en åben radioaktiv kilde til et land inden for EU skal reglerne i Rådets forordning om overførsel af radioaktive stoffer mellem medlemslandene overholdes, se kapitel 17.⁷³

Import af åbne radioaktive kilder fra et land inden for EU eller modtagelse af åbne radioaktive kilder fra en dansk virksomhed er ikke omfattet af særlige regler, men Sundhedsstyrelsen skal have givet tilladelse til brugen eller have modtaget underretning om brugen forinden, jf. afsnit 5.2.1 og 5.3.1.

⁶⁹ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

⁷⁰ Bek. nr. 670/2019, § 19, stk. 1, nr. 3.

⁷¹ Bek. nr. 670/2019, § 20, stk. 1.

⁷² Bek. nr. 670/2019, § 20, stk. 3.

⁷³ Bek. nr. 669/2019, § 5, stk. 1.

5.7. Fortegnelse over modtagelse, produktion og overdragelse

Virksomheder, der bruger åbne radioaktive kilder, skal føre en fortegnelse over de seneste 5 års modtagelse, produktion og overdragelse til en anden virksomhed af åbne radioaktive kilder med aktivitetskoncentration eller aktivitetsmængde pr. opbevaringsenhed større end undtagelsesværdierne^{74,75}

Fortegnelse over modtagelse, produktion og overdragelse

Fortegnelsen over modtagelse, produktion og overdragelse til en anden virksomhed af åbne radioaktive kilder, hvis aktivitetskoncentration eller aktivitet pr. opbevaringsenhed er større end undtagelsesværdierne⁷⁶, skal indeholde følgende oplysninger for den enkelte opbevaringsenhed:⁷⁷

- Radionuklid
- Tilstandsform og kemisk form
- Dato, aktivitetsmængde ved modtagelse eller produktion og, hvor relevant, aktivitetskoncentration
- I tilfælde af overdragelse: dato for overdragelsen, aktivitetsmængde og, hvor relevant, aktivitetskoncentration samt navn på den virksomhed, hvortil overdragelsen er sket
- Opbevaringssted
- Relevant kontaktperson.

5.8. Afmelding af anlæg, tilladelse eller underretning

Virksomheden kan afmelde et eller flere anlæg tilknyttet en tilladelse eller afmelde en hel tilladelse eller underretning. Før et anlæg kan afmeldes og frigives til andre formål, skal overflader kontrolmåles som beskrevet i kapitel 11. Dokumentation for de udførte kontrolmålinger skal vedhæftes afmeldingen, dokumentationen skal stå i rimelig forhold til de åbne radioaktive kilder, der har været anvendt og opbevaret m.v.⁷⁸

⁷⁴ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

⁷⁵ Bek. nr. 670/2019, § 16, stk. 1, nr. 2.

⁷⁶ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

⁷⁷ Bek. nr. 670/2019, § 16, stk. 3.

⁷⁸ Bek. nr. 670/2019, § 13.

Afmelding foretages ved at udfylde den relevante webformular på www.sis.dk. Webformularer findes under "Selvbetjening", hvor der også findes vejledning i udfyldelse af formularen.

Afmelding af anlæg

Afmeldingen skal vedhæftes relevante oplysninger og dokumentation og skal som minimum indeholde oplysninger om:

- Anlægsbetegnelse
- Alle radionuklider, der har været brugt i anlægget
- Måleudstyr anvendt ved kontrolmåling af overflader m.v.
- Resultatet af de udførte kontrolmålinger inkl. baggrundsmåling
- Angivelse af, hvor de enkelte kontrolmålinger er udført
- Navn/initialer på den stråleudsatte arbejdstager, der har udført kontrolmålingerne samt dato for udførelsen.

Hvis en tilladelse ønskes afmeldt, skal alle registrerede anlæg først afmeldes. Herudover skal der indsendes erklæring om, at alt radioaktivt materiale er bortskaffet eller overdraget.

Hvis en underretning ønskes afmeldt, skal der indsendes erklæring om, at alle anlæg og andre lokaler er blevet kontrolmålt, og at de lever op til kriterierne for frigivelse⁷⁹, samt at alt radioaktivt materiale er bortskaffet eller overdraget.⁸⁰

5.9. Tilsyn

Sundhedsstyrelsen fører tilsyn med brug af åbne radioaktive kilder efter en gradueret tilgang. Dvs. at typen, omfanget og hyppigheden af tilsyn er tilpasset sandsynligheden for og konsekvensen af stråleudsættelsen forbundet med brugen af de åbne radioaktive kilder.⁸¹ Der skelnes mellem administrative tilsyn og tilsynsbesøg hos virksomheden.

Administrative tilsyn initieres ved en skriftlig henvendelse fra Sundhedsstyrelsen, hvori relevante dele af virksomhedens *kvalitetssikring* og evt. øvrig dokumentation anmodes udleveret inden for en given frist. Ved tilsynsbesøg hos virksomheden foretages tillige observationer af anlæg, arbejdsforhold m.v. samt samtaler med relevante arbejdstagere.

⁷⁹ Bek. nr. 670/2019, bilag 5.

⁸⁰ Bek. nr. 670/2019, § 11, stk. 1.

⁸¹ Lov nr. 23/2018, § 18, stk. 1.

Sundhedsstyrelsen kan til enhver tid, uanset typen af brug og myndighedskontrolniveau, forlange at få adgang til åbne radioaktive kilder, anlæg, udstyr, registre samt øvrig dokumentation relateret til kvalitetssikring m.v. Dokumentationen skal efter anmodning sendes til Sundhedsstyrelsen eller udleveres i forbindelse med et tilsynsbesøg.⁸²

Efter endt tilsyn, og hvor det er relevant, modtager virksomheden fra Sundhedsstyrelsen en kravskrivelse, hvori alle konstaterede mangler og fristen for udbedring af disse er angivet. Tilsynet anses først som værende afsluttet, når alle krav er opfyldt. Sundhedsstyrelsen kan forbyde brug af åbne radioaktive kilder, indtil de stillede krav er blevet opfyldt.⁸³

5.10. Gebyr

Sundhedsstyrelsen opkræver på baggrund af Sundheds- og Ældreministeriets bekendtgørelse nr. 1111/2019, se kapitel 17, et årligt gebyr til dækning af udgifter til tilsyn, rådgivning, bistand og administration i forbindelse med brug af åbne radioaktive kilder omfattet af krav om tilladelse eller underretning. Gebyrtaksten er fastsat i forhold til brugens kompleksitet samt den risiko, der er forbundet med brugen.

Gebyr

Der opkræves gebyr pr.:

- Tilladelse eller underretning i forbindelse med brug af åbne radioaktive kilder
- Anlæg godkendt til brug af åbne radioaktive kilder.

Gebyrerne reguleres én gang årligt pr. 1. januar. Nærmere oplysninger findes på www.sis.dk under "Lovgivning".

⁸² Lov nr. 23/2018, § 18, stk. 2.

⁸³ Lov nr. 23/2028, § 19.

6. Sikkerhedsvurdering

Før brug af åbne radioaktive kilder omfattet af krav om tilladelse skal virksomheden gennemføre en sikkerhedsvurdering.⁸⁴ Sikkerhedsvurderingen er en systematisk gennemgang af alle forhold, der er relevante for sikkerhed og strålebeskyttelse forbundet med den planlagte brug.⁸⁵

6.1. Systematisk gennemgang af sikkerhed og strålebeskyttelse

Formålet med sikkerhedsvurderingen er at sikre, at strålebeskyttelsen til enhver tid er optimeret, og at virksomheden overholder alle relevante krav til sikkerhed og strålebeskyttelse – både ved normal drift og ved ulykker, uheld og hændelser.

Sikkerhedsvurderingen omfatter en vugge-til-grav beskrivelse af strålingsrisici, sikkerhedsfunktioner, strålebeskyttelsesforanstaltninger, lokaliteten, anlæggets design og robusthed samt menneskelige faktorer. Sikkerhedsvurderingen bør påbegyndes allerede under planlægningen af brug af åbne radioaktive kilder, og skal omfatte alle stadier fra konstruktion af anlæg over anvendelse af åbne radioaktive kilder til afvikling efter endt brug.

Sikkerhedsvurderingen skal evalueres og opdateres periodisk med et interval, der er tilpasset art og omfang af brug af åbne radioaktive kilder, så vurderingen altid afspejler den aktuelle brug og anvendelse.⁸⁶ Planlægges ændringer af sikkerheds- eller strålebeskyttelsesforanstaltninger, driftsmæssige forhold, arbejdsprocedurer, radionuklider, aktivitetsmængder, tilstandsform eller andre forhold, der har indvirkning på sikkerhed og strålebeskyttelse, skal der gennemføres en fornyet sikkerhedsvurdering.

6.2. Omfang

Sikkerhedsvurderingen skal have et omfang, som afspejler den risiko, der er forbundet med den konkrete brug af åbne radioaktive kilder. Dette afhænger typisk af radionuklid, aktivitetsmængder, tilstandsform, hvordan og hvor ofte de benyttes, om brugen foregår i et anlæg, herunder isotoplaboratorium, samt de arbejdsprocedurer, der styrer brugen af åbne radioaktive kilder. Et eksempel på arbejdsprocessen ved udarbejdelse af en sikkerhedsvurdering ved brug af åbne radioaktive kilder samt strukturen for sikkerhedsvurderingen er givet i bilag D.

⁸⁴ Bek. nr. 669/2019, § 20, stk. 1.

⁸⁵ Bek. nr. 669/2019, § 10, nr. 49.

⁸⁶ Bek. nr. 669/2019, § 20, stk. 2.

Sundhedsstyrelsens vejledning om sikkerhedsvurderinger, se kapitel 17, giver detaljerede anvisninger vedrørende gennemførelse af sikkerhedsvurderinger i overensstemmelse med IAEA's anbefalinger⁸⁷.

6.3. Rapport

Virksomheden bør beskrive sikkerhedsvurderingen i en versionsstyret rapport. Sundhedsstyrelsen vil bede om at få sikkerhedsvurderingen til gennemsyn, når en virksomhed søger om tilladelse, og den vil udgøre en del af grundlaget for formulering af evt. specifikke vilkår i forbindelse med tilladelsen samt som udgangspunkt for tilsyn.

Når sikkerhedsvurderingen i forbindelse med periodiske gennemgange eller ved planlagte ændringer opdateres, skal den opdaterede rapport sendes til Sundhedsstyrelsen, når der er grundlag for at ændre i tilladelsen eller vilkårene heri.

Opdatering af sikkerhedsvurdering

Opdatering af virksomhedens sikkerhedsvurdering skal som minimum ske ved:

- Ændring i hvilke radionuklider, der arbejdes med
- Ændring af det radioaktive materiales tilstandsform
- Øgning af aktivitetsmængder
- Ibrugtagning af nye anlæg
- Ibrugtagning af nye arbejdsprocedurer, der kan indvirke på stråleudsættelsen
- Planlægning af afvikling af anlæg
- Ændring i udledning af radioaktivt materiale.

⁸⁷IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 4 (Rev 1), 2016.

7. Klassificering af områder og skiltning

Områder, hvor arbejdstagere vil kunne modtage effektive eller ækvivalente doser over specifikke niveauer, skal klassificeres som enten overvågede eller kontrollerede.⁸⁸ Forud for brug af åbne radioaktive kilder skal det vurderes, om de områder, hvor der håndteres, opbevares m.v. åbne radioaktive kilder, og de omkringliggende områder skal klassificeres.

Der er krav om skiltning alle steder, hvor der opbevares åbne radioaktive kilder med en samlet aktivitetsmængde over undtagelsesværdien⁸⁹, samt ved alle indgangsdøre til områder, hvor der håndteres åbne radioaktive kilder med en samlet aktivitetsmængde over 100 x undtagelsesværdien. Derudover er der for overvågede og kontrollerede områder supplerende krav til skiltningen.

7.1. Klassificering af områder

Klassificering af områder skal foretages på baggrund af de potentielle doser, der kan modtages i området, herunder også som følge af utilsigtede hændelser og uheld. Scenarierne for utilsigtede hændelser og uheld skal være realistiske, men må godt være usandsynlige. Der er dog kun grund til at medtage scenarier, der er meget usandsynlige, hvis konsekvensen vil være meget stor. Klassificeringen skal tage udgangspunkt i risikoen i området uden hensyntagen til strålebeskyttelsesmæssige tiltag som f.eks. efterlevelse af procedurer, benyttelse af personlige værnemidler, afskærmning og adgangsbegrænsning. Klassificeringen skal derfor tage udgangspunkt i de doser, der vil kunne modtages i området, hvis procedurer og adgangsbegrænsning ikke overholdes.

Der skelnes mellem to klassificeringer, overvåget og kontrolleret område, hvor overvåget område er den laveste klassificering.

⁸⁸ Bek. nr. 669/2019, §§ 49-50.

⁸⁹ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

Klassificering som overvåget område

Et område skal klassificeres som overvåget, hvis en arbejdstager vurderes at kunne modtage

- en effektiv dosis på mere end 1 mSv/år, dog maksimalt 6 mSv/år, eller
- en ækvivalent dosis til hud eller ekstremiteter på mere end 50 mSv/år, dog maksimalt 150 mSv/år.⁹⁰

Klassificering som kontrolleret område

Et område skal klassificeres som kontrolleret, hvis en arbejdstager vurderes at kunne modtage

- en effektiv dosis på mere end 6 mSv/år eller
- en ækvivalent dosis til øjelinsen på mere end 15 mSv/år eller
- en ækvivalent dosis til hud eller ekstremiteter på mere end 150 mSv/år.⁹¹

Klassificering af et område afhænger af flere faktorer bl.a. radionuklider, tilstandsform og kemisk form, aktivitetsmængden, aktivitetskoncentrationen, placering af de åbne radioaktive kilder og opholdssteder for arbejdstagere og risikoen forbundet med den enkelte håndtering. Operationer med moderat eller høj risiko, f.eks. *jodering* med flygtig jod eller arbejde med åbne radioaktive kilder på pulverform, vil typisk medføre, at anlægget skal klassificeres som enten overvåget eller kontrolleret område.

Eksempler på typisk klassificering af områder

Ved brug af åbne radioaktive kilder vil de områder, der skal klassificeres, oftest være hele anlæg. Nedenfor er eksempler på typisk klassificering af anlæg relateret til brug af åbne radioaktive kilder.

Overvåget område

Områder, der typisk skal klassificeres som overvåget:

- Type C isotoplaboratorier.

⁹⁰ Bek. nr. 669/2019, § 49, stk. 1.

⁹¹ Bek. nr. 669/2019, § 50, stk. 1.

Kontrolleret område

Områder, der typisk skal klassificeres som kontrolleret:

- Type B isotoplaboratorier
- Type A isotoplaboratorier.

Bemærk, at eksemplerne ovenfor er vejledende. Virksomheden skal altid foretage en individuel klassificering af alle relevante områder på baggrund af en vurdering af de aktuelle åbne radioaktive kilder og de lokale forhold forbundet med brugen.

Områder, hvor stråleudsættelsen vurderes mindre end i et overvåget område, klassificeres ikke. Det er derfor ikke alle områder, hvor der håndteres, opbevares m.v. åbne radioaktive kilder, der skal klassificeres.

Områder, der normalt ikke kræver klassificering

Nedenfor er eksempler på typiske områder relateret til brug af åbne radioaktive kilder, der normalt ikke kræver klassificering:

- Områder, hvor der opbevares åbne radioaktive kilder
- Områder, hvor der opbevares radioaktivt affald
- Områder, hvor der ikke håndteres åbne radioaktive kilder.

Bemærk, at eksemplerne ovenfor er vejledende. Virksomheden skal altid foretage en individuel klassificering af alle relevante områder på baggrund af en vurdering af de aktuelle kilder og de lokale forhold forbundet med brugen.

Større anlæg kan indeholde både klassificerede områder og områder, der ikke skal klassificeres, eller områder med forskellig klassificering. Dette kan f.eks. gøre sig gældende, hvis der i et større isotoplaboratorium kun håndteres åbne radioaktive kilder i et stinks-kab, der er placeret, så det er afgrænset fra andet arbejde i anlægget. I dette tilfælde er det muligt, at stinks-kabet skal klassificeres uden at selve anlægget skal klassificeres.

7.2. Skiltning

Krav til skiltning og afmærkning for åbne radioaktive kilder er reguleret i strålebeskyttelseslovgivningen. Arbejdstilsynet har derudover fastsat overordnede krav til udseende, tilgængelighed og holdbarhed for sikkerhedsskiltning.⁹² Vejledningens anvisninger opfylder såvel Sundhedsstyrelsens som Arbejdstilsynets krav til sikkerhedsskiltning i forbindelse med stråling.

Ved brug af åbne radioaktive kilder er der dels krav om skiltning af opbevaringssteder og anlæg og dels supplerende krav for skiltning af klassificerede områder.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at i tilfælde af brug af åbne radioaktive kilder i anlæg gælder krav om skiltning for alle indgangsdøre. Dvs. også døre, der almindeligvis er aflukkede, f.eks. branddøre. Dette skyldes, at det, uanset hvilken indgangsdør der normalt benyttes skal være tydeligt, hvilke risici der er forbundet med ophold i anlægget. *Indsats- eller redningsmandskab* vil f.eks. kunne have brug for at benytte andre indgangsdøre end de, der almindeligvis benyttes, i forbindelse med en *nødsituation*, og derfor er det nødvendigt, at alle indgangsdøre er påsat skiltning.

7.2.1. Generelle krav

For al sikkerhedsskiltning gælder, at skiltningen skal være tydelig og holdbar.⁹³ Hvis der kun lejlighedsvis forefindes radioaktivt materiale, kan man med fordel benytte skilte, der kan vendes eller tildækkes, når der ikke er krav om skiltning.

Der er fastsat krav til ordlyden på piktogrammer for sikkerhedsskiltning forbundet med brug af åbne radioaktive kilder, se afsnit 7.2.2 og 7.2.3, men det er generelt acceptabelt at tilføje supplerende tekst under piktogrammet, også på andre sprog end dansk, så længe de relevante bekendtgørelses krav til supplerende tekster på dansk er opfyldt.

7.2.2. Opbevaringssteder og anlæg, der ikke samtidig er klassificerede områder

Alle steder, hvor der opbevares åbne radioaktive kilder, hvis samlede aktivitetsmængde er større end undtagelsesværdien⁹⁴, samt ved alle indgange til anlæg eller områder, hvor der opbevares eller håndteres m.v. åbne radioaktive kilder, hvis samlede aktivitetsmængde er større end 100 gange undtagelsesværdien, skal der være advarselsskilt for ioniserende stråling efter gældende standard⁹⁵ suppleret med teksten "Radioaktivt materiale".⁹⁶ Ved opbevaring af flere radionuklider skal formlerne (1) og (2) i afsnit 5.1 benyttes til at bestemme, om der er krav om skiltning. Figur 1 viser den skiltning, der skal benyttes ved opbevaringssteder og anlæg, der ikke samtidig er klassificerede områder.

⁹² Bek. nr. 518/1994.

⁹³ Bek. nr. 670/2019, § 37.

⁹⁴ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

⁹⁵ DS/EN ISO 7010:2012.

⁹⁶ Bek. nr. 670/2019, § 38, stk. 1.

Figur 1
Skiltning på opbevaringssteder og anlæg, der ikke samtidig er klassificerede områder



Hvis en åben radioaktiv kilde opbevares i et aflåst skab, køleskabe e.l., placeres skiltet på skabsdøren. Ellers placeres skiltet på indgangsdøren til opbevaringsstedet.

7.2.3. Overvågede og kontrollerede områder

For både overvågede og kontrollerede områder gælder, at de skal være tydeligt og holdbart afmærkede med teksten "Radioaktivt materiale", oplysning om klassificering samt teksten "Risiko for *intern* og *ekstern bestråling*".^{97, 98, 99} Figur 2 viser den skiltning, der skal benyttes ved henholdsvis overvågede og kontrollerede områder.

Figur 2
Skiltning af klassificerede områder



⁹⁷ Bek. nr. 669/2019, § 49, stk. 2.

⁹⁸ Bek. nr. 669/2019, § 50, stk. 2, nr. 4.

⁹⁹ Bek. nr. 670/2019, § 38, stk. 2-4.

7.3. Yderligere krav til kontrollerede områder

For kontrollerede områder gælder, at der skal være en klar fysisk afgrænsning af området eller, hvis dette ikke er muligt, anden *sikring* eller afmærkning af området.¹⁰⁰ Endvidere skal der være foranstaltninger, der sikrer, at kun arbejdstagere, der er nødvendige for brugen af åbne radioaktive kilder, har adgang til de kontrollerede områder, samt at der er truffet foranstaltninger til at forhindre spredning af radioaktivt materiale, hvor dette er relevant.¹⁰¹ Der bør som udgangspunkt være en vask med håndfri betjening, samt andet relevant udstyr, inden for det kontrollerede område, så forurening af omgivende områder så vidt muligt undgås.

¹⁰⁰ Bek. nr. 669/2019, § 50, stk. 2, nr. 1.

¹⁰¹ Bek. nr. 669/2019, § 50, stk. 2, nr. 2-3.

8. Krav til anlæg m.v.

Konstruktion og indretning af anlæg skal være tilpasset de radionuklider, der håndteres og opbevares m.v., og den hermed forbundne risiko. Konstruktion og indretning af et anlæg skal planlægges under anvendelse af dosisbindingerne for erhvervsmæssig og befolkningsmæssig bestråling, se afsnit 2.2.¹⁰² Der kan være behov for indbygget afskærmning i et anlægs bygningsdele, for at strålebeskyttelsen kan betragtes som tilstrækkeligt optimeret. Dertil er der indretningsmæssige krav til anlæg og andre lokaler, der skal være opfyldt.¹⁰³

8.1. Afskærmning

Den afskærmende effekt af et anlægs byggematerialer samt evt. yderligere indbygget afskærmning i anlæg skal yde tilstrækkelig beskyttelse af både stråleudsatte arbejdstagere, øvrige arbejdstagere og enkeltpersoner i befolkningen.

Afskærmningsberegninger for ovennævnte afskærmning i anlæg skal, hvis relevant, indgå i dokumentationen for overholdelse af dosisbindinger og optimering af strålebeskyttelse, se afsnit 2.2.

Afskærmningsberegningerne foretages på grundlag af de forventede *dosishastigheder* i anlægget og i relevante lokaler og områder omkring anlægget. På baggrund af opholdstider i de pågældende anlæg, lokaler og områder for stråleudsatte arbejdstagere, øvrige arbejdstagere og enkeltpersoner i befolkningen kan dosis til disse personkategorier beregnes. Dosis sammenholdes med de givne dosisbindinger for øvrige arbejdstagere og enkeltpersoner i befolkningen, samt de dosisbindinger, virksomheden har fastsat for sine stråleudsatte arbejdstagere, se afsnit 2.2. De estimerede doser bør altid være lavere end dosisbindingen, og det skal vurderes, om konstruktionen af anlægget kan optimeres, f.eks. ved justering af afskærmning. Ved brug af åbne radioaktive kilder omfattet af krav om tilladelse skal beregninger, overvejelser og konklusioner dokumenteres i sikkerhedsvurderingen, se kapitel 6.

Afskærmningsberegninger for anlæg

Ved vurdering og beregning af behovet for yderligere indbygget afskærmning i et anlæg til brug af åbne radioaktive kilder skal følgende forhold tages i betragtning:

- Hvilke radionuklider skal håndteres og opbevares i anlægget?

¹⁰² Bek. nr. 669/2019, § 52, stk. 2.

¹⁰³ Bek. nr. 670/2019, § 64, stk. 1.

- Hvor store aktivitetsmængder skal håndteres og opbevares i anlægget ad gangen?
- Hvordan er den afskærmende effekt af byggematerialer i vægge, etageadskillelser m.v.?
- Hvilke lokaler og områder (andre laboratorier, kontorer, gangarealer, personalerum m.v.) er placeret omkring (herunder over og under) anlægget, og hvor stor er afstanden til disse?
- Hvem opholder sig i de omkringliggende lokaler og områder (stråleudsatte arbejdstagere, øvrige arbejdstagere eller enkeltpersoner i befolkningen)?
- Hvor lang tid kan en enkelt person i de nævnte personkategorier forventes at opholde sig i anlægget og de omkringliggende lokaler og områder?

8.2. Indretnings- og anvendelsesmæssige krav til anlæg og andre lokaler

Håndtering af åbne radioaktive kilder omfattet af krav om tilladelse skal normalt foregå i anlæg, der lever op til de indretningsmæssige krav til type C, B eller A isotoplaboratorier.

Konstateres der fejl eller mangler ved et anlæg, skal virksomheden straks underrettes, og hvor disse fejl eller mangler kan medføre *utilsigtet bestråling*, skal de udbedres før yderligere brug af åbne radioaktive kilder.¹⁰⁴

Sundhedsstyrelsen kan i særlige tilfælde godkende håndtering af åbne radioaktive kilder uden for anlæg, se afsnit 5.2.3 og 5.3.3. I disse tilfælde fastsætter Sundhedsstyrelsen krav til håndteringen.¹⁰⁵

8.2.1. Krav til anlæg i form af isotoplaboratorier

Anlæg til håndtering af åbne radioaktive kilder vil normalt være isotoplaboratorier. Krav til indretning af et isotoplaboratorium afhænger af de aktivitetsmængder, der skal håndteres i laboratoriet. Isotoplaboratorier klassificeres som type C, B eller A. I afsnit 8.2.2 fremgår de aktivitetsmængder, der må håndteres i type C og B isotoplaboratorier, og nedenfor er de vigtigste krav til indretning af type C og B isotoplaboratorier gengivet.

¹⁰⁴ Bek. nr. 669/2019, § 55, stk. 2-3.

¹⁰⁵ Bek. nr. 670/2019, § 64, stk. 1-2.

Krav til type C isotoplaboratorier¹⁰⁶

Adgangsforhold

- Uvedkommende må ikke have adgang til anlæg og opbevaringssted.

Indretning og udformning

- Anlæg skal være indrettet og udformet, så stråleudsættelsen af arbejdstagere er mindst mulig, og risikoen for og konsekvensen af utilsigtet bestråling er minimeret.*
- Anlæg skal være ryddelige og have tilstrækkelig med plads, da overflødige genstande og for lidt plads øger risikoen for uheld.¹⁰⁷ *
- Anlæg skal være indrettet, så spredning af radioaktivt materiale til omgivelserne forhindres, så vidt det med rimelighed er muligt.*
- De områder og genstande i anlægget, der kan blive forurenet med radioaktivt materiale, skal begrænses til et minimum og være lette at rengøre. Der bør være et tilstrækkeligt antal skabe til opbevaring af mapper, dokumentation, instrukser m.v.*
- Alle overflader (vægge, døre, gulve, bordplader, stolesæder m.v.) skal være glatte, intakte og rengøringsvenlige. Bordplader af træ og stolesæder af stof er derfor ikke acceptabelt. Overflader skal være modstandsdygtige over for varme, fysiske og kemiske påvirkninger samt anvendelse af kemikalier, der kan korrodere overfladen.*
- Der må ikke være mellemrum mellem fastmonteret inventar, f.eks. mellem borde eller mellem bord og væg, der er svære at rengøre. Hvis mellemrum ikke helt kan undgås, skal disse forsegles med fugemasse og som udgangspunkt placeres de steder i anlægget, hvor der ikke håndteres åbne radioaktive kilder. *
- Alle områder skal være lette at rengøre. Blotlagte rørføringer, ledninger m.v. skal så vidt muligt undgås, f.eks. kan kabelskinner benyttes. Der skal være let adgang til alle gulvflader.*

¹⁰⁶ Bek. nr. 670/2019, bilag 13, afsnit 1.1.

¹⁰⁷ Bek. nr. 669/2019, § 55, stk. 1.

Vask og afløb

- Der skal være mindst én vask i anlægget, der kan betjenes håndfrit. Hvis anvendelsen ikke tillader vask i anlægget, skal der være adgang til vask i tilstødende anlæg, og adgang til dette anlæg skal kunne ske håndfrit.
- Hvis der sker udledning via afløb af radioaktivt materiale med koncentrationer større end undtagelsesværdierne¹⁰⁸, skal udledningen almindeligvis foregå via et isotop afløb. Faldstammen skal, hvor der er adgang til denne, være mærket "Isotop afløb".*
- Isotop afløb skal have separat faldstamme eller teknisk ækvivalent løsning, der sikrer, at affaldet ikke spredes til andre rum, ved f.eks. tilbageløb, inden tiløb til udledningspunktet.*

Udsugning

- Hvis der kan forekomme *luftbåret radioaktivt materiale* i anlægget, skal der være et luftskifte tilpasset art og omfang af det radioaktive materiale.*
- Hvis radioaktivt materiale kan blive luftbåret i et omfang, der kan have strålebeskyttelsesmæssig betydning, skal anlægget være udstyret med et tilstrækkeligt antal *beskyttelseskabinetter*, f.eks. stinkskab eller LAF-bænk. LAF-bænke med horisontalt flow, hvor luften blæses ind mod arbejdsstagerne, er ikke acceptable. En lufthastighed i beskyttelseskabinets åbning på 0,5 m/s anses normalt for passende.*
- Beskyttelseskabinettet skal være forsynet med en kontrolanordning, der kan varsle utilstrækkelig funktion.*
- Beskyttelseskabinettet skal før ibrugtagning kontrolleres efter relevant standard. En relevant standard for kontrol af stinkskabe er DS-EN 14175.*
- Udsugning fra beskyttelseskabinetter bør være jævn og hvirvelløs. Stinkskabet skal mindst én gang årligt samt ved væsentlige omstillinger kontrolleres af et afprøvningsfirma eller tilsvarende. Dato for sidste eftersyn bør være synlig på stinkskabet.*
- Hvis det er nødvendigt at filtrere udsugningsluften, skal filteret placeres, så evt. stråleudsættelse minimeres. Dette vil oftest betyde, at filteret skal placeres i den del af udsugningskanalen, der befinder sig i laboratoriet.*
- Luftbåret radioaktivt materiale i et beskyttelseskabinettet må ikke kunne spredes til den omgivende laboratorieluft eller til luften i andre rum.*

¹⁰⁸ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

- Afkast af luft fra beskyttelseskabinetter skal udføres, så der sikres effektiv fortynding med den atmosfæriske luft. Afkastet skal udmunde så langt fra indsugningskanaler, at recirkulation ikke kan finde sted.*
- Inkubatorer og andre specielle skabe skal være tilsluttet udsugning, hvis der er risiko for dannelse af luftformigt radioaktivt materiale.¹⁰⁹

* Disse krav skal overholdes ved opstaldning af dyr, se også afsnit 8.2.3.

Krav til type B isotoplaboratorier¹¹⁰

Foruden kravene til type C isotoplaboratorier gælder følgende krav til type B isotoplaboratorier:

- Ved risiko for væsentlig forurening skal der være et forrum eller en overgangszone med en vask, der kan betjenes håndfrit, nødbruiser, afløb og garderobefaciliteter. Et type C isotoplaboratorium kan godkendes som et forrum.
- Overgange mellem gulv og lodrette flader, f.eks. vægge, sokler og rørgennemføringer, skal være afrundede og gå mindst 10 cm op ad væggen. Dette gælder også i forrummet.
- Der skal være et passende undertryk i forhold til omgivelserne, så risikoen for forurening af omgivelserne minimeres. Hvor der er krav om overtryk i laboratoriet i henhold til anden lovgivning, skal adgang hertil ske gennem et forrum eller en sluse, der sikrer passende undertryk til omgivelserne. En trykforskel på mindst 10 Pa mellem isotoplaboratoriet og forrummet samt mellem forrummet og omgivelserne anses for passende. Det anbefales, at vinduer og ubenyttede døre forsegles, så de kun kan benyttes i nødsituationer.
- Der skal være kontrolanordninger, der viser, om ventilationssystemet virker. Det anbefales at føre protokol over trykkene.
- Ventilationssystemet skal minimum én gang årligt samt ved væsentlige omstillinger funktionstestes.

¹⁰⁹ Bek. nr. 670/2019, § 67, stk. 3.

¹¹⁰ Bek. nr. 670/2019, bilag 13, afsnit 1.2.

Krav til type A isotoplaboratorier

Krav til indretning af type A isotoplaboratorier vil blive stillet af Sundhedsstyrelsen på baggrund af en individuel vurdering.¹¹¹

8.2.2. Aktivitetsgrænser

De maksimale aktivitetsmængder, der må håndteres i et isotoplaboratorium, afhænger af de operationer, der udføres. Der skelnes mellem tre operationstyper: operationer forbundet med lav risiko, operationer forbundet med moderat risiko og operationer forbundet med betydelig risiko.¹¹²

Operationstyper

Ved håndtering af åbne radioaktive kilder skelnes der mellem følgende operationstyper:

Operationer forbundet med lav risiko, f.eks.

- udtagning fra stamopløsning, der ikke er forbundet med risiko for indånding af radioaktivt materiale eller betydelig ekstern stråleudsættelse
- fortynding.

Operationer forbundet med moderat risiko, f.eks.

- syntese
- mærkningsarbejde (f.eks. jodering)
- *indgift* i dyr.

Operationer forbundet med betydelig risiko, f.eks.

- håndtering af åbne radioaktive kilder på gas-, aerosol- eller pulverform.

I Tabel 5 er angivet de maksimale aktivitetsmængder, der normalt kan gives tilladelse til at anvende eller håndtere ad gangen i henholdsvis type C og B isotoplaboratorier. Ved f.eks. udtagning fra stamopløsninger er det stamopløsningens aktivitetsmængde, der skal angives som den aktivitetsmængde, der håndteres ad gangen. I Tabel 2 er undtagelsesværdier for de hyppigst anvendte radionuklider listet.

¹¹¹ Bek. nr. 670/2019, bilag 13, afsnit 1.3.

¹¹² Bek. nr. 670/2019, bilag 13, afsnit 1.4.

Tabel 5
Maksimal aktivitets-
mængder i type C og B
isotoplaboratorier

Type C isotoplaboratorium	
Operationstype	Maksimal aktivitetsmængde (pr. anvendelse eller håndtering)
Operation forbundet med lav risiko	$10^2 \times$ undtagelsesværdien ¹¹³
Operation forbundet med moderat risiko	$10^1 \times$ undtagelsesværdien
Operation forbundet med betydelig risiko	$10^0 \times$ undtagelsesværdien
Type B isotoplaboratorium	
Operationstype	Maksimal aktivitetsmængde (pr. anvendelse eller håndtering)
Operation forbundet med lav risiko	$10^5 \times$ undtagelsesværdien
Operation forbundet med moderat risiko	$10^4 \times$ undtagelsesværdien
Operation forbundet med betydelig risiko	$10^3 \times$ undtagelsesværdien

Der vil f.eks. være krav om, at håndteringen foregår i et type B isotoplaboratorium ved jorderingsarbejde med mere end 10 MBq I-125 eller ved udtagning fra stamopløsning på mere end 10 MBq P-32.

Hvis den samlede aktivitetsmængde, der håndteres ad gangen, ikke overstiger de maksimale aktivitetsmængder i Tabel 6, er der ikke krav om, at arbejdet skal foregå i et anlæg. Lokaler, hvori sådanne operationer foregår, skal som minimum have god laboratoriestandard, og alle overflader skal være af et sådant materiale og af en sådan udformning, at de er lette at rengøre og ikke tilbageholder radioaktivt materiale.¹¹⁴

¹¹³ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

¹¹⁴ Bek. nr. 670/2019, bilag 13, afsnit 1.1.4.

Tabel 6
Maksimalt
aktivitetsmængder i
andre lokaler

Andre lokaler	
Operationstype	Maksimal aktivitetsmængde (pr. anvendelse eller håndtering)
Operation forbundet med lav risiko	10^1 x undtagelsesværdien ¹¹⁵
Operation forbundet med moderat risiko	10^0 x undtagelsesværdien
Operation forbundet med betydelig risiko	10^{-1} x undtagelsesværdien

8.2.3. Anlæg til opstaldning og dyreforsøg

Anlæg til opstaldning af dyr skal overholde de krav til type C isotoplaboratorier, der er markeret med * i afsnit 8.2.1. Uvedkommende bør ikke kunne få adgang til disse anlæg. Hvis anvendelsen ikke tillader vask i anlægget, bør der være adgang til vask i tilstødende anlæg.

Dyrestalde til store dyr skal have gulv afløb med mulighed for spuling af gulvet.¹¹⁶ Hvis der ved et dyreforsøg indgives radioaktivt materiale i dyr, skal dette foregå i et isotoplaboratorium eller et andet anlæg godkendt hertil.

8.2.4. Opbevaring og sikring

Åbne radioaktive kilder, hvis samlede aktivitetsmængde er større end undtagelsesværdierne¹¹⁷, skal opbevares sikret mod tyveri og hærværk samt mod brand, oversvømmelse og lignende miljømæssige påvirkninger.¹¹⁸ Ved risiko for dannelse af luftbåret radioaktivt materiale, skal opbevaringen ske i anlæg med tilpasset luftskifte eller i lufttætte beholdere.¹¹⁹ Dette gælder også, hvis der er risiko for, at det radioaktive materiale kan udvikle overtryk.

For anlæg til opbevaring af radioaktivt materiale, herunder radioaktivt affald, gælder, at overflader skal være lette at rengøre, og de må ikke kunne tilbageholde radioaktivt materiale.¹²⁰ Opbevaringen skal være velordnet, så de enkelte opbevaringsenheder let kan identificeres og stråleudsættelsen herved minimeres.¹²¹ Uvedkommende må ikke få adgang til anlægget.¹²²

De specifikke krav til skiltning og afmærkning af opbevaringssteder er beskrevet i afsnit 7.2.2.

¹¹⁵ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

¹¹⁶ Bek. nr. 670/2019, bilag 13, afsnit 4.2.2.

¹¹⁷ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

¹¹⁸ Bek. nr. 670/2019, § 36, stk. 1.

¹¹⁹ Bek. nr. 670/2019, § 35, stk. 5.

¹²⁰ Bek. nr. 670/2019, bilag 13, afsnit 4.1.

¹²¹ Bek. nr. 670/2019, § 35, stk. 6.

¹²² Bek. nr. 670/2019, bilag 13, afsnit 1.1.5.

8.3. Fortegnelse over anlæg

Der skal føres en fortegnelse over alle de anlæg, hvori der anvendes, opbevares m.v. åbne radioaktive kilder eller radioaktivt affald i et omfang, der er omfattet af krav om tilladelse eller underretning.¹²³

Fortegnelse over anlæg

Fortegnelse over anlæg skal indeholde:

- Oplysninger til entydig identifikation af anlægget
- Anlægstype (f.eks. type C/B/A isotoplaboratorium, dyrestald, opbevaringsrum, affaldsrum)
- Tegning af anlægget med oplysninger om konstruktionens og indretningens evne til at yde strålebeskyttelse
- Klassificering som kontrolleret eller overvåget område, hvis relevant
- Dato for sidste funktionstest og dato for næste funktionstest for anlæg, hvor der er krav om funktionstest m.v., f.eks. funktionstest af beskyttelseskabinet eller ventilationssystem.

¹²³ Bek. nr. 670/2019, § 17.

9. Arbejdstagere

Strålebeskyttelseslovgivningen skelner mellem to typer af arbejdstagere i en virksomhed med brug af åbne radioaktive kilder: stråleudsatte arbejdstagere og øvrige arbejdstagere. Stråleudsatte arbejdstagere¹²⁴ er de arbejdstagere, der er beskæftiget med arbejdet med åbne radioaktive kilder, mens øvrige arbejdstagere¹²⁵ er den resterende del af virksomhedens arbejdstagere.

Inden en stråleudsat arbejder beskæftiges med brug af åbne radioaktive kilder, skal arbejdstageren kategoriseres.¹²⁶ Hvis der er krav om rådgivning fra en strålebeskyttelsesekspert, vil kategorisering af stråleudsatte arbejdstagere typisk være en opgave for denne.

Stråleudsatte arbejdstagere skal være tilstrækkeligt oplyst, oplært og instrueret til de arbejdsopgaver, som de varetager, og have tilstrækkelig viden, færdigheder og kompetencer til at arbejde selvstændigt med åbne radioaktive kilder.¹²⁷

9.1. Kategorisering af stråleudsatte arbejdstagere

Kategorisering af en stråleudsat arbejder skal tage udgangspunkt i en vurdering af den effektive dosis samt de ækvivalente doser, som arbejdstageren vil kunne modtage under udførelse af sit arbejde. Vurderingen skal omfatte dels de doser, der kan modtages ved arbejde med åbne radioaktive kilder under normale forhold, og dels potentielle doser foranlediget af hændelser og uheld.

Kategorisering af en stråleudsat arbejder

Nedenfor er en liste over forhold, der bør indgå i vurderingen af effektiv dosis og ækvivalente doser med henblik på kategorisering af en stråleudsat arbejder.

Åbne radioaktive kilder

- Hvilke radionuklider arbejdes der med?
- Hvilke strålingstyper (f.eks. α , β , γ) udsættes arbejdstageren for?
- Hvilken tilstandsform og kemisk form har det radioaktive materiale?

¹²⁴ Bek. nr. 669/2019, § 10, nr. 53.

¹²⁵ Bek. nr. 669/2019, § 10, nr. 65.

¹²⁶ Bek. nr. 669/2019, § 38.

¹²⁷ Bek. nr. 669/2019, § 45, stk. 1.

- Hvilke dele af arbejdstagerens krop (hele kroppen, øjelinsen, ekstremiteter) bliver udsat for stråling under normale rutiner?

Fysisk organisering

- Hvor håndteres radionukliderne?
- Opbevares radionukliderne i samme anlæg, hvori de håndteres?
- Under hvilke forhold håndteres radionukliderne?
- Foregår der andet arbejde med åbne radioaktive kilder eller andre strålekilder i anlægget?
- Benyttes supplerende afskærmning?

Operationer

- Foretages der udtagning fra stamopløsninger?
- Foretages der indgift i forsøgsdyr?
- Håndteres luftbåret radioaktivt materiale?

Rutiner

- Hvor store aktivitetsmængder håndteres pr. operation?
- Hvor ofte (f.eks. dagligt, ugentligt, månedligt) foretages operationerne?

Opholdsfaktorer

- Hvor lang tid udsættes arbejdstageren for stråling?

Dosis

- Hvilke doser er tidligere modtaget ved samme operationer?

Uforudsete hændelser og uheld

- Hvad er sandsynlige scenarier for ulykker, uheld og hændelser (spild, indtag m.v.)?
- Hvilke dele af arbejdstagerens krop (hele kroppen, øjelinsen, ekstremiteter) bliver udsat for stråling ved uforudsete hændelser og uheld?

Stråleudsatte arbejdstagere kategoriseres i én af kategorierne A, B eller C afhængig af størrelsen af de vurderede effektive og ækvivalente doser til den enkelte arbejdstager, se Tabel 7. Hvis bare én af de nedre grænser for effektiv eller ækvivalent dosis for en arbejdstagerkategori kan overskrides, skal arbejdstageren kategoriseres i den pågældende kategori.

Tabel 7
Kategorisering af
stråleudsatte
arbejdstagere

Kategori for arbejdstager	Effektiv dosis (E) [mSv/år]		Ækvivalent dosis (H _T) [mSv/år]	
			Øjelinse	Hud / Ekstremiteter
	A ¹²⁸	$E > 6$	$H_T > 15$	$H_T > 150$
	B ¹²⁹	$1 < E \leq 6$	-	$50 < H_T \leq 150$
	C ¹³⁰	$E \leq 1$	-	$H_T \leq 50$

Kategoriseringen skal altid vurderes på ny ved ændring af arbejdstagerens opgaver og ved ændrede procedurer. Derudover skal kategoriseringen løbende revurderes.¹³¹

Eksempler på kategorisering af stråleudsatte arbejdstagere

Nedenfor er angivet eksempler på typiske kategoriseringer af arbejdstagere, der håndterer åbne radioaktive kilder til ikke-medicinske formål.

Kategori A

- Arbejdstagere, der udfører joderinger med flygtig jod, og som ved uheld kan indtage eller indånde den flygtige jod i større aktivitetsmængder.

Kategori B

- Arbejdstagere, der arbejder med radionuklider, som udsender betastråling med mellem eller høj energi (f.eks. P-32), og som kan modtage større doser til fingrene.

Kategori C

- Arbejdstagere, der arbejder med radioimmunoassays (RIA-kit).

¹²⁸ Bek. nr. 669/2019, § 39, stk. 1.

¹²⁹ Bek. nr. 669/2019, § 40.

¹³⁰ Bek. nr. 669/2019, § 41.

¹³¹ Bek. nr. 669/2019, § 38.

Virksomheden skal dog altid selv foretage en vurdering af arbejdstagernes doser, da disse bl.a. afhænger af de aktuelle åbne radioaktive kilder og virksomhedens lokale forhold.

Det er kun personer over 18 år, der må udføre arbejdsopgaver, som kræver kategorisering som stråleudsat arbejdstager. Personer mellem 16 og 18 år, der er under uddannelse, må dog beskæftiges som stråleudsatte arbejdstagere i kategori B eller C under forudsætning af, at brug af åbne radioaktive kilder er en nødvendig del af deres uddannelse.¹³²

Arbejdstagere i kategori A og B er underlagt krav om individuel dosisovervågning som beskrevet i kapitel 13.

Hvis en stråleudsat arbejdstager ammer, må den pågældende ikke beskæftiges under forhold, der medfører en væsentlig risiko for intern eller ekstern forurening af kroppen med radioaktivt materiale.¹³³ Det kan f.eks. dreje sig om håndtering af radioaktivt materiale, der ved utilsigtet indtag kan optages i brystmælken og medføre, at dosis til det diende barn overstiger dosisbindingen til enkeltpersoner i befolkningen, se afsnit 2.2.

9.1.1. Krav om lægeundersøgelse af arbejdstagere i kategori A

Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 10/2018, se kapitel 17, stiller krav om, at stråleudsatte arbejdstagere i kategori A skal have foretaget en lægeundersøgelse, inden arbejdet med strålekilder påbegyndes og derefter en rutineundersøgelse mindst én gang årligt, så længe arbejdet fortsætter.^{134, 135} I tvivlstilfælde bestemmer Arbejdstilsynet, om det for den specifikke brug eller anvendelse er nødvendigt med lægeundersøgelser. Afgørelsen træffes i samråd med Sundhedsstyrelsen. Kun et fåtal af de stråleudsatte arbejdstagere, der er beskæftiget med brug af åbne radioaktive kilder til ikke-medicinske formål, vil være omfattet af krav om lægeundersøgelser.

9.2. Krav til oplysning, oplæring, instruktion af og kvalifikationer for arbejdstagere

De stråleudsatte arbejdstagere skal være gjort bekendt med de risici, der er forbundet med brug af åbne radioaktive kilder, og være oplyst, oplært og instrueret i overensstemmelse med nedenstående.

¹³² Bek. nr. 669/2019, § 42.

¹³³ Bek. nr. 669/2019, § 43.

¹³⁴ Bek. nr. 10/2018, §§ 2-3.

¹³⁵ AT vejledning nr. 9093/2019.

Krav til oplysning, oplæring og instruktion af stråleudsatte arbejdsgere

Stråleudsatte arbejdstagere skal¹³⁶

- være instrueret om de sikkerhedsforanstaltninger, der skal træffes til forebyggelse af risici forbundet med brug af åbne radioaktive kilder
- være oplært til og instrueret i brug af åbne radioaktive kilder samt i foranstaltninger til begrænsning af følgerne af evt. uheld eller hændelser
- have opnået tilstrækkelig viden, færdigheder og kompetencer, før de må arbejde selvstændigt med kilder
- være oplyst om navn og kontaktoplysninger på strålebeskyttelseskoordinatoren
- være instrueret om nødvendigheden af tidlig underretning om graviditet og amning, så arbejdet kan tilrettelægges under hensyntagen til dosis til fosteret eller det diende barn.

Den stråleudsatte arbejdstagers viden, færdigheder, kompetencer, oplæring, oplysning og instruktion skal løbende vedligeholdes og opdateres som minimum ved indførelse af nye eller opdaterede teknikker og metoder.¹³⁷ Der skal føres en fortegnelse over stråleudsatte arbejdstagere med oplysning om den enkeltes viden, færdigheder, kompetencer, oplysning, oplæring og instruktion. Denne fortegnelse skal være tilgængelig for alle relevante arbejdstagere i virksomheden.¹³⁸

Øvrige arbejdstagere skal være oplyst om brugen af åbne radioaktive kilder i virksomheden og om hvilke forholdsregler, de skal overholde.¹³⁹

¹³⁶ Bek. nr. 669/2019, § 45, stk. 1.

¹³⁷ Bek. nr. 669/2019, § 45, stk. 2.

¹³⁸ Bek. nr. 669/2019, § 45, stk. 3.

¹³⁹ Bek. nr. 669/2019, § 46.

10. Strålebeskyttelse ved brug af åbne radioaktive kilder

Brug af åbne radioaktive kilder skal planlægges og udføres, så det til enhver tid sikres, at strålebeskyttelsen er optimeret for herved at holde stråleudsættelsen så lav som rimeligt opnåeligt.¹⁴⁰ Brug af åbne radioaktive kilder skal foregå, så risikoen for og en evt. forurening af personer, overflader, genstande, omgivelser og miljø er så lav som med rimelighed opnåeligt.¹⁴¹

Ved brug af åbne radioaktive kilder er det vigtigt at være opmærksom på både den eksterne bestråling og risikoen for intern bestråling forårsaget af indtag af radioaktivt materiale gennem munden, indånding af luft forurenet med radioaktivt materiale eller optag af radioaktivt materiale gennem ubeskadiget hud eller sår.

10.1. Instrukser

Forholdsregler til optimering af strålebeskyttelsen skal indarbejdes i instrukser med det formål at begrænse den eksterne bestråling og forebygge intern bestråling.

Instrukser for brug af åbne radioaktive kilder

Ved brug af åbne radioaktive kilder skal der være følgende instrukser:¹⁴²

- Instruks om anvendelse, håndtering, opbevaring m.v. af åbne radioaktive kilder
- Instruks om overdragelse og bortskaffelse af radioaktivt affald
- Instruks om rengøring, herunder, hvor relevant, en instruks til rengøringspersonale
- Instruks om forholdsregler ved ulykker, uheld og hændelser.

Instrukserne skal være letforståelige og umiddelbart tilgængelige under arbejdet.¹⁴³

¹⁴⁰ Bek. nr. 669/2019, § 18, stk. 1.

¹⁴¹ Bek. nr. 670/2019, § 67, stk. 1.

¹⁴² Bek. nr. 670/2019, § 65.

¹⁴³ Bek. nr. 669/2019, § 57.

10.2. Modtagelse af åbne radioaktive kilder

Arbejdsgangen ved modtagelse af åbne radioaktive kilder skal struktureres, så stråleudsættelsen og risikoen for forurening begrænses mest muligt. Instruksen om anvendelse, håndtering, opbevaring m.v. beskrevet i afsnit 10.1 bør indeholde information om, hvordan *forsendelser* skal modtages og håndteres, samt hvordan arbejdstagere skal forholde sig i tilfælde af beskadigede forsendelser.¹⁴⁴

Modtagelse af åbne radioaktive kilder

- Modtagelsen bør finde sted tættest muligt på det sted, hvor de åbne radioaktive kilder skal opbevares. Modtagelse i receptioner e.l. er ikke hensigtsmæssigt.
- Ved modtagelsen skal det undersøges, om forsendelsen er intakt.
- Ved modtagelse skal det sikres, at den modtagne aktivitetsmængde stemmer overens med den bestilte.
- Forsendelserne må udelukkende håndteres af instruerede arbejdstagere.
- Da der er risiko for, at forsendelser er forurenede, skal håndtering altid foregå iført handsker og evt. kittel eller overtrækstøj. Forsendelserne skal pakkes ud i dertil egnede områder; f.eks. i opbevaringsanlægget, i isotoplaboratoriet eller i evt. forrum/overgangszone til dette.
- Tom emballage fra forsendelser skal altid kontrolmåles inden bortskaffelse for at sikre, at emballagen ikke er forurennet.

10.3. Opbevaring

De åbne radioaktive kilder, herunder affald, skal altid opbevares i egnede beholdere eller emballage, der sikrer mod spredning.¹⁴⁵ Ved risiko for dannelse af luftbåret radioaktivt materiale skal opbevaringen ske i lufttætte beholdere eller i anlæg med tilpasset luftskifte.¹⁴⁶ Beholderne skal være tydeligt og holdbart mærket.

¹⁴⁴ Bek. nr. 669/2019, § 57.

¹⁴⁵ Bek. nr. 670/2019, § 35, stk. 4.

¹⁴⁶ Bek. nr. 670/2019, § 35, stk. 5.

Mærkning af beholdere

De enkelte opbevaringsbeholdere skal være tydeligt og holdbart mærket med:¹⁴⁷

- Symbol for ioniserende stråling efter gældende standard suppleret med teksten "Radioaktivitet"
- Radionuklid, aktivitetsmængde og, hvor relevant, aktivitetskoncentrationen på en given dato
- Tilstandsform og kemisk form
- Relevant kontaktperson.

Det er ikke tilladt at opbevare åbne radioaktive kilder, herunder affald, sammen med eksplosive, korrosive eller stærkt brandbare stoffer, eller andre stoffer, der kan kompromittere sikkerheden ved opbevaringen.¹⁴⁸

10.3.1. Opbevaring af åbne radioaktive kilder

Mængden af åbne radioaktive kilder, der opbevares, skal altid holdes så lav, som det med rimelighed er muligt.¹⁴⁹

Opbevaring af åbne radioaktive kilder, hvis samlede aktivitetsmængde overstiger undtagelsesværdierne¹⁵⁰, skal foregå på specielt indrettede opbevaringssteder, f.eks. køleskab eller fryser i de anlæg, hvor de åbne radioaktive kilder håndteres, eller i et særligt anlæg til opbevaring af radioaktivt materiale.¹⁵¹ Ved opbevaring af flere radionuklider finder formel (2) i afsnit 5.1 anvendelse.

Hvis det er nødvendigt for anvendelsen, kan kortvarig opbevaring ske uden for de specielt indrettede opbevaringssteder eller særlige anlæg til opbevaring. Denne kortvarige opbevaring må dog kun kunne give anledning til ubetydelig stråleudsættelse.¹⁵² Dette kan f.eks. gøre sig gældende under igangværende procedurer, hvor det ikke altid er hensigtsmæssigt at flytte en stamopløsning mellem opbevaringssted og håndteringssted flere gange i løbet af proceduren, da det i visse tilfælde kan medføre en større stråleudsættelse end ved midlertidig opbevaring på håndteringsstedet.

10.3.2. Opbevaring af radioaktivt affald

Affald, hvis samlede aktivitetsmængde er større end undtagelsesværdierne¹⁵³, skal opbevares i anlæg, der normalt ikke må anvendes til andre formål. Sundhedsstyrelsen kan

¹⁴⁷ Bek. nr. 670/2019, § 66.

¹⁴⁸ Bek. nr. 670/2019, § 36, stk. 2.

¹⁴⁹ Bek. nr. 669/2019, § 18, stk. 1.

¹⁵⁰ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

¹⁵¹ Bek. nr. 670/2019, § 35, stk. 1.

¹⁵² Bek. nr. 670/2019, § 35, stk. 3.

¹⁵³ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

dog godkende, at der opbevares andet end radioaktivt affald i anlægget, hvis stråleudsættelsen fra det radioaktive affald er ubetydelig. I disse tilfælde skal det radioaktive affald opbevares i en særskilt aflåst enhed i anlægget.¹⁵⁴ Ved opbevaring af flere radionuklider finder formel (2) i afsnit 5.1 anvendelse.

Biologisk affald indeholdende radioaktivt materiale, f.eks. forsøgsdyr der har fået indgivet åbne radioaktive kilder, bør opbevares i en fryser, indtil de kan sendes til forbrænding. Fryseren anses i denne sammenhæng for et specialindrettet anlæg til opbevaring af radioaktivt affald.

10.4. Minimering af stråleudsættelse under håndtering

Flytning af radioaktivt materiale internt i virksomheden, f.eks. mellem isotoplaboratorier og opbevaringsanlæg eller affaldsanlæg, må ikke give anledning til unødvendig stråleudsættelse, og risikoen for uheld under flytningen skal minimeres.¹⁵⁵ Flytning af radioaktivt materiale i områder, hvor mange mennesker opholder sig, bør derfor undgås.

Fremstilling af radionuklider, besiddelse af radioaktivt materiale samt frembringelse af radioaktivt affald skal begrænses til det minimale, der er nødvendigt for anvendelsen.^{156, 157}

Stråleudsættelsen og risikoen for spild og forurening kan minimeres ved på forhånd at foretage en grundig planlægning af håndteringen af de åbne radioaktive kilder. Arbejdet bør planlægges som en række selvstændige trin, der kan udføres hurtigt og sikkert. Alle relevante sikkerhedsforanstaltninger bør altid gennemgås i detaljer som en del af planlægningen. Arbejdsområdet og det nødvendige udstyr bør klargøres forud for håndteringen, og kun de genstande, der er nødvendige for håndteringen, bør findes ved arbejdsområdet.¹⁵⁸ Udstyr bør placeres, så det ikke besværliggør arbejdet. Det anbefales så vidt muligt at udføre alle håndteringer på en spildbakke med absorberende papir med plast bagside, så evt. spild af radioaktivt materiale samles på et begrænset areal. Ved indførelse af nye procedurer er det hensigtsmæssigt forinden at træne disse uden benyttelse af åbne radioaktive kilder.

Både under og efter håndtering af åbne radioaktive kilder skal anlægget holdes ryddeligt, da dette minimerer risikoen for spild og forurening. Anlægget skal dertil holdes rent. Arbejdstageren bør fjerne smykker på udsatte kropsdele forud for håndtering af åbne radioaktive kilder. Under og efter endt håndteringen skal der foretages kontrolmålinger, som beskrevet i afsnit 11.1.

Rengøring af forurening af overflader og hud foretages som beskrevet i henholdsvis afsnit 11.4 og 14.4. Overflader og benyttet udstyr, herunder glasvarer, bør rengøres umiddelbart efter endt håndtering, da udtørrede forureninger kan være vanskelige at fjerne. I tilfælde af spild med åbne radioaktive kilder med kort halveringstid og høj dosishastighed,

¹⁵⁴ Bek. nr. 670/2019, § 35, stk. 2.

¹⁵⁵ Bek. nr. 670/2019, § 33.

¹⁵⁶ Bek. nr. 670/2019, § 32.

¹⁵⁷ Bek. nr. 670/2019, § 34.

¹⁵⁸ Bek. nr. 669/2019, § 53.

kan det dog være hensigtsmæssigt at lade forureningen henfalde før rengøring. Rengøringen skal fortsættes, så længe det giver en effektiv aktivitetsreduktion. Det rengjorte udstyr skal kontrolmåles som beskrevet i kapitel 11 og må ikke sættes på plads, før forureningen er under grænseværdien¹⁵⁹, se afsnit 11.2. Det rengjorte arbejdsområde skal kontrolmåles, inden anlægget forlades. Hænder skal vaskes omhyggeligt, og den stråleudsatte arbejdstager skal kontrolmåles, inden anlægget eller lokalet forlades.

Med passende mellemrum bør der foretages omfattende kontrolmålinger af overflader og genstande i anlæg og andre lokaler, så uopdagede forureninger kan påvises og rengøres. Denne procedure bør beskrives i et kontrolmålingsprogram, se afsnit 11.3.

Minimering af stråleudsættelse

Følgende forholdsregler bør tages for at mindske ekstern og intern bestråling:

- Planlæg arbejdet og klargør arbejdsområdet.
- Hold anlægget ryddeligt både under og efter arbejdet.
- Aftag udsatte smykker, inden håndtering påbegyndes.
- Foretag, så vidt muligt, regelmæssige kontrolmålinger under håndteringen.
- Rengør overflader efter hver håndtering.
- Rengør udstyr, herunder glasvarer, umiddelbart efter endt håndtering og foretag kontrolmålinger, inden udstyr sættes på plads.
- Tag kittel, fodtøj, handsker m.v. af, inden anlægget forlades.

10.4.1. Minimering af ekstern bestråling

Dosis fra ekstern bestråling afhænger af aktivitetsmængden, bestrålingstiden, afskærmningen og afstanden til det radioaktive materiale.

Aktivitetsmængde og bestrålingstid

Det er ikke hensigtsmæssigt at igangsætte en ny operation, hvor der håndteres åbne radioaktive kilder, før den igangværende operation er afsluttet, idet dette medfører større stråleudsættelse. Dertil skal de åbne radioaktive kilder håndteres i kortest muligt tid, og aktivitetsmængden skal begrænses så meget som muligt.

Supplerende løs afskærmning

Hvis det er relevant for radionuklid og strålingstype, og hvis praktisk muligt, bør afskærmning mellem den åbne radioaktive kilde og den stråleudsatte arbejdstager altid anvendes for at minimere stråleudsættelsen. Det bør i hvert enkelt tilfælde vurderes, hvilken type og

¹⁵⁹ Bek. nr. 670/2019, bilag 5.

tykkelse afskærmning der er mest hensigtsmæssig. Afskærmning skal tilpasses den specifikke håndtering af åbne radioaktive kilder, og der bør ikke benyttes mere afskærmning end nødvendigt, da uhensigtsmæssig afskærmning kan besværliggøre håndteringen og øge risikoen for uheld.

Ved afskærmning af radionuklider, der udsender betastråling, kan der dannes *bremsestråling*. Dette er især et problem ved betastråling med høj energi. Mængden af bremsestråling øges med stigende atomnummer af det absorberende materiale. Det er derfor hensigtsmæssigt, at den primære afskærmning er af et materiale med lavt atomnummer, f.eks. plastafskærmning (PMMA), der også har den fordel at være gennemsigtig. Yderligere blyafskærmning på ydersiden af plastafskærmningen kan med fordel benyttes og har til formål at svække bremsestrålingen dannet i plastafskærmningen.¹⁶⁰ Ved radionuklider, der udsender meget svag betastråling, f.eks. H-3, er det dog ikke nødvendigt at benytte afskærmning.

For at reducere stråleudsættelsen af fingrene anbefales det at afskærme glasset eller sprøjten, hvor der findes større aktivitetsmængder af en radionuklid, der udsender betastråling eller gammastråling.

Radionuklider, der udsender gammastråling, kan ikke afskærmes fuldstændigt, men kun svækkes. Det er mest effektivt at benytte blyafskærmning, og det anbefales at bruge en gennemsigtig blyglasafskærmning for bedre at kunne se og udføre håndteringen af den åbne radioaktive kilde. Sprøjtebeskyttere af f.eks. bly kan med fordel benyttes ved håndtering af sprøjter indeholdende større aktivitetsmængder.

Supplerende løs afskærmning

Før håndtering af åbne radioaktive kilder påbegyndes, skal der foretages afskærmningsberegninger, som under arbejdet verificeres ved kontrolmålinger af arbejdsopstilling inkl. den åbne radioaktive kilde og den løse afskærmning.

Radionuklider, der udsender betastråling

- Betastråling afskærmes mest hensigtsmæssigt med en plastafskærmning (PMMA).
- Vær opmærksom på, at afskærmning, især blyafskærmning, kan danne bremsestråling.
- På ydersiden af plastafskærmningen kan der, hvis relevant, benyttes en blyafskærmning.
- Ved håndtering af sprøjter indeholdende større aktivitetsmængder kan sprøjtebeskyttere benyttes.

¹⁶⁰Helsefysik, Per Hedemann Jensen, 2012, s. 406-408.

Radionuklider, der udsender gammastråling

- Gammastråling kan ikke afskærmes fuldstændigt, men kun svækkes.
- Gammastråling afskærmes mest effektivt med bly.
- Ved behov kan blyafskærmning omkring beholderen med det radioaktive materiale benyttes.
- En gennemsigtig blyglasafskærmning anbefales.
- Ved håndtering af sprøjter indeholdende større aktivitetsmængder kan sprøjtebeskyttere benyttes.

På www.sis.dk findes datablade for hyppigt anvendte radionuklider. I databladene er der bl.a. angivet tykkelse af udvalgte materialer for fuldstændig afskærmning af betastråling og for halvering af gammastråling. Andre radionuklider kan findes i radionuklidhåndbogen.¹⁶¹

Afstand til det radioaktive materiale

Afstanden til det radioaktive materiale har stor betydning for stråleudsættelsen af arbejdstageren, da dosishastigheden generelt vil falde med øget afstand til det radioaktive materiale. For en punktkilde der udsender elektromagnetisk stråling, f.eks. gammastråling, vil dosishastigheden aftage med kvadratet af afstanden. Dvs. hvis afstanden til den åbne radioaktive kilde fordobles, vil dosishastigheden mindskes til en fjerdedel, se bilag B. Derfor skal der holdes størst mulig afstand til det radioaktive materiale. Åbne radioaktive kilder, der ikke umiddelbart skal benyttes, placeres bagerst i beskyttelseskabinettet eller ved opbevaringsstedet. Stråleudsættelsen af arbejdstageren kan ligeledes mindskes ved at anvende værktøj, der giver afstand til det radioaktive materiale, f.eks. tang eller pincet.

Minimering af ekstern bestråling

Følgende forholdsregler bør tages for at mindske ekstern bestråling:

- Håndter det radioaktive materiale i kortest mulig tid.
- Benyt så små aktivitetsmængder som muligt.
- Igangsæt ikke en ny operation før den igangværende operation er afsluttet.
- Benyt afskærmning, hvis relevant for radionuklid og strålingstype og hvis praktisk muligt.

¹⁶¹ Radionuclide and Radiation Protection Data Handbook 2002.

- Hold så stor afstand til det radioaktive materiale som muligt evt. under anvendelse af afstandsværktøj, f.eks. tang eller pincet.

10.4.2. Minimering af risiko for intern bestråling

Brug af åbne radioaktive kilder medfører en risiko for intern bestråling forårsaget af indtag gennem munden, indånding eller optag af radioaktivt materiale gennem ubeskadiget hud eller sår. Årsagen til optag af radioaktivt materiale i kroppen er oftest uopdaget forurening på huden fra spild.

Indtag gennem mund

Indtag af føde- eller drikkevarer, påføring af kosmetik, rygning m.v. er forbudt i områder med radioaktivt materiale, da dette kan føre til indtag af radioaktivt materiale. Vær desuden opmærksom på ikke at berøre mundregionen med fingre, penne m.v. Benyttelse af maske, briller m.v. kan forhindre indtag som følge af stænk, berøring af mundregionen e.l.

Indånding

Indånding af radioaktivt materiale minimeres ved at opbevare det radioaktive materiale i forseglede beholdere, når det ikke håndteres. Alle flasker, kolber eller andre beholdere, der indeholder åbne radioaktive kilder, skal lukkes forsvarligt.¹⁶² Når luftbåret radioaktivt materiale skal håndteres, skal dette gøres i et beskyttelseskabinet.¹⁶³ Åbne radioaktive kilder og udstyr bør opbevares i den bageste del af beskyttelseskabinetet, og arbejdsområdet placeres i passende afstand til kabinettets åbning. Under arbejdet bør kabinetåbningen holdes så lille som muligt, så indånding af luftbåret radioaktivt materiale undgås. Før håndtering og opbevaring i beskyttelseskabinetter skal det kontrolleres, at udsugningen virker optimalt. Ved arbejdsprocesser, der kan medføre indånding af radioaktivt materiale, kan åndedrætsværn desuden benyttes.

Optag

Optag gennem huden undgås ved at benytte værktøj, der forhindrer hudkontakt med det radioaktive materiale, og ved at undgå luftbåret radioaktivt materiale. Yderligere beskyttelse opnås ved benyttelse af relevante personlige værnemidler, f.eks. kitler og handsker, som beskrevet i afsnit 10.6. Handsker skal skiftes jævnligt, da de let kan blive gennemtrængelige ved længere tids kontakt med kemiske forbindelser, og handskerne skal skiftes straks ved spild eller mistanke om forurening. Ved beskadigelse af hud bør det overvejes, om arbejdet med åbne radioaktive kilder kan udsættes, indtil huden er helet. Hvis dette ikke er muligt, skal sår og rifter tildækkes, før handsker påføres og arbejdet påbegyndes.

Benyttelse af skarpe objekter bør undlades, og sprøjter bør håndteres med forsigtighed for at undgå stikskader.

¹⁶² Bek. nr. 670/2019, § 35, stk. 5.

¹⁶³ Bek. nr. 670/2019, § 67, stk. 3.

Minimering af risiko for intern bestråling

Følgende forholdsregler bør tages for at mindske intern bestråling:

- Indtag ikke drikke- eller fødevarer, påfør ikke kosmetik og ryg ikke i områder med radioaktivt materiale.
- Undgå at berøre mundregionen med f.eks. fingre, penne eller blyanter.
- Håndter luftbåret radioaktivt materiale i egnet beskyttelseskabinet.
- Anvend altid relevante personlige værnemidler.
- Skift jævnligt handsker.
- Tildæk sår og rifter.

10.5. Dyreforsøg

Dyreforsøg skal planlægges, så forurening minimeres. Det kan gøres ved at afdække f.eks. borde, vægtskåle og overflader, der kan blive forurenede.¹⁶⁴ Det kan overvejes at bedøve dyrene i forbindelse med indgiften for at minimere risikoen for uheld og forurening. Ved arbejde med dyr, der har fået indgivet åbne radioaktive kilder, er det vigtigt at være opmærksom på, at radioaktivt materiale udskilles via afføring, urin og evt. udåndingsluften. Der bør derfor altid vælges ikke-støvende materiale som strøelse for at minimere risikoen for indånding eller indtag af radioaktivt materiale. Hvis der er tale om betydelige aktivitetsmængder af f.eks. H-3 og C-14, der udledes via dyrenes udåndingsluft, bør burene med dyrene anbringes i egnede beskyttelseskabinetter.¹⁶⁵ Der er risiko for forurening af huden gennem kontakt med dyrenes ekskrementer, derfor skal handsker og kittel eller overtrækstøj altid benyttes ved dyreforsøg.¹⁶⁶ Forurening via sår, bid eller rifter skal ligeledes undgås ved at benytte personlige værnemidler, se afsnit 10.6.

Dyrene må kun være ude af burene i den tid, der er nødvendig for håndteringen. For at undgå, at ikke-radioaktive dyr forurennes, skal disse holdes adskilt fra dyr indgivet med radioaktivt materiale f.eks. ved opstaldning i separate bure.¹⁶⁷ Bure skal jævnligt, samt efter endt anvendelse, kontrolmåles og rengøres.¹⁶⁸ Det skal vurderes, hvorvidt forurenede strøelse, ekskrementer og vand fra afvaskning af bure samt aflivede dyr skal behandles som radioaktivt affald. Vurderingen estimeres ud fra aktivitetsmængder i strøelse, aflivede dyr m.v.

¹⁶⁴ Bek. nr. 670/2019, § 67, stk. 1.

¹⁶⁵ Bek. nr. 670/2019, § 67, stk. 3.

¹⁶⁶ Bek. nr. 670/2019, § 67, stk. 2.

¹⁶⁷ Bek. nr. 670/2019, § 67, stk. 4.

¹⁶⁸ Bek. nr. 670/2019, § 71.

Mærkning af bure eller båse

Bure eller båse, hvori der er opstaldet dyr, der har fået indgivet radioaktivt materiale med en samlet aktivitet, der overstiger undtagelsesværdierne¹⁶⁹, skal være mærket med:

- Symbol for ioniserende stråling
- Teksten "Radioaktivitet"
- Radionuklid
- Aktivitetsmængde
- Dato
- Navn på kontaktperson.

10.6. Benyttelse af personlige værnemidler

For at minimere risikoen for forurening af huden bør der ved arbejde med åbne radioaktive kilder altid bæres lukket kittel eller overtrækstøj med lange ærmer og lukkede sko.

Herudover skal der altid bæres handsker, hvis der er risiko for forurening af hænderne.¹⁷⁰ Mange kemikalier kan trænge gennem huden. En forurening direkte på huden medfører derfor ikke kun ekstern bestråling, men kan optages i kroppen og dermed føre til intern bestråling. Der bør vælges gummi- eller plastikhandsker, som er modstandsdygtige over for de kemiske forbindelser, der arbejdes med. Følg handskeproducentens anbefalinger ved valg af handsker. Handsker bør skiftes hyppigt, da de let kan blive gennemtrængelige ved længere tids kontakt med kemiske forbindelser, og handskerne skal skiftes straks ved spild eller mistanke om forurening. For at mindske risikoen for forurening bør det planlægges, hvor i anlægget handsker skal benyttes, og hvor de ikke må benyttes. F.eks. bør tastaturer, haner, afbrydere, håndtag m.v. ikke berøres med handsker, medmindre dette er tydeligt angivet.

Hvor relevant skal der desuden benyttes overtrækssko, beskyttelsesbriller, maske, ånde-drætsværn, ansigtsskærm m.v. Personlige værnemidler skal aftages, inden anlægget forlades. Både før og efter ophold i type A og B isotoplaboratorier skal kitler og fodtøj skiftes i forrummet eller overgangszonen til anlægget.¹⁷¹

¹⁶⁹ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

¹⁷⁰ Bek. nr. 670/2019, § 67, stk. 2.

¹⁷¹ Bek. nr. 670/2019, § 68.

11. Kontrolmåling, rengøring og afvikling

Ved arbejde med åbne radioaktive kilder skal der forefindes egnet måleudstyr, f.eks. forureningsmonitorer, til påvisning af forurening af arbejdstagere, overflader og genstande med radioaktivt materiale og til vurdering af omfanget af forureningen. Hvis det er relevant, skal der desuden forefindes udstyr til måling af dosishastighed til overvågning af arbejdsmiljøet.

I tilfælde af spild bør rengøring udføres hurtigst muligt og skal fortsættes så længe, der opnås en effektiv aktivitetsreduktion, se afsnit 11.4. Ved spild med åbne radioaktive kilder med kort halveringstid og høj dosishastighed, kan det dog være hensigtsmæssigt at lade forureningen henfalde før rengøring.

Bygninger, anlæg og andre lokaler, der har været anvendt til brug af åbne radioaktive kilder, skal efter endt brug afvikles, som beskrevet i afsnit 11.5.

11.1. Kontrolmåling

For at kunne påvise eventuelle forureninger er det vigtigt, at der forefindes måleudstyr, som kan påvise de radionuklider, der arbejdes med. Arbejdes der med flere typer af radionuklider, kan det være nødvendigt med flere slags måleudstyr.

Under håndteringen skal der, så vidt muligt, foretages regelmæssige kontrolmålinger, så forurening af kroppen, overflader og genstande påvises hurtigst muligt og stråleudsættelsen minimeres. For at undgå at evt. forurening spredes, skal kitler, overtrækstøj, hænder, overflader og genstande kontrolmåles efter hver afsluttet håndtering. Der skal desuden foretages kontrolmåling af arbejdstagere og genstande, der forlader eller fjernes fra et anlæg, hvori der har været anvendt åbne radioaktive kilder over undtagelsesværdierne¹⁷².¹⁷³ Ved arbejde med H-3 er det ikke muligt at påvise forurening ved direkte måling, og i dette tilfælde skal der i stedet tages aftørningsprøver efter endt håndtering, se afsnit 11.1.2.

11.1.1. Måleudstyr

Måleudstyr skal være i god og teknisk forsvarlig stand og skal med passende interval, som udgangspunkt årligt eller som producenten foreskriver, kontrolleres for korrekt visning.¹⁷⁴ Ofte kan kontrollen for korrekt visning udføres som en funktionstest, hvor brugeren på systematisk vis kontrollerer f.eks. måleresultatet ved en kendt kilde med kendt aktivitetsmængde, lyden på måleudstyret og dets batteriniveau. Dertil kan funktionstesten

¹⁷² Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

¹⁷³ Bek. nr. 670/2019, § 71, stk. 1.

¹⁷⁴ Bek. nr. 669/2019, § 55, stk. 1.

suppleres med en baggrundsmåling på et kendt sted med primært naturlig baggrundsstråling for at sikre, at måleudstyret ikke viser et uventet måleresultat, f.eks. grundet forurening af måleudstyret. Måleresultaterne bør sammenlignes med tidligere måleresultater for at bekræfte, at måleudstyret er i god stand og viser et forventet resultat. Funktionstesten bør med passende mellem, f.eks. hvert 5. år, udføres som en kontrol i et sporbart laboratorium. Der bør desuden foretages en funktionstest inden måleudstyret tages i brug første gang.¹⁷⁵ Funktionstest af måleudstyr bør beskrives i en procedure, se kapitel 16.

Ved ukorrekt visning kan det være nødvendigt at foretage en sporbar kalibrering af måleudstyret. Det skal til enhver tid være muligt at se, hvornår måleudstyret sidst er kontrolleret, samt hvornår næste kontrol skal finde sted.¹⁷⁶

Konstateres der fejl ved måleudstyr, skal virksomheden (strålebeskyttelseskoordinatoren) straks underrettes.¹⁷⁷ Arbejde med åbne radioaktive kilder må ikke foregå, så længe der ikke er egnede udstyr til påvisning af forurening.

Til kontrolmåling bør der benyttes forureningsmonitorer, der er egnede til de radionuklider, der bruges. En forureningsmonitor bestemmer typisk den overfladespecifikke aktivitetskoncentration med enheden Bq/cm², og måleresultatet kan herved bruges til sammenligning med de af Sundhedsstyrelsen fastsatte grænseværdier for tilbageværende forurening, se afsnit 11.2.

Dosishastighedsmålere kan som supplement benyttes til at vurdere strålingsniveauet og kan for nogle radionuklider give en indikation af, hvorvidt der er en forurening på en overflade eller genstand, f.eks. handsker, samt placeringen af denne forurening. Dosishastighedsmålere er desuden velegnede til at monitorere arbejdsmiljøet under håndtering.

Forureningsmonitorer

Da forureningsmonitorer har meget forskellig følsomhed afhængig af, om der er tale om alfa-, beta- eller gammastråling og af energien heraf, skal valg af forureningsmonitor og indstillingen af denne være omhyggelig. Det kan være nødvendigt med flere forureningsmonitorer.

Ved måling af overfladespecifikke aktivitetskoncentrationer på arealer, der ikke svarer til størrelsen på forureningsmonitoren vindue, vil der ofte opnås en over- eller underestimering af måleresultatet. Dette skyldes bl.a., at forureningsmonitorer almindeligvis tager gennemsnittet over hele monitoren vindue. For punktforureninger, f.eks. stænk eller dråbespild, vil dette som udgangspunkt medføre en underestimering af den overfladespecifikke aktivitetskoncentration. Målinger med forureningsmonitorer bør derfor anvendes som indikationsmålinger og ikke præcisionsmålinger.

Forureningsmonitorer skal være fast inventar eller som minimum let tilgængelige i type C isotoplaboratorier. Ved tilstødende laboratorier kan det være tilstrækkeligt, at disse deles

¹⁷⁵ NPL, Good Practice Guide No. 14.

¹⁷⁶ Bek. nr. 669/2019, § 56.

¹⁷⁷ Bek. nr. 669/2019, § 55, stk. 2.

om en forureningsmonitor. I type B isotoplaboratorier skal der være adgang til en forureningsmonitor. Der bør være en forureningsmonitor i både anlægget og forrummet/overgangszonen, hvor dette er relevant, så arbejdstagerne let kan kontrolmåles. Ved håndtering af åbne radioaktive kilder i andre lokaler end anlæg, skal en forureningsmonitor ligeledes være til rådighed.¹⁷⁸

11.1.2. Aftørningsprøver

H-3 udsender meget svag betastråling, og det er derfor ikke muligt at påvise forurening med H-3 med en forureningsmonitor eller en dosishastighedsmåler. Forurening påvises i stedet ved måling på aftørningsprøver. En aftørningsprøve udføres ved at aftørre et område med et glasfilterpapir fugtet med solvent, eksempelvis vand. Det er hensigtsmæssigt at vælge samme arealstørrelse ved aftørring af områder, f.eks. 10 cm x 10 cm. Glasfilterpapiret overføres herefter til et tælleglas, der tilsættes scintillationsvæske og måles i en væskescintillationstæller. Der skal altid foretages en baggrundstælling som reference.

I anlæg, hvor der er et højt strålingsniveau fra det radioaktive materiale, der håndteres og opbevares, kan det være vanskeligt at påvise en forurening af overflader med andre radionuklider ved direkte kontrolmålinger. I sådanne situationer er det muligt at få en indikation af løstsiddende forurening ved hjælp af aftørningsprøver, som bringes til en forureningsmonitor, der er placeret et sted med lav baggrundsstråling. Ved mistanke om fastsiddende forurening er det nødvendigt at fjerne eller afskærme alt radioaktivt materiale i anlægget forud for kontrolmålingen.

11.2. Grænseværdier for tilbageværende forurening

Der er fastsat grænseværdier for tilbageværende forurening i bygninger og anlæg samt på overflader og genstande. Disse grænseværdier er angivet som overfladespecifikke aktivitetskoncentrationer med enheden Bq/cm².

Der skelnes mellem grænseværdier for frigivelse af bygninger, anlæg og genstande til andet formål, og grænseværdier for tilbageværende forurening af overflader og genstande i forbindelse med brug af åbne radioaktive kilder.¹⁷⁹ Grænseværdierne for tilbageværende forurening af overflader og genstande afhænger af, om brugen af åbne radioaktive kilder foregår i et kontrolleret område eller i et område, der enten er overvåget eller ikke er klassificeret. Grænseværdierne for de hyppigst anvendte radionuklider er angivet i Tabel 8. Der gøres opmærksom på, at grænseværdierne for frigivelse er identiske med grænseværdierne for tilbageværende forurening i overvågede områder og områder, der ikke er klassificeret.

¹⁷⁸ Bek. nr. 670/2019, § 69.

¹⁷⁹ Bek. nr. 670/2019, bilag 5.

Tabel 8
Grænseværdier for
overfladespecifik
aktivitetskoncentration
af forurening for de
hyppigst anvendte
radionuklider

Radio-nuklid	Frigivelse af bygninger, anlæg og genstande til andet formål	Overflader og genstande i overvågede områder og områder, der ikke er klassificerede	Overflader og genstande i kontrollerede områder
	[Bq/cm ²]	[Bq/cm ²]	[Bq/cm ²]
H-3	1.000	1.000	100.000
C-14	1.000	1.000	10.000
P-32	100	100	1.000
S-35	1.000	1.000	5.000
I-125	50	50	500

Ved blandinger af radionuklider er de ovenfor nævnte kriterier for tilladelig tilbageværende forurening opfyldt, når aktivitetskoncentrationsindekset (I_{AK}) er mindre end eller lig med 1. I_{AK} beregnes ved brug af formel (1) i afsnit 5.1, hvor $AK_{U,k}$ henviser til grænseværdierne for frigivelse og forurening ved forurening af anlæg, overflader og genstande¹⁸⁰.

Der er ikke fastsat grænseværdier for hudforurening. Ved hudforurening udføres rengøring så længe, det giver en effektiv aktivitetsreduktion, se afsnit 14.4. Værdierne i bilag E kan anvendes til at vurdere dosis fra en tilbageværende hudforurening.

11.3. Program for kontrolmålinger

Den påkrævede instruks om anvendelse, håndtering, opbevaring m.v. af åbne radioaktive kilder, se afsnit 10.1, bør indeholde et program for udførelse af kontrolmålinger, der sikrer dels, at arbejdstagere, udsatte overflader og genstande kontrolmåles efter hver endt håndtering og dels, at der jævnligt, f.eks. kvartalsvist, foretages omfattende kontrolmålinger af både udsatte og ikke-udsatte overflader og genstande i alle anlæg og lokaler, hvori der håndteres eller opbevares radioaktivt materiale. Kontrolmålinger i forbindelse med frigivelse af bygninger, anlæg og andre lokaler er beskrevet i afsnit 11.5.

Ofte forurenede overflader og genstande

Nedenfor er der givet eksempler på overflader og genstande, på hvilke der ofte konstateres forurening efter brug af åbne radioaktive kilder.

- Håndvaske, armaturer, vægge bag og gulvareal omkring håndvaske og den øverste del af afløbet

¹⁸⁰ Bek. nr. 670/2019, bilag 5.

- Arbejdsborde, rulleborde og beskyttelseskabinetter
- Centrifuger, inkubatorer, magnetomrørere, rørholdere, pipetter, pipettestativer, varmeblokke og bade
- Opbevaringssteder til åbne radioaktive kilder og radioaktivt affald, eksempelvis køleskabe og frydere
- Lysafbrydere, stikkontakter, tastaturer, computermus og arbejdsmapper
- Håndtag på døre og skabe.

De udførte kontrolmålinger skal kunne dokumenteres og bør derfor registreres i en protokol. Dokumentation for udførte kontrolmålinger skal opbevares i minimum 5 år.¹⁸¹

Protokol over kontrolmålinger

Af protokollen over kontrolmålinger bør følgende oplysninger fremgå:

- Radionuklid
- Hvornår og hvor målingen er blevet udført
- Måleresultat samt resultat af baggrundsmåling
- Hvilket måleudstyr, der blev benyttet
- Navn på den, der udførte målingen.

11.4. Rengøring af forurenede overflader m.v.

Enhver forurening skal som udgangspunkt fjernes hurtigst muligt, da forurening øger stråleudsættelsen, og gamle forureninger kan være svære at fjerne. Ved spild med åbne radioaktive kilder med kort halveringstid og høj dosishastighed, kan det dog være hensigtsmæssigt at lade forureningen henfalde før rengøring.

Spild af radioaktivt materiale på overflader eller genstande skal opsuges med absorberende papir. Aftørringen skal foretages mod centrum af forureningen for at undgå spredning – brug handsker og evt. en tang eller pincet. For at lette rengøringen kan der bruges en detergent eller "carrier", dvs. en ikke-radioaktiv opløsning af den samme kemiske forbindelse som forureningen. Rengøringsproceduren skal fortsætte så længe, det giver en

¹⁸¹ Bek. nr. 670/2019, § 72.

effektiv aktivitetsreduktion.¹⁸² Forureninger bør altid fjernes helt, men da dette i praksis kan være vanskeligt, gælder der for overflader og genstande, at den tilbageværende forurening ikke må være større end den overfladespecifikke grænseværdi^{183, 184}. Grænseværdierne for forurening af overflader og genstande i og uden for kontrollerede områder for de hyppigst anvendte radionuklider er angivet i Tabel 8 i afsnit 11.2.

For en blanding af radionuklider skal formel (1) i afsnit 5.1 benyttes. Der skal så vidt muligt benyttes målemetoder, der gør det muligt at skelne mellem de enkelte radionuklider. Det kan anbefales at søge rådgivning hos en strålebeskyttelsesekspert.

Forurening af overflader

Rengøringsproceduren skal som minimum indeholde følgende:

- Sørg for, at forureningen bliver i anlægget og undgå spredning til andre overflader eller tøj, hud m.v.
- Læg absorberende papir eller granulat over det spildte.
- Brug altid handsker, og tang hvor relevant, og aftør området med absorberende papir. Brug evt. en "carrier"-opløsning.
- Aftør altid mod centrum af forureningen for at minimere spredningen.
- Vask efter med sæbeopløsning.
- Kontrolmål det rengjorte område. Konstateres der stadig forurening, fortsæt da rengøringen, så længe det giver en effektiv aktivitetsreduktion.
- Bortskaf forurenede rengøringsremedier (klude, papir m.v.) som radioaktivt affald.

Hvis forureningen af overflader og genstande ikke kan fjernes helt, må den tilbageværende forurening ikke overstige grænseværdien for forurening^{185, 186}. Kan forureningen ikke bringes under grænseværdien, skal den forurenede overflade eller genstand afskærmes eller udskiftes og, hvis relevant, bortskaffes som radioaktivt affald.¹⁸⁷

Forholdsregler ved personforureninger er beskrevet i afsnit 14.4.

¹⁸² Bek. nr. 670/2019, § 11, stk. 1, pkt. 3.

¹⁸³ Bek. nr. 670/2019, bilag 5.

¹⁸⁴ Bek. nr. 670/2019, § 71, stk. 3.

¹⁸⁵ Bek. nr. 670/2019, bilag 5.

¹⁸⁶ Bek. nr. 670/2019, § 71, stk. 3.

¹⁸⁷ Bek. nr. 670/2019, § 71, stk. 4.

11.5. Afvikling af bygninger, anlæg og andre lokaler

Frigivelse af bygninger og anlæg kræver Sundhedsstyrelsens forudgående godkendelse bortset fra frigivelse af anlæg, der ikke er registreringspligtige.¹⁸⁸ Forud for afviklingsarbejdet bør virksomheden udarbejde en plan for afvikling, der skal sikre, at afviklingen kan udføres strålebeskyttelsesmæssigt forsvarligt for alle involverede arbejdstagere. Hvis brugen af åbne radioaktive kilder i forbindelse med afviklingen er omfattet af krav om tilladelse, se afsnit 5.1, skal afviklingen beskrives i en sikkerhedsvurdering. IAEA har udarbejdet en guide, der beskriver processen for afvikling, indhold af afviklingsplan og sikkerhedsvurdering for afvikling¹⁸⁹, som det anbefales at følge.

Bygninger, anlæg, andre lokaler og genstande kan frigives, hvis den overfladespecifikke eller massespecifikke aktivitetskoncentration er mindre end eller lig med grænseværdien for frigivelse¹⁹⁰. Grænseværdier for frigivelse er givet i Tabel 8 i afsnit 11.2 for de hyppigst anvendte radionuklider.

For en blanding af radionuklider skal formel (1) i afsnit 5.1 benyttes. Der skal så vidt muligt benyttes målemetoder, der gør det muligt at skelne mellem de enkelte radionuklider. Det kan anbefales at søge rådgivning hos en strålebeskyttelsesekspert.

Uanset om forureningsniveauet er under grænseværdien, skal løstsiddende forurening så vidt muligt fjernes inden frigivelsen. Rengøringen skal fortsætte, så længe det giver en effektiv aktivitetsreduktion.¹⁹¹

Når alle åbne radioaktive kilder og radioaktivt affald er bortskaffet eller overdraget, og anlægget er rengjort, skal der foretages kontrolmålinger for at sikre, at alle overflader og genstande er fri for forurening med radioaktivt materiale. Kontrolmåling er ikke nødvendig, hvis det kan dokumenteres ved beregning, at evt. forurening vil henfalde til under niveauet for frigivelse¹⁹² inden for afviklingsperioden.

Kontrolmåling ved afmelding af anlæg

Ved afmelding af anlæg skal det sikres, at alle overflader, også dem som ikke er umiddelbart tilgængelige, er fri for løstsiddende forurening, og at evt. tilbageværende forurening er under grænseværdien for frigivelse¹⁹³. Overflader i afløbs- og ventilationssystemer kan være særligt udsatte for forurening og skal, hvis relevant, derfor også kontrolmåles.

Vandlås

- Kontrolmåling for forurening med radionuklider, der udsender gammastråling, i vandlåsen kan normalt foretages direkte på ydersiden af vandlåsen.

¹⁸⁸ Bek. nr. 670/2019, § 11, stk. 2.

¹⁸⁹ IAEA Specific Safety Guide No. SSG-49.

¹⁹⁰ Bek. nr. 670/2019, bilag 5.

¹⁹¹ Bek. nr. 670/2019, § 11, stk. 1, pkt. 3.

¹⁹² Bek. nr. 670/2019, bilag 5.

¹⁹³ Bek. nr. 670/2019, bilag 5.

- Kontrolmåling for forurening med radionuklider, der ikke udsender gammastråling, men udsender svag betastråling eller alfastråling, kræver, at der udføres aftøringsprøver inde i vandlåsen.
- Ved tvivl om hvorvidt forureningen af en vandlås overskrider grænseværdien, bør denne bortskaffes som radioaktivt affald.

Ventilationskanal

- Kontrolmåling for forurening med radionuklider, der udsender gammastråling, i ventilationskanalen kan normalt foretages direkte på ydersiden af ventilationskanalen.
- Kontrolmåling for forurening med radionuklider, der ikke udsender gammastråling, men udsender svag betastråling, udføres ved måling på aftøringsprøver fra indersiden af ventilationskanalen.
- Evt. filtre på beskyttelseskabinetter skal kontrolmåles. Konstateres der forurening af filtre, skal disse bortskaffes som radioaktivt affald.

Kontrolmåling på filtre eller udførelse af aftøringsprøver inden i vandlås og ventilationskanaler, der kræver demontering af dele af afløbs- eller ventilationskanalen, vil ofte nødvendiggøre assistance fra en tekniker. Teknikeren skal forinden instrueres i forholdsregler ved arbejdet, bl.a. om benyttelse af personlige værnemidler, samt oplyses om risikoen forbundet med arbejdet.

Registrerede anlæg må ikke benyttes til andre formål, før de er kontrolmålt og afmeldt i Sundhedsstyrelsens register for strålekilder og anlæg, se afsnit 5.8. Bemærk, at et anlæg først kan frigives til andet formål, når Sundhedsstyrelsen har kvitteret for afmeldingen.

Tidsrummet for afviklingen afhænger bl.a. af de radionuklider, der har været håndteret, anvendelsen, anlæggets indretning og den valgte afviklingsmetode. Tidsrummet kan strække sig fra få uger for afvikling af mindre isotoplaboratorier, hvor der har været håndteret radionuklider med kort halveringstid, og op til flere år for afvikling af store forskningslaboratorier, hvor der har været håndteret store aktivitetsmængder, der kan have givet anledning til forurening af både anlægget og ventilationssystemet.

12. Radioaktivt affald

Radioaktivt materiale uden forudset anvendelse er radioaktivt affald. Radioaktivt affald skal bortskaffes så hurtigt som rimeligt muligt og må maksimalt stå til henfald i 1 år.¹⁹⁴ Virksomheden kan bortskaffe radioaktivt affald ved udledning. Radioaktivt affald, der ikke udledes af virksomheden, skal overdrages til en anden virksomhed, der kan behandle og udlede affaldet eller lagre det med henblik på deponering. Deponering skal foretages af virksomheder, der er særligt udpeget hertil.¹⁹⁵

Bortskaffelse og overdragelse af radioaktivt affald har fra en virksomheds perspektiv samme funktion – nemlig at fjerne affaldet fra virksomheden. Bortskaffelse og overdragelse er dog forskellige former af brug, der er underlagt forskellige myndighedskrav, se afsnit 5.1. Når en virksomhed overdrager radioaktivt affald, bliver affaldet ikke bortskaffet (udledt) af virksomheden.

Det radioaktive affald skal være egnet til den valgte bortskaffelsesmetode.¹⁹⁶ Hvis det radioaktive affald ikke er egnet til udledning, eller hvis aktivitetskoncentrationer og/eller aktivitetsmængder er for høje, skal det radioaktive affald deponeres.¹⁹⁷

12.1. Affaldsveje i Danmark

Bortskaffelse af radioaktivt affald kan kræve flere trin og følge flere veje. En virksomhed kan enten udlede radioaktivt affald eller overdrage det til en anden virksomhed, der kan behandle og udlede affaldet eller lagre det med henblik på deponering. Virksomheder, der kan behandle og udlede radioaktivt affald, er f.eks. affaldsforbrændingsanlæg, mens Dansk Dekommissionering er udpeget til at lagre radioaktivt affald, før det skal deponeres. Virksomheden kan også lagre radioaktivt affald i op til 1 år med henblik på henfald og efterfølgende frigivelse.

I forbindelse med overdragelse bør der foreligge en aftale mellem virksomheden og modtageren, f.eks. et forbrændingsanlæg, om, at de vil modtage det radioaktive affald. Ved transporten af det radioaktive affald skal regler for transport overholdes, se kapitel 15.

Figur 3 viser en oversigt over veje for bortskaffelse eller overdragelse af radioaktivt affald fra en typisk virksomheds brug af åbne radioaktive kilder.

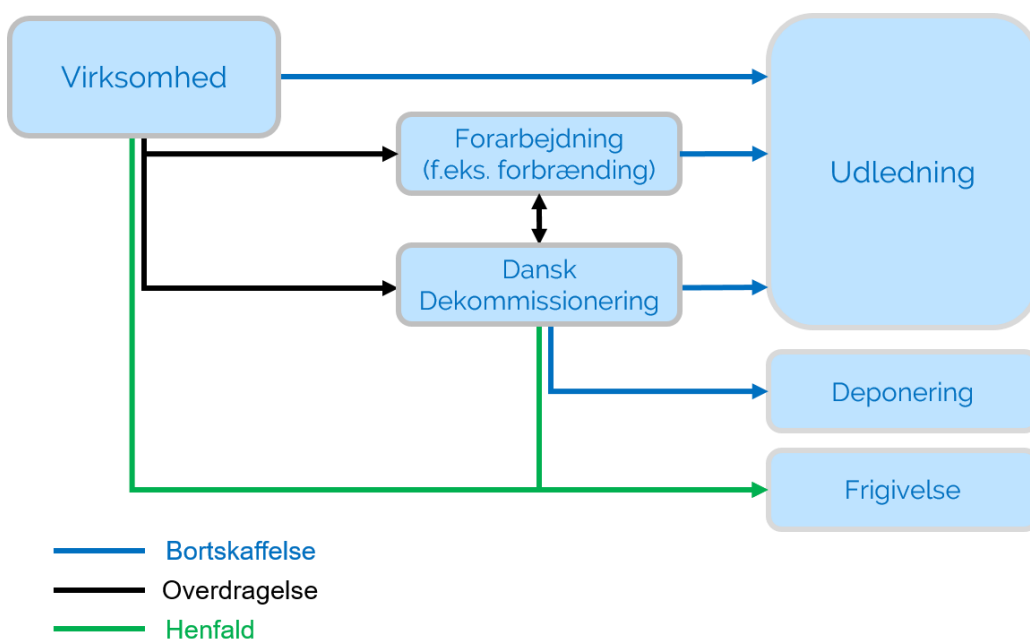
¹⁹⁴ Bek. nr. 670/2019, § 24, stk. 1-2.

¹⁹⁵ Bek. nr. 670/2019, § 28, stk. 1.

¹⁹⁶ Bek. nr. 670/2019, § 25.

¹⁹⁷ Bek. nr. 670/2019, § 27, stk. 1.

Figur 3
Oversigt over bortskaffelse af radioaktivt affald og overdragelse af radioaktivt materiale



12.2. Udledning

Ved udledning af radioaktivt affald ledes flydende eller luftformigt radioaktivt affald til det omgivende miljø i et udledningspunkt, f.eks. ved tilløb til offentlig kloak eller for enden af en ventilationsafkastskanal.

Luftformigt radioaktivt affald kan udledes via ventilationsafkast på virksomheden. Derudover kan både fast og flydende affald udledes som luftformigt affald efter forbrænding på forbrændingsanlæg. Forbrænding af radioaktivt affald bør som udgangspunkt kun foretages, hvis forbrændingen sikrer, at det radioaktive materiale bliver luftformigt og dermed kan udledes.

Flydende radioaktivt affald kan udledes via afløb til offentlig kloak. Flydende radioaktivt affald kan være uegnet til udledning, hvis det indeholder stoffer, der i henhold til anden lovgivning ikke tillader udledning, eller hvis indholdet af radionuklider kan forventes at udfældes i vandmiljøet. Det kan f.eks. dreje sig om radioaktivt affald fra væskescintillationsmåling, der indeholder organiske opløsningsmidler.

12.3. Plan for radioaktivt affald

Virksomheden bør udarbejde en plan for udledning eller overdragelse af det radioaktive affald, inden anskaffelsen af åbne radioaktive kilder. Planen bør omfatte karakterisering

af det radioaktive affald og beskrive, hvordan de enkelte typer af affald udledes eller overdrages.¹⁹⁸

Karakterisering af radioaktivt affald

Karakteriseringen bør bl.a. omfatte:

- Generel beskrivelse af affaldet (bestanddele, tilstandsform)
- Radionuklidsammensætning i affaldet
- Aktivitetskoncentration af de forskellige radionuklider i affaldet
- Aktivitetsmængde af de forskellige radionuklider i affaldet
- Beskrivelse, hvor relevant, af *affaldsenheder* (form, størrelse, poser, beholdere, vægt).

Udledning eller overdragelse

Beskrivelsen af udledning eller overdragelse bør omfatte:

- Affaldsveje (normal renovation, udledning, opbevaring med henblik på henfald, overdragelse)
- Udledningspunkter (kloak, skorsten), hvor relevant
- Udledningshyppighed, hvor relevant.

Det kan være en del af planen at opbevare radioaktivt affald med henblik på at nedbringe aktivitetsmængden ved henfald. Dog må radioaktivt affald maksimalt stå til henfald i 1 år.¹⁹⁹ Opbevaring med henblik på henfald er hovedsagligt relevant for radionuklider med kort halveringstid, f.eks. P-32.

12.4. Behandling af radioaktivt affald på virksomheden

Behandlingen af det radioaktive affald skal sikre, at affaldet kan udledes eller overdrages som anvist i virksomhedens plan for radioaktivt affald. Der skal forefindes en instruks, der beskriver behandlingen af radioaktivt affald i forbindelse med udledning og overdragelse, se afsnit 10.1.²⁰⁰

¹⁹⁸ IAEA, General Safety Guide No. GSG-9, A-22.

¹⁹⁹ Bek. nr. 670/2019, § 24, stk. 2.

²⁰⁰ Bek. nr. 670/2019, § 65.

Som en del af behandlingen af radioaktivt affald er det vigtigt, at der sker en sortering af affaldet allerede i anlægget. Affaldsenheder (poser, beholdere) kan sorteres på baggrund af aktivitetskoncentrationer, aktivitetsmængder, fysiske og kemiske egenskaber og planlagte affaldsveje. Virksomheden kan evt. omdanne affaldet, f.eks. ved at bringe flydende affald på fast form, hvis det fremmer den videre proces.

I bilag F findes et beslutningsdiagram for udledning og overdragelse af hhv. affald egnet til udledning og fast affald. Flydende og luftformigt radioaktivt affald, der ikke er egnet til udledning, er ikke medtaget i bilag F. Denne type affald samt fast affald skal overdrages. Kravene angivet i bilag F og eksempler på deres anvendelse er gengivet nedenfor.

12.4.1. Bortskaffelse undtaget fra krav

Affald med meget begrænsede aktivitetskoncentrationer og aktivitetsmængder kan bortskaffes uden, at der stilles krav om strålebeskyttelsesmæssige tiltag. Bortskaffelse af denne type affald er undtaget fra krav om tilladelse eller underretning.²⁰¹ Endvidere kan affald bortskaffes uden strålebeskyttelsesmæssige tiltag, hvis de overordnede kriterier for frigivelse er opfyldt. Dette kræver Sundhedsstyrelsens forudgående godkendelse.²⁰²

Det pågældende affald kan bortskaffes via de almindelige affaldsveje, f.eks. normal renovation, udledning til kloak eller afkast til atmosfæren, hvis affaldet er egnet hertil. Advarselmærkning for radioaktivitet skal forud for bortskaffelsen fjernes eller annulleres på tomme beholdere.

Fast affald

Fast affald med aktivitetskoncentrationer og aktivitetsmængder som angivet i Tabel 9 kan bortskaffes uden strålebeskyttelsesmæssige krav. For affaldsenheder, der indeholder flere radionuklider finder formlerne (1) og (2) i afsnit 5.1 anvendelse. I de tilfælde, hvor $I_{AK,bilag\ 4}$ er lig med $I_{AK,bilag\ 3}$, kan $I_{AK,bilag\ 4}$ regnes som bestemmende, som beskrevet i bilag F.

Tabel 9
Bortskaffelse af fast affald, der ikke er omfattet af strålebeskyttelsesmæssige krav

	Aktivitetskoncentrationsindeks	Samlet aktivitetsindeks pr. måned*	Bortskaffelsesmåde	Krav
1)	$I_{AK,bilag\ 4} \leq 1$	ubegrænset	Normal renovation	Ingen krav
2)	$I_{AK,bilag\ 3} \leq 1$	$I_{A,bilag\ 3} \leq 1$	Normal renovation	Ingen krav

* pr. tilladelse

²⁰¹ Bek. nr. 670/2019, § 10, stk. 1.

²⁰² Bek. nr. 670/2019, § 10, stk. 2.

Bortskaffelse af fast affald, der ikke er omfattet af strålebeskyttelsesmæssige krav

Nedenstående punkter referer til rækkeenumrene i Tabel 9.

- 1) Affald på fast form med en aktivitetskoncentration mindre end eller lig med undtagelses- og frigivelsesværdien²⁰³ kan bortskaffes via normal renovation i ubegrænsede aktivitetsmængder. Dette kan bl.a. dreje sig om tom emballage, laboratorieudstyr, handsker og papir.

En virksomhed kan f.eks. bortskaffe et ubegrænset antal affaldsenheder på 1 kg, så længe de ikke indeholder mere end 100 kBq H-3 eller 1 kBq C-14.

- 2) Affald på fast form med en aktivitetskoncentration, der er større end undtagelses- og frigivelsesværdien, men mindre end eller lig med undtagelsesværdien²⁰⁴, kan bortskaffes via normal renovation, når den samlede aktivitetsmængde, der bortskaffes pr. måned pr. tilladelse, er mindre end eller lig med undtagelsesværdien.

En virksomhed må f.eks. maksimalt bortskaffe 1 MBq I-125 pr. måned pr. tilladelse, hvor antallet af affaldsenheder er bestemt af aktivitetskoncentrationen, der ikke må overstige 1 MBq/kg. Virksomheden kan i dette tilfælde bortskaffe f.eks. 10 affaldsenheder på hver 1 kg med en aktivitetskoncentration på 0,1 MBq/kg via normal renovation. Tilsvarende kan virksomheden bortskaffe 100 affaldsenheder på hver 1 kg pr. måned pr. tilladelse, hvis aktivitetskoncentrationen er 0,01 MBq/kg.

Flydende eller luftformigt affald

Flydende eller luftformigt affald med aktivitetskoncentrationer og aktivitetsmængder som angivet i Tabel 10 kan bortskaffes uden strålebeskyttelsesmæssige krav. For affald, der indeholder flere radionuklider, finder formlerne (1) og (2) i afsnit 5.1 anvendelse. I de tilfælde, hvor $I_{AK, \text{bilag 4}}$ er lig med $I_{AK, \text{bilag 3}}$, kan $I_{AK, \text{bilag 4}}$ regnes som bestemmende, som beskrevet i bilag F.

²⁰³ Bek. nr. 670/2019, bilag 4.

²⁰⁴ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

Tabel 10
Bortskaffelse af flydende og luftformigt affald, der ikke er omfattet af strålebeskyttelsesmæssige krav

	Aktivitets-koncentrations-indeks	Samlet aktivitetsindeks pr. måned*	Bortskaffelsesmåde	Krav
1)	$I_{AK,bilag\ 4} \leq 1$	ubegrænset	Udledning til offentlig kloak via afløb Udledning til atmosfæren via afkast	Ingen krav
2)	$I_{AK,bilag\ 3} \leq 1$	$I_{A,bilag\ 3} \leq 1$	Udledning til offentlig kloak via afløb Udledning til atmosfæren via afkast	Ingen krav

* pr. geografisk enhed i samme udledningspunkt

Udledning af flydende eller luftformigt affald kan f.eks. dreje sig om opløsninger, der hældes i afløbet eller udledning via ventilationsafkast til atmosfæren.

Bortskaffelse af flydende eller luftformigt affald, der ikke er omfattet af strålebeskyttelsesmæssige krav

Nedenstående punkter refererer til rækkeenumrene i Tabel 10.

- 1) Flydende eller luftformigt affald med en aktivitetskoncentration mindre end eller lig med undtagelses- og frigivelsesværdien²⁰⁵ kan udledes i ubegrænsede aktivitetsmængder.²⁰⁶
- 2) Flydende eller luftformigt affald med en aktivitetskoncentration, der er større end undtagelses- og frigivelsesværdien, men mindre end eller lig med undtagelsesværdien²⁰⁷, kan bortskaffes via de almindelige affaldsveje, når den samlede aktivitetsmængde, der udledes pr. måned, er mindre end eller lig med den tilsvarende undtagelsesværdi.

12.4.2. Bortskaffelse, der er omfattet af krav om underretning

Fast affald

Myndighedskontrolniveauet "underretning" finder ikke anvendelse for fast radioaktivt affald, se bilag F.

Flydende eller luftformigt affald

Udledning af flydende og luftformigt radioaktivt affald med aktivitetskoncentrationer og aktivitetsmængder som angivet i Tabel 11 er underlagt krav om underretning. Det kan dreje sig om opløsninger, der hældes i afløb fra vask i isotoplaboratoriet, eller udledning via ventilationsafkast til atmosfæren fra beskyttelseskabinen. Virksomhedens samlede månedlige udledning af radioaktivt affald er afgørende for, om der er krav om underret-

²⁰⁵ Bek. nr. 670/2019, bilag 4.

²⁰⁶ Bek. nr. 670/2019, bilag 1.

²⁰⁷ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

ning. Ved udledning af radioaktivt affald, der indeholder flere radionuklider, finder formelne (1) og (2) i afsnit 5.1 anvendelse. I de tilfælde, hvor $I_{AK,bilag\ 4}$ er lig med $I_{AK,bilag\ 3}$, kan $I_{AK,bilag\ 4}$ regnes som bestemmende, som beskrevet i bilag F.

Tabel 11
Flydende og luftformigt
affald omfattet af krav
om underretning

	Aktivitets- koncentrationsindeks	Samlet aktivitetsindeks pr. måned*	Bortskaffelsesmåde	Krav
1)	$I_{AK,bilag\ 3} \leq 100$	$I_{A,bilag\ 3} \leq 1$	Udledning til offentlig kloak via afløb Udledning til atmosfæren via afkast	$I_{AK,bilag\ 3} \leq 10$ umiddelbart efter udlednings- punktet

2)	$I_{AK,bilag\ 3} \leq 1$	$I_{A,bilag\ 3} \leq 10$	Udledning til offentlig kloak via afløb Udledning til atmosfæren via afkast	Ingen krav
----	--------------------------	--------------------------	--	------------

* pr. geografisk enhed til samme udledningspunkt

Bortskaffelse af flydende eller luftformigt affald, der er omfattet af krav om underretning

Nedenstående punkter refererer til rækkeenumrene i Tabel 11.

- 1) Flydende eller luftformigt affald med aktivitetskoncentration i udledningspunktet mindre end eller lig med 100 gange undtagelsesværdien²⁰⁸ kan udledes uden strålebeskyttelsesmæssige krav, hvis spredning i miljøet umiddelbart efter udledningspunktet resulterer i en aktivitetskoncentration mindre end eller lig med 10 gange undtagelsesværdien²⁰⁹, og den samlede aktivitetmængde, der udledes pr. måned, er mindre end eller lig med den tilsvarende undtagelsesværdi.

Opblanding umiddelbart efter udledningspunktet skal sikre, at aktivitetskoncentrationen reduceres med en faktor 10. 10 MBq C-14 kan udledes pr. måned, så længe det sikres, at aktivitetskoncentrationen umiddelbart efter udledningspunktet ikke overstiger 0,1 MBq/g.

- 2) Flydende eller luftformigt affald med aktivitetskoncentration i udledningspunktet mindre end eller lig med undtagelsesværdien kan udledes uden strålebeskyttelsesmæssige krav, når den samlede aktivitetmængde, der udledes pr. måned, er mindre end eller lig med 10 gange undtagelsesværdien.

100 MBq C-14 kan udledes pr. måned, så længe aktivitetskoncentrationen i udledningspunktet ikke overstiger 0,01 MBq/g.

²⁰⁸ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

²⁰⁹ Bek. nr. 670/2019, § 26.

Hvis aktivitetskoncentrationen i væske, der hældes i vasken i anlægget, er større end undtagelsesværdien, skal væsken hældes i et isotopafløb, se afsnit 8.2.1.

Hvis den månedlige udledning overstiger grænserne for aktivitetskoncentration og/eller aktivitetsmængde, der fremgår i Tabel 11, skal virksomheden have en tilladelse til udledningen.²¹⁰

12.4.3. Bortskaffelse, der er omfattet af krav om tilladelse

Fast affald

Fast radioaktivt affald skal overdrages til en anden virksomhed, der kan behandle og udlede affaldet eller lagre det med henblik på deponering, se afsnit 12.1.

Flydende og luftformigt affald

Udledning af flydende og luftformigt affald i aktivitetskoncentrationer og aktivitetsmængder, der overstiger grænserne for krav om underretning, er omfattet af krav om tilladelse.²¹¹

Vilkårene for en tilladelse til udledning af radioaktivt affald fastsættes af Sundhedsstyrelsen i det enkelte tilfælde.²¹² Vilkårene fastsættes på baggrund af virksomhedens sikkerhedsvurdering, som skal indeholde dokumentation for, at dosisbindinger for virksomhedens samlede brug af radioaktivt materiale, inkl. udledning, er overholdt.²¹³ Dokumentationen skal indeholde beskrivelser af eksponeringsscenarier og vurderede doser forbundet med normal drift, utilsigtede hændelser og uheld, se kapitel 6.

12.5. Fortegnelse

Der skal føres en fortegnelse over de seneste 5 års udledning, opbevaring og overdragelse af radioaktivt affald.²¹⁴

Fortegnelse over udledning, opbevaring og overdragelse af affald

Fortegnelsen skal indeholde følgende oplysninger:

Opbevaring af radionuklider med en halveringstid længere end 24 timer:

- Radionuklid
- Tilstandsform og kemisk form
- Dato

²¹⁰ Bek. nr. 670/2019, bilag 1.

²¹¹ Bek. nr. 670/2019, bilag 1.

²¹² Lov nr. 23/2018, § 17.

²¹³ Bek. nr. 669/2019, §§ 21-22.

²¹⁴ Bek. nr. 670/2019, § 18.

- Estimeret aktivitetsmængde og, hvor relevant, aktivitetskoncentration ved hensættelse som radioaktivt affald
- Opbevaringssted
- Relevant kontaktperson.

Udledning og overdragelse:

- Dato
- Estimeret aktivitetsmængde og aktivitetskoncentration ved hhv. udledning og overdragelse
- Ved udledning: udledningsmetode
- Ved overdragelse: navnet på den virksomhed, hvortil overdragelsen er sket.

Udledning fra patienter og dyr i forbindelse med indgift af radionuklider:

- Dokumentation baseret på modelberegninger, der inkluderer et statistisk skøn over udledninger baseret på antal patienter henholdsvis antal dyr. Det kan anbefales at søge rådgivning hos en strålebeskyttelsesekspert.

13. Dosisovervågning

Brug af åbne radioaktive kilder vil normalt indebære et vist omfang af stråleudsættelse af arbejdstagerne. Den stråleudsatte arbejdstager kan blive bestrålet enten ved ekstern bestråling forårsaget af en åben radioaktiv kilde, der befinder sig uden for kroppen, eller ved intern bestråling forårsaget af radioaktivt materiale, der er blevet optaget i kroppen som følge af uheld. Optag i kroppen kan ske via indtag gennem munden, indånding, eller optag gennem ubeskadiget hud eller sår, se også afsnit 10.4.2.

Krav om dosisovervågning afhænger af den dosis, en arbejdstager vurderes at kunne modtage under normale forhold samt ved hændelser og uheld. Dosisovervågningen har til formål at sikre overholdelse af dosisgrænserne, se Tabel 1 i afsnit 2.3, og fungerer samtidig som et redskab til optimering af strålebeskyttelsen, se afsnit 2.2 og 13.4.

Doser til enkeltorganer, væv m.v. betegnes ækvivalente doser. Dosisgrænserne for øjelinsen, huden og ekstremiteterne, se Tabel 1 i afsnit 2.3, er fastsat for at forhindre forekomsten af akutte skader, f.eks. grå stær. Helkropsdosis betegnes effektiv dosis. Dosisgrænsen for effektiv dosis er fastsat for at begrænse risikoen for forekomst af senskader, f.eks. kræft.

Den effektive dosis kan sammen med risikofaktorer fastsat af ICRP benyttes til overordnet at vurdere risikoen for at udvikle en kræftform senere i livet som følge af strålingens skadesvirkning (senskader). ICRP udgiver risikofaktorer for senskader baseret på bl.a. historiske befolkningsundersøgelser. For effektive doser til stråleudsatte arbejdstagere anvendes en risikofaktor på ca. $4 \cdot 10^{-5} \text{ mSv}^{-1}$.²¹⁵

Yderligere information om akutte skader og senskader findes i "Strålingsguiden", se kapitel 17.

13.1. Krav om individuel dosisovervågning

Krav om individuel dosisovervågning afhænger af kategoriseringen af de stråleudsatte arbejdstagere, se afsnit 9.1. Individuel dosisovervågning er påkrævet for arbejdstagere i kategori A og B.²¹⁶ En gravid stråleudsat arbejdstager skal endvidere dosisovervåges, hvis ikke det med sikkerhed kan udelukkes, at den effektive dosis til fostret efter meddelelse om graviditet til virksomheden vil kunne overstige 1 mSv.²¹⁷

Der er krav om dosisovervågning af den ækvivalente dosis til øjelinsen, huden og ekstremiteterne, hvis en stråleudsat arbejdstager under normale forhold, eller ved hændelser

²¹⁵ ICRP Publ. 103, p. 53, 2007.

²¹⁶ Bek. nr. 669/2019, § 78, stk. 1.

²¹⁷ Bek. nr. 669/2019, § 79, stk. 1.

og uheld, vil kunne modtage ækvivalente doser, der overstiger de øvre grænser i Tabel 7 i afsnit 9.1.²¹⁸

Hvor individuel dosisovervågning ved anvendelse af *persondosimeter* ikke er hensigtsmæssig eller mulig, skal individuel dosisovervågning foretages i henhold til et *dosisovervågningsprogram*, der er godkendt af Sundhedsstyrelsen.²¹⁹

Hvis en stråleudsat arbejdstager under normale forhold eller ved hændelser og uheld vil kunne modtage en effektiv dosis større end 1 mSv/år fra intern bestråling, eller et foster vil kunne modtage en effektiv dosis fra intern bestråling af en stråleudsat arbejdstager, der overstiger 1 mSv, skal der foretages individuel dosisovervågning i henhold til et dosisovervågningsprogram godkendt af Sundhedsstyrelsen.^{220, 221} Virksomheder underlagt krav om individuel dosisovervågning i henhold til et dosisovervågningsprogram bør rådføre sig med en strålebeskyttelsesekspert.

Hvis virksomheden er i tvivl om, hvorvidt brug af åbne radioaktive kilder kræver dosisovervågning, kan rådgivning fås ved henvendelse til Sundhedsstyrelsen.

13.1.1. Krav til individuel dosisovervågning ved ekstern bestråling

Ved ekstern bestråling skal dosisovervågningen sikre bestemmelse af den effektive dosis samt, når relevant, bestemmelse af ækvivalente doser til øjelinserne, huden og ekstremiteterne.

Bestemmelse af effektiv dosis

Bestemmelse af effektiv dosis udføres med persondosimeter beregnet til bestemmelse af helkropps-dosis.

Radionuklider, der alene udsender betastråling med kort rækkevidde (f.eks. H-3, C-14 og S-35), vil normalt ikke medføre ekstern bestråling af kroppen. Grundet den korte rækkevidde er et persondosimeter derfor ikke anvendeligt til bestemmelse af en evt. dosis.

Bestemmelse af ækvivalente doser

Ved risiko for væsentlig stråleudsættelse af øjelinser, hænder og fingre m.v. skal et særligt persondosimeter benyttes, f.eks. et fingerdosimeter. Fingerdosimeter kan f.eks. være relevant ved håndtering af større aktivitetsmængder af radionuklider, der udsender betastråling med middel eller høj energi, f.eks. P-32.

Krav til dosisovervågning

En arbejdstager omfattet af krav om individuel dosisovervågning ved ekstern bestråling skal være dosisovervåget, dvs. bære sit persondosimeter, under al arbejde med åbne radioaktive kilder. Persondosimetre, herunder fingerdosimetre, er personlige og må ikke deles af flere arbejdstagere.

²¹⁸ Bek. nr. 669/2019, § 78, stk. 4-5.

²¹⁹ Bek. nr. 669/2019, § 78, stk. 6.

²²⁰ Bek. nr. 669/2019, § 78, stk. 7.

²²¹ Bek. nr. 669/2019, § 79, stk. 3.

Arbejder en dosisovervåget arbejdstager for flere virksomheder, skal der anvendes et persondosimeter på hver virksomhed, da det skal være muligt at identificere på hvilken virksomhed, de målte doser er modtaget. Hvis en dosisovervåget arbejdstager skal udføre arbejde på en virksomhed, hvor vedkommende ikke er ansat, skal arbejdstageren som udgangspunkt medbringe sit eget dosimeter til den pågældende virksomhed.

Hvis et persondosimeter bliver beskadiget eller bortkommer, må arbejdstageren ikke beskæftiges med arbejde med åbne radioaktive kilder, før nyt persondosimeter er fremskaffet.

Måleperiode

Måleperioden for persondosimetre til bestemmelse af effektiv dosis er 1 måned for kategori A arbejdstagere og 3 måneder for kategori B arbejdstagere.²²² For gravide stråleudsatte arbejdstagere omfattet af krav om dosisovervågning af ekstern bestråling er måleperioden 1 måned.²²³ Måleperioden for et fingerdosimeter vil typisk være 14-30 dage.

Persondosimetre skal sendes til udlæsning hos den *dosimetriske tjeneste* umiddelbart efter, at måleperioden er afsluttet.²²⁴

Placering af dosimeter

Persondosimetre til bestemmelse af effektiv dosis skal placeres foran på kroppen i brysthøjde, da den øvre del af kroppen ofte ikke er fuldt dækket af en evt. afskærmning opstillet på arbejdsbordet. Gravide arbejdstagere skal altid bære persondosimeteret i bæltehøjde.

Benyttes fingerdosimetre er det vigtigt at være opmærksom på, at dosimeterets placering er afgørende for den målte dosis, da der typisk er afstand fra dosimeterets placering til det mest stråleudsatte område på huden. Den målte dosis vil derfor ofte være en underestimering af den reelle dosis. Virksomheden bør med udgangspunkt i dette altid forholde sig kritisk til den målte dosis og ved tvivl rådføre sig med en strålebeskyttelsesekspert.

Opbevaring af dosimeter

Efter endt arbejdstid, i ferier m.v. skal dosimetre opbevares et sted, hvor de ikke er udsat for stråling. Selv beskedne stigninger i strålingsniveauet i forhold til baggrundsniveauet kan have betydning for dosimeterets måleresultat. Dosimetre bør derfor ikke opbevares i nærheden af opbevaringssteder for åbne radioaktive kilder eller andre typer af strålekilder.

13.1.2. Krav til individuel dosisovervågning ved intern bestråling

Dosisovervågning af intern bestråling kan ikke udføres med persondosimeter, men må baseres på målinger på biologiske prøver eller på direkte målinger på kroppen. Biologiske prøver kan typisk være urinprøver, mens direkte målinger på kroppen f.eks. kan være måling uden på halsregionen ved skjoldbruskkirtlen eller måling i en helkropstæller.

²²² Bek. nr. 669/2019, § 78, stk. 2-3.

²²³ Bek. nr. 669/2019, § 79, stk. 2.

²²⁴ Bek. nr. 669/2019, § 81, stk. 2.

Ammer en stråleudsat arbejdstager i en periode, hvor vedkommende arbejder med åbne radioaktive kilder, skal der tages forholdsregler til at sikre, at der ikke er væsentlig risiko for intern eller ekstern forurening af kroppen med radioaktivt materiale.²²⁵ Hvis den am-mende ved et uheld har fået radioaktivt materiale ind i kroppen, vil en del radionuklider, alt efter hvilken kemisk forbindelse de indgår i, kunne blive overført til barnet via moder-mælken.

Dosisovervågningsprogrammet skal være tilpasset de aktuelle radionuklidernes egenskaber og skal indeholde anvisninger om bl.a. målemetode og tidspunkter for prøvetagning eller direkte måling.

Håndtering af luftbåret materiale, f.eks. tritieret vand, flygtig jod eller åbne radioaktive kil-der på pulverform, og håndteringer, der er forbundet med stor risiko for spild, vil ofte kræve individuel dosisovervågning af intern bestråling.

Metoder til påvisning af intern bestråling

Nedenfor er der for hver af de nævnte målemetoder til dosisovervågning for intern be-stråling angivet anvendelsesområder, hvor målemetoderne med fordel kan anvendes som del af den individuelle dosisovervågning.

Urinprøver:

- Håndtering af store aktivitetsmængder af H-3, C-14 og S-35
- Jodering med flygtig jod.

Ekstern måling på halsregion ved skjoldbruskkirtel:

- Jodering med flygtig jod.

Helkropstæller:

- Håndtering af radionuklider, der udsender gammastråling (f.eks. Ra-223 og Th-227).

Gammakamera:

- Håndtering af radionuklider, der udsender gammastråling (f.eks. Ra-223).

Ved prøvetagning af en biologisk prøve, f.eks. urin, skal det undgås, at prøven bliver for-urennet med radioaktivt materiale fra omgivelserne. Prøver og prøveglas bør derfor kun håndteres uden for arbejdsområdet, og hænderne bør vaskes grundigt.

²²⁵ Bek. nr. 669/2019, § 43.

13.2. Bestemmelse af samt indberetning og underretning om doser

Bestemmelse af eksterne doser fra individuel dosisovervågning skal ske gennem en dosimetrisk tjeneste, der er godkendt af Sundhedsstyrelsen. Bestemmelse af dosis skal ske snarest muligt efter, at måleperioden er udløbet. Ved mistanke om usædvanlig stor persondosis skal bestemmelsen af dosis ske uden ugrundet ophold.²²⁶

Dosisovervågede arbejdstagere skal gøres bekendt med resultatet af dosisovervågningen snarest muligt efter, at resultatet foreligger. Hvis dosis er bestemt på andet grundlag end et persondosimeter, skal den dosisovervågede have adgang til alle faktorer, der ligger til grund for dosisbestemmelsen.²²⁷ Virksomheden skal til enhver tid kunne dokumentere de seneste 5 kalenderårs doser til arbejdstagerne, inkl. det indeværende år. I tilfælde af *uheldsbestråling* skal der desuden opbevares dokumentation for omstændighederne ved sådanne bestrålinger og for de truffe modforanstaltninger.²²⁸

Virksomheden skal inden 4 uger fra resultatet foreligger indberette resultatet af den individuelle dosisovervågning, herunder oplysninger om uregelmæssigheder, til Sundhedsstyrelsens Register for Persondosimetri (SRP). Indberetningen skal indeholde de relevante data²²⁹ og indberettes, som det anvises af SRP.²³⁰ Indberetningen kan efter aftale foretages af den dosimetriske tjeneste.

Hvis doser fra ekstern bestråling overstiger værdierne i Tabel 12, skal virksomheden straks underrette Sundhedsstyrelsen herom.²³¹ Værdierne er baseret på kategori A arbejdstagere og tager derfor udgangspunkt i en måleperiode på 1 måned. I tilfælde af kortere måleperioder kan det være nødvendigt at sænke værdien tilsvarende. Dosisværdierne øges dog ikke ved benyttelse af længere måleperioder.

Tabel 12
Dosisværdier for umiddelbar underretning af Sundhedsstyrelsen om ekstern bestråling²³²

Type af dosis	Dosisværdi ved ekstern bestråling [mSv]
Effektiv dosis	5
Ækvivalent dosis til øjelinse	5
Ækvivalent dosis til hud og/eller ekstremiteter	50

For doser fra intern bestråling fastsættes dosisværdier for umiddelbar underretning af Sundhedsstyrelsen i det konkrete tilfælde.

²²⁶ Bek. nr. 669/2019, § 81.

²²⁷ Bek. nr. 669/2019, § 84.

²²⁸ Bek. nr. 669/2019, § 86.

²²⁹ Bek. nr. 669/2019, bilag 3.

²³⁰ Bek. nr. 669/2019, § 87.

²³¹ Bek. nr. 669/2019, § 85.

²³² Bek. nr. 669/2019, bilag 5.

13.3. Dosisstatistik

En virksomhed og tilsvarende virksomheders dosishistorik bør benyttes til at fastsætte dosisbindinger til stråleudsatte arbejdstagere, se afsnit 2.2.

I 2017 var 172 stråleudsatte arbejdstagere dosisovervåget som følge af deres beskæftigelse med brug af åbne radioaktive kilder i forbindelse med forskning og udvikling (dette inkluderer ikke beskæftigelse med acceleratoranlæg og biomedicinsk forskning). Den samlede gennemsnitlige årlige effektive dosis til disse arbejdstagere var 0,02 mSv.

156 af arbejdstagerne modtog mindre end 0,1 mSv og kun én modtog mere end 0,5 mSv. Ingen af arbejdstagerne modtog mere end 1 mSv.

Til sammenligning var gennemsnitsdosis i 2017 for alle dosisovervågede arbejdstagere i Danmark på 0,11 mSv.

13.4. Tilrettelæggelse og optimering ved hjælp af dosimetre

Fingerdosimetre og elektroniske dosimetre kan være et gavnligt redskab ved tilrettelæggelse og optimering af procedurer for håndtering af åbne radioaktive kilder.

Et elektronisk dosimeter registrerer og angiver, i modsætning til et persondosimeter, den målte dosis løbende og kan indstilles til at give alarm, når en given dosis overskrides. Herudover kan det registrere og angive dosishastigheden og indstilles til at give en alarm, når en given dosishastighed overskrides.

Tilrettelæggelse og optimering af procedurer ved hjælp af dosimetre

Fingerdosimetre

Fingerdosimetre anvendes til bestemmelse af den ækvivalente dosis til hænder og fingre. Konstatere det ved benyttelse af et fingerdosimeter, at der modtages store doser til hænder og fingre, kan det være relevant at bestemme doserne forbundet med de enkelte operationer ved at skifte dosimeter mellem operationerne. Dette kan afklare, hvilke operationer der medfører de største doser, hvorefter tiltag til optimering af disse operationer kan iværksættes, f.eks. benyttelse af tang, pincet og løs afskærmning.

Elektroniske dosimetre

Ved at benytte et elektronisk dosimeter er det muligt at bestemme dosis og dosishastigheden ved forskellige arbejdsgange og på den baggrund optimere strålebeskyttelsen, f.eks. kan et elektronisk dosimeter anvendes som et redskab til optimering af afskærmningen i forbindelse med håndtering af kilder.

14. Ulykker, uheld og hændelser

Virksomheden skal inden brug af åbne radioaktive kilder identificere mulige ulykker, uheld eller hændelser. På baggrund heraf skal der udarbejdes en instruks til arbejdstagerne om de forholdsregler, der skal tages i sådanne situationer.

I tilfælde af en ulykke, et uheld eller en hændelse, herunder tyveri, med åbne radioaktive kilder skal virksomheden straks træffe alle relevante foranstaltninger til at afværge eller begrænse alvorlige negative konsekvenser for personers sundhed og sikkerhed, livskvalitet, ejendom eller miljø.²³³ Sundhedsstyrelsen skal underrettes herom snarest muligt.²³⁴

14.1. Instrukser om forholdsregler

Virksomheden skal sørge for, at der er en letforståelig instruks til arbejdstagerne om forholdsregler i tilfælde af ulykker, uheld eller hændelser, herunder tyveri, se afsnit 10.1.²³⁵ Virksomheden skal derfor forberede sig på muligheden for, at de åbne radioaktive kilder eksempelvis kan blive stjålet, eller at deres beholder kan blive beskadiget.

Instruksen skal være umiddelbart tilgængelig under arbejdet. Alle relevante foranstaltninger bør beskrives i instruksen, herunder evakuering og afspærring, rengøring af personer, rengøring af forurenede overflader og brug af "carrier"-opløsninger samt standsning af ventilation eller udledning. Instruksen bør inkludere oplysning om indberetning til Sundhedsstyrelsen og virksomheden samt dennes strålebeskyttelseskoordinator.²³⁶

14.2. Procedure ved ulykker, uheld og hændelser

Nedenstående procedure bør følges ved ulykker, uheld og hændelser, afhængig af omfanget.

Procedure ved ulykker, uheld og hændelser

- Vurder omfanget
- Tilkald hjælp
- Stop udbredelsen af en evt. forurening
- Affør straks forurenede beklædning og henlæg det til kontrolmåling

²³³ Bek. nr. 669/2019, § 91.

²³⁴ Bek. nr. 669/2019, § 92.

²³⁵ Bek. nr. 669/2019, § 57.

²³⁶ Bek. nr. 669/2019, § 92, stk. 3.

- Rens forurenede personer og rengør overflader, se henholdsvis afsnit 14.4 og 11.4
- Foretag kontrolmålinger, se kapitel 11
- Underret strålebeskyttelseskoordinatoren og virksomheden
- Underret Sundhedsstyrelsen, se afsnit 14.5
- Evakuer uvedkommende personer
- Hold området under konstant opsyn.

14.3. Forhold af systematisk karakter

Fejlkonstruerede anlæg eller udstyr, fejlagtige procedurer ved anvendelse af åbne radioaktive kilder, ved kontrol af måleudstyr, eller udstyr med tilbagevendende defekter kan føre til utilsigtet bestråling. Dette benævnes forhold af systematisk karakter. Der er f.eks. tale om forhold af systematisk karakter, når en fejlbehæftet procedure gentages, eller når en defekt er udbredt til flere udstyr af samme type som følge af produktionsfejl. Udbredelse af information om forhold af systematisk karakter kan have en betydelig strålebeskyttelsesmæssig effekt, idet ulykker, uheld og hændelser kan afværges for et større antal brugere af samme procedure, samme udstyr eller af samme type åbne radioaktive kilder. Forhold af systematisk karakter skal derfor indberettes til Sundhedsstyrelsen snarest muligt, se afsnit 14.5.^{237, 238}

14.4. Rengøring af personer

Ved ulykker, uheld og hændelser skal forurenede personer rengøres hurtigst muligt.²³⁹ Små forureninger af huden fjernes med vand og sæbe. Ved større forureninger af kroppen skal forurenede beklædning straks tages af, og kroppen skal rengøres under nødbruksen. Rengøringen skal fortsætte så længe, den giver en effektiv aktivitetsreduktion.²⁴⁰ Foretag løbende kontrolmålinger. Rengøringen bør ikke føre til beskadigelse af huden, da det kan medføre øget optag af radioaktivt materiale gennem såret med intern bestråling til følge.

Ved større forurening af personer skal Sundhedsstyrelsen kontaktes. Dertil kan strålebeskyttelseskoordinator eller strålebeskyttelsesekspert og virksomheden kontaktes.

²³⁷ Bek. nr. 669/2019, § 58.

²³⁸ Lov nr. 23/2018, § 14, stk. 2.

²³⁹ Bek. nr. 670/2019, § 71, stk. 2.

²⁴⁰ Bek. nr. 670/2019, § 71, stk. 2.

Nedenstående procedure skal følges ved rengøring af personer, afhængig af omfanget.

Rengøring af personer

1. Ved forurening af hud: Vask med vand og sæbe, indtil forureningen er fjernet, dog uden at beskadige huden.
2. Ved beskadigelse af huden med samtidig forurening: Skyl med rigeligt vand og træk evt. sårrande fra hinanden for at forøge blødningen og udskylningen.
3. Ved forurening af øjne: Benyt straks øjenskyller.
4. Ved større ydre forureninger: Tag det forurenede tøj af og skyl kroppen under nødbuseren, kontrolmål herefter. Rengøringen skal fortsætte så længe, den giver en effektiv aktivitetsreduktion. Kontrolmål det forurenede tøj og læg det om nødvendigt til henfald eller bortskaf det direkte som radioaktivt affald.
5. Hvis forureningen ikke kan fjernes helt: Konsulter læge eller strålebeskyttelsesekspert samt Sundhedsstyrelsen.
6. Hvis radioaktivt materiale er indtaget gennem munden: Konsulter straks læge, strålebeskyttelsesekspert samt Sundhedsstyrelsen.

14.5. Indberetning til Sundhedsstyrelsen

Sundhedsstyrelsen skal omgående underrettes ved følgende situationer:²⁴¹

Indberetning til Sundhedsstyrelsen

Sundhedsstyrelsen skal underrettes ved:

- Ulykker, uheld eller hændelser, der har resulteret i utilsigtet bestråling eller væsentlig forurening med radioaktivt materiale
- Strålebeskyttelsesmæssigt betydende fund, tyveri, bortkomst, brand, oversvømmelse eller lignende involverende åbne radioaktive kilder²⁴²
- Hændelser, der sandsynligvis kunne have resulteret i ovenstående.

²⁴¹ Lov nr. 23/2018, § 14.

²⁴² Bek. nr. 669/2019, § 92, stk. 1.

Indberetning skal ske til Sundhedsstyrelsen, Strålebeskyttelses døgnvagt på

tlf. +45 44 94 37 73.

Herudover skal Sundhedsstyrelsen underrettes snarest muligt om forhold af systematisk karakter, der kan medføre utilsigtet bestråling eller væsentlig forurening.²⁴³

14.6. Efter en ulykke, et uheld eller en hændelse

Årsagen til en ulykke, et uheld eller en hændelse skal identificeres, og nødvendige foranstaltninger skal træffes for at forhindre gentagelse. Ved uheldsbestråling skal virksomheden sikre, at der foretages en tilstrækkelig analyse af omstændighederne ved og følgerne af stråleudsættelsen, herunder bestemmelse af relevante doser.²⁴⁴

²⁴³ Bek. nr. 669/2019, § 58, stk. 1.

²⁴⁴ Bek. nr. 669/2019, § 59.

15. Transport

De overordnede regler for transport af radioaktivt materiale er fastsat i bekendtgørelse nr. 993/2001, se kapitel 17. Der findes herudover specifikke bestemmelser for hver transportform (vej, jernbane, sø og luft), der er gældende for national og international transport af radioaktivt materiale.²⁴⁵ Ved transport af åbne radioaktive kilder i udlandet skal gældende regler i det pågældende land overholdes.

Transport af åbne radioaktive kilder

Reglerne for transport af åbne radioaktive kilder omfatter alle funktioner og betingelser, der er forbundet med transporten. Disse omfatter bl.a. klargøring, afsendelse, pålæsning, transport, herunder opbevaring i *transit*, aflæsning og modtagelse på bestemmelsesstedet af de åbne radioaktive kilder.²⁴⁶

Åbne radioaktive kilder, der er emballeret og klar til transport, kaldes for *kolli*.²⁴⁷ Kolli til transport af åbne radioaktive kilder skal være konstrueret, så der opnås passende sikkerhed mod spredning af radioaktivt materiale under transporten.²⁴⁸

Et kolli indeholdende radioaktivt materiale klassificeres på baggrund af radionuklid, aktivitetskoncentration og aktivitetsmængde samt tilstandsformen (fast, væske eller gas).²⁴⁹

Transport af åbne radioaktive kilder, der besidder sekundære fareegenskaber, er underlagt yderligere transportrestriktioner.²⁵⁰ Disse beskrives dog ikke i denne vejledning, og der henvises i stedet til Færdselsstyrelsen, Beredskabsstyrelsen og Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen.

Afsenderen har ansvaret for, at kolliet er pakket og mærket korrekt, samt at der medfølger et korrekt udfyldt transportdokument.²⁵¹ Transportøren er ansvarlig for at sikre, at alle krav til transport af radioaktivt materiale er opfyldt, herunder at kolli er korrekt mærket fra afsender.²⁵² Med transportøren menes der enhver virksomhed, der transporterer egne eller andre virksomheders radioaktive materiale.

²⁴⁵ Bek. nr. 993/2001, bilag 2, afsnit 2.

²⁴⁶ ADR 2019, 1.7.1.3, RID 2019, 1.7.1.3, IMDG 2018, 1.5.1.3 og ICAO-TI, 1;6.1.3.

²⁴⁷ ADR 2019, 1.2.1, RID 2019, 1.2.1, IMDG 2018, 1.2.1 og ICAO-TI 1;3.1.1.

²⁴⁸ ADR 2019, 1.7.1.2 – 1.7.1.3, RID 2019, 1.7.1.2 – 1.7.1.3, IMDG 2018, 1.5.1.2 – 1.5.1.3 og ICAO-TI 1;6.1.2 – 1;6.1.3.

²⁴⁹ ADR 2019, 2.2.7, RID 2019, 2.2.7, IMDG 2018, 2.7 og ICAO-TI 2;7.

²⁵⁰ ADR 2019, 1.7.5, RID 2019, 1.7.5, IMDG 2018, 1.5.5 og ICAO-TI 1;6.5.

²⁵¹ Bek. nr. 993/2001, § 16.

²⁵² ADR 2019, 1.4.2.2, RID 2019, 1.4.2.2 og ICAO-TI 1;1.2.

15.1. Strålebeskyttelsesprogram og kvalitetsstyringssystem

Transport af åbne radioaktive kilder skal ske i henhold til et strålebeskyttelsesprogram og et kvalitetsstyringssystem – i de specifikke bestemmelser for transport af radioaktive stoffer benævnt styringssystem – der er gradueret i forhold til den risiko, som er forbundet med transporten.²⁵³

Virksomheder, der er omfattet af krav om tilladelse til eller underretning om brug af åbne radioaktive kilder og dermed er omfattet af krav om et overordnet kvalitetsstyringssystem, se kapitel 16, kan med fordel integrere deres strålebeskyttelsesprogram og kvalitetsstyringssystem for transport af åbne radioaktive kilder i det overordnede kvalitetsstyringssystem.

Strålebeskyttelsesprogram

Et strålebeskyttelsesprogram skal beskrive de foranstaltninger, der er iværksat for at optimere strålebeskyttelsen forbundet med transport af åbne radioaktive kilder.²⁵⁴ Arten og omfanget af foranstaltningerne skal gradueres efter omfanget af og sandsynligheden for stråleudsættelse.²⁵⁵

Strålebeskyttelsesprogrammet skal sikre, at de doser, som arbejdstagere og enkeltpersoner i befolkningen kan modtage som følge af transporten af åbne radioaktive kilder, er optimerede og under dosisgrænserne. Programmet skal omfatte alle led i transporten og ligeledes de grænseflader, der måtte være mellem transporten og den øvrige håndtering af kilderne.²⁵⁶

Strålebeskyttelsesprogrammet skal medvirke til, at arbejdstagerne er tilstrækkeligt uddannet i strålebeskyttelse og relevante forholdsregler, der skal træffes for at minimere stråleudsættelsen af arbejdstagere og enkeltpersoner i befolkningen i forbindelse med transport af åbne radioaktive kilder.²⁵⁷

Kvalitetsstyringssystem

Kvalitetsstyringssystemet skal sikre overholdelse af reglerne for transport af åbne radioaktive kilder. Kvalitetsstyringssystemet skal som minimum omfatte instrukser, der sikrer overholdelse af kravene til kollokonstruktion, herunder vedligeholdelse, klargøring til transport, transportdokumenter og anden påkrævet dokumentation. Hertil skal kvalitetsstyringssystemet indeholde instrukser om de transportoperationer, der foretages, f.eks. læsning, aflæsning og kørsel samt krav til arbejdstagernes kompetencer og vedligehold af disse.²⁵⁸

²⁵³ ADR 2019, 1.7.2 - 1.7.3, RID 2019, 1.7.2 – 1.7.3, IMDG 2018, 1.5.2 – 1.5.3 og ICAO-TI 1;6.2-1;6.3.

²⁵⁴ ADR 2019, 1.7.2.1, RID 2019, 1.7.2.1, IMDG 2018, 1.5.2.1 og ICAO-TI 1;6.2.1.

²⁵⁵ ADR 2019, 1.7.2.3, RID 2019, 1.7.2.3, IMDG 2018, 1.5.2.3 og ICAO-TI 1;6.2.3.

²⁵⁶ ADR 2019, 1.7.2.2, RID 2019, 1.7.2.2, IMDG 2018, 1.5.2.2 og ICAO-TI 1;6.2.2.

²⁵⁷ ADR 2019, 1.7.2.5, RID 2019, 1.7.2.5, IMDG 2018, 1.5.2.5 og ICAO-TI 1;6.2.7.

²⁵⁸ ADR 2019, 1.7.3.1, RID 2019, 1.7.3.1, IMDG 2018, 1.5.3.1 og ICAO-TI 1;6.3.

15.2. Vejtransport

De specifikke regler for vejtransport af radioaktive stoffer er fastsat i ADR, se kapitel 17. ADR er implementeret i dansk lovgivning gennem Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens bekendtgørelse nr. 828/2017. ADR opdateres hvert andet år og offentliggøres på Færdselsstyrelsens hjemmeside (www.fstyr.dk).

Åbne radioaktive kilder vil i de fleste tilfælde kunne transporteres som enten undtagen forsendelse, undtagelseskolli eller type A kolli. Denne vejledning fokuserer på reglerne for vejtransport af radioaktivt materiale som undtagen forsendelse eller undtagelseskolli. For transport som type A kolli er der krav om tilknytning af en *sikkerhedsrådgiver*, som skal vejlede virksomheden om reglerne for denne type kolli.^{259, 260}

15.2.1. Undtagen forsendelse

Undtagen forsendelse bruges om forsendelser, der indeholder radioaktivt materiale i så små aktivitetsmængder eller aktivitetskoncentrationer, at der ikke skal træffes særlige forholdsregler eller strålebeskyttelsesmæssige foranstaltninger i forbindelse med transporten.

En forsendelse med en eller flere åbne radioaktive kilder kan foregå som undtagen forsendelse, hvis den samlede aktivitetskoncentration er under grænsen for undtagne stoffer, eller hvis den samlede aktivitetsmængde er under aktivitetsgrænsen for undtagen forsendelse, og betragtes i så fald som ikke-radioaktiv i transportsammenhæng. Transport af undtagne forsendelser er ikke omfattet af reglerne om transport af radioaktivt materiale, og transporten er derfor ikke forbundet med opfyldelse af særlige krav.

Aktivitetskoncentrationsgrænserne for udvalgte undtagne stoffer og aktivitetsgrænserne for undtagen forsendelse er angivet i Tabel 13. For andre radionuklider henvises til ADR.²⁶¹ Indeholder en undtagen forsendelse en blanding af radionuklider, f.eks. hvis flere åbne radioaktive kilder transporteres i samme forsendelse, skal det sikres, at den samlede aktivitetskoncentration eller aktivitetsmængde er under grænserne for undtagen forsendelse.²⁶²

²⁵⁹ Bek. nr. 543/2012.

²⁶⁰ ADR 2019, kapitel 1.8.

²⁶¹ ADR 2019, tabel 2.2.7.2.2.1.

²⁶² ADR 2019, 2.2.7.2.2.4 – 2.2.7.2.2.6.

Tabel 13
Grænser for undtagne
stoffer og undtagen
forsendelse for de
hyppigst
transporterede
radionuklider

Radionuklid	Aktivitetskoncentrationsgrænse for undtagne stoffer [Bq/g]	Aktivitetsgrænse for en undtagen forsendelse [MBq]
H-3	1.000.000	1000
C-14	10.000	10
F-18	10	1
P-32	1000	0,1
S-35	100.000	100
Cr-51	1.000	10
Tc-99m	100	10
I-125	1.000	1
I-131	100	1

15.2.2. Undtagelseskolli

Undtagelseskolli indeholder radioaktivt materiale i aktivitetsmængder, hvor der skal tages forholdsregler for at sikre tilstrækkelig strålebeskyttelse. Aktivitetsgrænser for undtagelseskolli for hyppigt transporterede radionuklider er angivet i Tabel 14.

Tabel 14
Maksimal aktivitets-
mængde i undtagel-
seskolli for de hyppigst
transporterede radio-
nuklider

Radionuklid	Gas [MBq]	Fast [MBq]	Væske [MBq]
H-3	800.000	40.000	4.000
C-14	-	3.000	300
F-18	-	600	60
P-32	-	500	50
S-35	-	3.000	300
Cr-51	-	30.000	3.000
Tc-99m	-	4.000	400
I-125	-	3.000	300
I-131	-	700	70

Grænsen for aktivitetsmængde pr. kolli for andre radionuklider samt for blandinger af radionuklider findes i ADR.^{263, 264}

Krav til kolli

Undtagelseskolli skal opfylde de generelle krav til kolli, der fremgår af ADR.²⁶⁵ Udover de generelle krav til kolli stilles der nedenstående krav til undtagelseskolli.

Krav til undtagelseskolli

- Kolliet skal være konstrueret, så det kan holde indholdet indesluttet under de forhold, der findes ved rutinemæssig transport.²⁶⁶ Derudover skal kolliet være konstrueret, så det kan fastgøres sikkert i køretøjet.²⁶⁷
- Afsenderen af et undtagelseskolli skal på anmodning fra Sundhedsstyrelsen kunne dokumentere, at kollikonstruktionen opfylder alle relevante krav.²⁶⁸
- Kolliet må ikke indeholde elementer eller emner, der kan risikere at forringe kolliets sikkerhed under transport ved rutineforhold.²⁶⁹
- Den maksimale dosishastighed på kolliets overflade må ikke overstige 5 $\mu\text{Sv/h}$.²⁷⁰
- Kolliet skal mærkes på ydersiden med:²⁷¹
 - Afsender og/eller modtager
 - UN-nummer
 - Bruttovægt (hvis den er større end 50 kg).
- Kolliet skal indvendigt mærkes med teksten »Radioaktiv«, så det er synligt, når emballagen åbnes, uanset om det sker planmæssigt eller ved et uheld. Er indvendig afmærkning ikke mulig, skal afmærkningen placeres på ydersiden af kolliet.²⁷²
- Kolliet skal, hvor relevant, være forsynet med retningspile på to modstående lodrette sider, og pilene skal pege opad i den rigtige retning.²⁷³

²⁶³ ADR 2019, tabel 2.2.7.2.4.1.2.

²⁶⁴ ADR 2019, 2.2.7.2.2.4 – 2.2.7.2.2.6.

²⁶⁵ ADR 2019, 6.4.2.

²⁶⁶ ADR 2019, 6.4.2.7.

²⁶⁷ ADR 2019, 6.4.2.1.

²⁶⁸ ADR 2019, 5.1.5.2.3.

²⁶⁹ ADR 2019, 4.1.9.1.3.

²⁷⁰ ADR 2019, 2.2.7.2.4.1.2.

²⁷¹ ADR 2019, 5.1.5.4.1.

²⁷² ADR 2019, 2.2.7.2.4.1.

²⁷³ ADR 2019, 5.2.1.10.1.

- Ved brug af ydre emballage, hvor de krævede påskrifter og faresedler ikke er synlige, skal den ydre emballage mærkes med ordet "OVERPACK", hvor bogstaverne skal være mindst 12 mm høje, samt de relevante påskrifter og UN-nummer.²⁷⁴
- Løstsiddende forurening på ydersiden af emballage skal holdes på et minimum og må under normale transportforhold ikke overskride 4 Bq/cm² for radionuklider, der udsender beta- og gammastråling, samt radionuklider, der udsender alfastråling med lav toksicitet²⁷⁵, og 0,4 Bq/cm² for alle andre radionuklider, der udsender alfastråling.²⁷⁶
- Emballager brugt til transport af radioaktivt materiale må ikke anvendes til opbevaring eller transport af andet gods, medmindre de er rengjort. Rengøringen skal sikre, at forureningsniveauet af radionuklider, der udsender beta- og gammastråling, samt radionuklider, der udsender alfastråling med lav toksicitet²⁷⁷, er under 0,4 Bq/cm², og forureningsniveauet af alle andre radionuklider, der udsender alfastråling, er under 0,04 Bq/cm².²⁷⁸

Krav om transportdokument

I køretøjer, der transporterer undtagelseskolli, skal der forefindes et transportdokument, der deklarerer indholdet ud fra de officielle godsbetegnelser og tilhørende UN-numre²⁷⁹ samt indeholder afsenders og modtagers adresse.²⁸⁰ I Tabel 15 findes de UN-numre og tilhørende godsbetegnelser, der er relevante for undtagelseskolli indeholdende åbne radioaktive kilder.

Tabel 15
UN-numre for undtagelseskolli relevante for denne vejlednings anvendelsesområder

UN-nummer	Officiel godbetegnelse og beskrivelse
UN 2908	RADIOAKTIVT STOF, UNDTAGELSESKOLLI – TOM EMBALLAGE
UN 2910	RADIOAKTIVT STOF, UNDTAGELSESKOLLI – BEGRÆNSET MÆNGDE

²⁷⁴ ADR 2019, 5.1.2.1.

²⁷⁵ ADR 2019, 2.2.7.1.3.

²⁷⁶ ADR 2019, 4.1.9.1.2.

²⁷⁷ ADR 2019, 2.2.7.1.3.

²⁷⁸ ADR 2019, 5.1.3.2.

²⁷⁹ ADR 2019, 2.2.7.2.1.1.

²⁸⁰ ADR 2019, 5.1.5.4.2

Krav til transportdokumentet

Nedenfor er særlige krav vedrørende opbevaring og udformning af transportdokumentet gengivet.

- UN-nummeret med bogstaverne "UN" foran og afsenderens og modtagerens navn og adresse skal fremgå af transportdokumentet.²⁸¹
- Afsender og transportør skal opbevare et eksemplar af transportdokumentet i en periode på mindst tre måneder.²⁸²
- Hvis transportdokumentet foreligger elektronisk eller i et computersystem, skal afsenderen og transportøren kunne genskabe dem i printet form.²⁸³
- Ved transport af åbne radioaktive kilder i udlandet skal transportdokumentet foruden dansk være udfærdiget på enten engelsk, tysk eller fransk.²⁸⁴

Eksempler på transportdokumenter til vejtransport af radioaktive stoffer kan findes på www.sis.dk under "Lovgivning" → "Radioaktivitet" → "Transport".

Krav til fører, køretøj og udstyr m.v.

Føreren af køretøjet skal have modtaget instruktion i de krav, der stilles til transport af åbne radioaktive kilder, samt specifik instruktion i forhold til vedkommendes opgaver, herunder i sikkerhed modsvarende risikoen ved opgaverne.²⁸⁵

Forsendelserne skal være stuvet forsvarligt i køretøjet.²⁸⁶

Køretøjets lastrum skal til enhver tid være aflåst, eller de transporterede kolli skal på anden måde være beskyttet mod ulovlig aflæsning. Dosishastigheden på ydersiden af køretøjet må højst være 5 µSv/h. Kan disse krav ikke overholdes, skal køretøjet være under konstant opsyn.²⁸⁷

Hvis ikke der transporteres andre kollityper end undtagelseskolli i køretøjet, må der transporteres et ubegrænset antal undtagelseskolli pr. køretøj, så længe grænsen for dosishastighed på ydersiden af køretøjet i øvrigt er overholdt.²⁸⁸

Der stilles ved transport af undtagelseskolli ikke krav om mærkning af køretøjet.²⁸⁹

²⁸¹ ADR 2019, 5.1.5.4.2.

²⁸² ADR 2019, 5.4.4.1.

²⁸³ ADR 2019, 5.4.4.2.

²⁸⁴ ADR 2019, 5.4.1.4.1.

²⁸⁵ ADR 2019, 8.2.3.

²⁸⁶ ADR 2019, 7.5.11 CV33 (3.1).

²⁸⁷ ADR 2019, 8.5, S 21.

²⁸⁸ ADR 2019, 1.1.3.6.3.

²⁸⁹ ADR 2019, 5.3.1.1.3.

Køretøjet skal være udstyret med en håndildslukker med en kapacitet på mindst 2 kg, der lever op til gældende krav til sikkerhedsudstyr.^{290, 291}

Køretøjer og udstyr, der regelmæssigt bruges til transport af åbne radioaktive kilder, skal periodisk kontrolleres for forurening. Hyppigheden skal tilpasses omfanget af transport af radioaktivt materiale og sandsynligheden for forurening.²⁹²

Hvis et kolli er beskadiget eller utæt, eller hvis der er mistanke om dette, skal adgangen til kolliet begrænses og forureningens omfang og det deraf følgende strålingsniveau vurderes hurtigst muligt af en kvalificeret person. Sundhedsstyrelsen, se afsnit 14.5, og andre berørte myndigheder skal desuden underrettes hurtigst muligt.²⁹³

15.3. Jernbanetransport

Reglerne for transport af åbne radioaktive kilder via jernbane er reguleret i RID, se kapitel 17. Reglerne for jernbanetransport er som udgangspunkt de samme som for vejtransport, se afsnit 15.2, dog med undtagelse af kravene til fører, køretøj og udstyr m.v., der ikke finder anvendelse for jernbanetransport.

Transport af åbne radioaktive kilder via jernbane kræver desuden myndighedsgodkendelse af *godsoperatør* og *infrastrukturforvalter* fra Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen.

15.4. Søtransport

Ifølge Østersøaftalen, se kapitel 17, der kan finde anvendelse på alle færgeruter i Danmark og i Østersøregionen, er det ikke nødvendigt med særlige transportdokumenter til søtransport af åbne radioaktive kilder. Det betyder, at de transportdokumenter, der er udarbejdet i henhold til reglerne for vejtransport, er tilstrækkelige. Østersøaftalen kræver til gengæld, at køretøjer, der transporterer kolli indeholdende åbne radioaktive kilder, herunder også undtagelseskolli, skal mærkes med orangefarvede skilte på for- og bagsiden af køretøjet under hele sejladsen, fra og med indtjekning hos rederiet.²⁹⁴ Rederier kan frit vælge, om de ønsker at følge Østersøaftalen på en specifik færgerute.

Søtransport af åbne radioaktive kilder, der ikke er dækket af Østersøaftalen, er omfattet af de specifikke regler for søtransport, der er fastsat i IMDG, se kapitel 17, og reguleres afhængigt af skibets flagstat. For søtransport på skibe, der fører udenlandsk flag, henvises til det pågældende lands myndigheder for vejledning om reglerne.

Ved færgeoverfart skal det oplyses til færgepersonalet, at der medbringes åbne radioaktive kilder. Det tilrådes at medbringe kopier af transportdokumentet, idet man normalt skal aflevere ét eksemplar ved billetteringen.

²⁹⁰ ADR 2019, 8.1.4.2.

²⁹¹ ADR 2019, 8.1.4.4 – 8.1.4.5.

²⁹² ADR 2019, 7.5.11 CV33 (5.3).

²⁹³ Bek. nr. 993/2001, § 18, stk. 3.

²⁹⁴ <https://www.soefartsstyrelsen.dk/SikkerhedTilSoes/Skibssikkerhed/FarligtGods/FarligtGodsEmballeret>

15.5. Lufttransport

Lufttransport af åbne radioaktive kilder er reguleret af bestemmelserne i ICAO-TI, se kapitel 17. Luftfartsselskaberne har desuden deres egne regler, der er fastsat i IATA-DRG, se kapitel 17, der udgives hvert år. IATA-DRG er baseret på bestemmelserne i ICAO-TI.

Lufttransport af åbne radioaktive kilder er normalt omfattet af mere restriktive krav til f.eks. kollikonstruktion og strålebeskyttelsesprogram end de øvrige transportformer.

16. Kvalitetssikring

Kvalitetssikring er alle planlagte og systematiske tiltag, herunder kvalitetskontrol, der er nødvendige for at skabe tilstrækkelig sikkerhed for, at åbne radioaktive kilder, anlæg, udstyr, systemer eller delelementer eller procedurer fungerer tilfredsstillende i overensstemmelse med vedtagne standarder. For at opnå kvalitetssikring stiller Sundhedsstyrelsen krav om anvendelse af et kvalitetsstyringssystem i forbindelse med brug af åbne radioaktive kilder.²⁹⁵ Ved kvalitetssikring forstås alle de nødvendige tiltag, f.eks. regelmæssig kontrol, der skal gennemføres for at sikre, at brug af åbne radioaktive kilder sker efter vedtagne standarder. Det overordnede formål er at opretholde strålebeskyttelsen, f.eks. ved at forebygge eller opdage dels fejlagtig håndtering eller opbevaring af åbne radioaktive kilder og dels defekter ved anlæg og udstyr. Et effektivt kvalitetsstyringssystem gør det desuden muligt for virksomheden at dokumentere, at den løbende brug af åbne radioaktive kilder sker i overensstemmelse med reglerne.

Virksomheder skal etablere og vedligeholde et kvalitetsstyringssystem, der er tilpasset art og omfang af virksomhedens brug af åbne radioaktive kilder.²⁹⁶ Det vil sige, at jo højere risiko, der er forbundet med brugen, desto større er kravene til, at kvalitetsstyringssystemet afspejler alle enkeltheder ved brugen, og at det som minimum adresserer de risici, der er beskrevet i den tilknyttede dokumentation, f.eks. i en sikkerhedsvurdering. Risikoen bedømmes ud fra bl.a. radionuklid, aktivitetsmængde, tilstandsform (gas, væske eller fast form), mulighed for afskærmning, sandsynligheden for optag i kroppen og kompleksitet i håndteringen.

Kvalitetsstyringssystemet skal afspejle virksomhedens aktuelle brug af åbne radioaktive kilder. Det skal derfor underbygge, at relevante dokumenter som f.eks. sikkerhedsvurdering, fortegnelser, registre, protokoller, instrukser og lignende er opdaterede og tilgængelige.

Som led i kvalitetssikringen skal alle strålebeskyttelsesmæssige foranstaltninger kontrolleres med passende mellemrum, og der skal være skriftlige instrukser for udførelsen af kontrollerne. Resultaterne skal dokumenteres på en systematisk måde.²⁹⁷

16.1. Systemets grundlæggende elementer

I Tabel 16 er en oversigt over en række væsentlige krav i strålebeskyttelseslovgivningen, som kvalitetsstyringssystemet skal være med til at sikre altid bliver efterlevet. Herudover skal kvalitetsstyringssystemet sikre, at f.eks. instrukser efterleves og protokoller føres. Bemærk, at oversigten i tabellen ikke er udtømmende.

²⁹⁵ Bek. nr. 669/2019, § 93.

²⁹⁶ Bek. nr. 669/2019, § 93.

²⁹⁷ Bek. nr. 669/2019, § 94.

Tabel 16
Oversigt over
væsentlige krav som
kvalitetsstyrings-
systemet skal være
med til at sikre altid
bliver efterlevet

Emner og indhold	Henvisning til denne vejledning	Henvisning til bekendtgørelse
Sikkerhedsvurdering		
Opdateret til aktuel brug	Afsnit 6.1	Bek. nr. 669/2019, § 20, stk. 2.
Instrukser		
Modtagelse af forsendelser	Afsnit 10.1	Bek. nr. 670/2019, § 65, nr. 1.
Anvendelse, håndtering og opbevaring m.v.	Afsnit 10.1	Bek. nr. 670/2019, § 65, nr. 1.
Overdragelse og bortskaffelse af radioaktivt affald	Afsnit 10.1	Bek. nr. 670/2019, § 65, nr. 2.
Rengøringspersonale, hvor relevant	Afsnit 10.1	Bek. nr. 670/2019, § 65, nr. 3.
Forholdsregler ved ulykker, uheld og hændelser	Afsnit 10.1	Bek. nr. 670/2019, § 65, nr. 4.
Procedurer		
Klassificering af områder	Afsnit 7.1	Bek. nr. 669/2019, §§ 49-50.
Kategorisering af arbejdstagere	Afsnit 9.1	Bek. nr. 669/2019, § 38.
Kontrolmåling og overfladerengøring	Kapitel 11	Bek. nr. 670/2019, § 71, stk. 1-2.
Kontrol af måleudstyr	Afsnit 11.1.1	Bek. nr. 669/2019, § 56.
Dosisovervågning	Kapitel 13	Bek. nr. 669/2019, §§ 78-79.
Dokumentation		
Frigivelse af genstande og anlæg	Afsnit 11.2 og 11.5	Bek. nr. 670/2019, §§ 11 og 13.
Kontrol af beskyttelseskabinet	Afsnit 8.2.1	Bek. nr. 670/2019, bilag 13, afsnit 1.1.11.2-1.1.11.3.
Funktionstest af ventilationssystem (type B og A isotoplaboratorier)	Afsnit 8.2.1	Bek. nr. 670/2019, bilag 13, afsnit 1.2.6.

Udførte kontrolmålinger (opbevares i mindst 5 år)	Afsnit 11.3	Bek. nr. 670/2019, § 72.
Stråleudsatte arbejdstageres doser (opbevares i mindst 5 år)	Afsnit 13.2	Bek. nr. 669/2019, § 86.
Transportdokumenter, hvor relevant (opbevares i mindst 3 måneder)	Afsnit 15.2.2	
Protokoller		
Trykforhold (type B og A isotoplaboratorier)	Afsnit 8.2.1	Bek. nr. 670/2019, bilag 13, afsnit 1.2.4. Bek. nr. 670/2019, § 67, stk. 3.
Kontrol af måleudstyr	Afsnit 11.1.1	Bek. nr. 669/2019, § 56.
Fortegnelser		
Særlige kompetencepersoner	Kapitel 4	Bek. nr. 669/2019, § 34.
Stråleudsatte arbejdstagere, deres kvalifikationer og vedligeholdelse af disse	Afsnit 9.2	Bek. nr. 669/2019, § 45, stk. 2-3.
Anlæg	Afsnit 8.3	Bek. nr. 670/2019, § 17.
Modtagelse, produktion og overdragelse af åbne radioaktive kilder over undtagelsesværdierne ²⁹⁸	Afsnit 5.7	Bek. nr. 670/2019, § 16, stk. 3.
Udledning, opbevaring og overdragelse af radioaktivt affald	Afsnit 12.5	Bek. nr. 670/2019, § 18.

²⁹⁸ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

17. Love, bekendtgørelser, vejledninger m.v.

17.1. Lov, bekendtgørelser m.v.

- Sundheds- og Ældreministeriets lov nr. 23 af 15. januar 2018 om ioniserende stråling og strålebeskyttelse (strålebeskyttelsesloven).
- Sundheds- og Ældreministeriets bekendtgørelse nr. 1111 af 7. november 2019 om opkrævning af gebyr for Sundhedsstyrelsens tilsyns-, rådgivnings- og bi-standsopgaver.
- Sundhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 669 af 1. juli 2019 om ioniserende stråling og strålebeskyttelse.
- Sundhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 670 af 1. juli 2019 om brug af radioaktive stoffer.
- Sundhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 993 af 5. december 2001 om transport af radioaktive stoffer.
- Sikkerhedsstyrelsens bekendtgørelse nr. 1229 af 11. december 2009 om det internationale enhedssystem, SI, og andre lovlige enheder.
- Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 10 af 5. januar 2018 om lægeundersøgelser ved arbejde, der kan medføre udsættelse for ioniserende stråling.
- Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 518 af 17. juni 1994 om sikkerhedsskiltning og anden form for signalgivning.
- Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens bekendtgørelse nr. 543 af 12. juni 2012 om sikkerhedsrådgivere for transport af farligt gods.
- Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens bekendtgørelse nr. 828 af 10. juni 2017 om vejtransport af farligt gods.
- Rådets forordning (Euratom) nr. 1493/93 af 8. juni 1993 om overførsel af radioaktive stoffer mellem medlemsstaterne.
- ADR (Agreement, Dangerous, Road). Den Europæiske Konvention om International Transport af Farligt Gods ad Vej (2019).
- RID (Reglement for national og international befordring af farligt gods med jernbane) (2019).
- Østersøaftalen. Memorandum of Understanding for the Transport of Packaged Dangerous Goods on Ro-ro Ships in the Baltic Sea (2018).
- IMDG (International Maritime Dangerous Goods) Code (2018).

- ICAO-TI (International Civil Aviation Organisation, Technical Instructions) (2018).
- IATA-DRG (International Air Transport Association, Dangerous Goods Regulations) (2019).

17.2. Vejledninger

- Sundhedsstyrelsens vejledning om sikkerhedsvurdering (2020).
- Sundhedsstyrelsens vejledning om godkendte isotopkurser (2020).
- Arbejdstilsynets vejledning nr. 9093 af 31. januar 2019 om lægeundersøgelser ved arbejde, der kan medføre udsættelse for ioniserende stråling.

17.3. Andre relevante publikationer

- Sundhedsstyrelsens publikation "Strålingsguiden – Ioniserende stråling" (2013).
- Sundhedsstyrelsens publikation "Datablade" (2020).
- Safety Assessment for Facilities and Activities, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 4 (Rev 1) (2016).
- Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment, IAEA, General Safety Guide No. GSG-9 (2018).
- Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities, IAEA Specific Safety Guide No. SSG-49 (2019).
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).
- ICRP, 2010. Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures. ICRP Publication 116. Ann. ICRP 40 (2-5).
- P. H. Jensen, Helsefysik, Radioaktivitet, ioniserende stråling, biologiske virkninger og strålingsbeskyttelse, Praxis – Nyt Teknisk Forlag (2012).
- D. Delacroix, J. P. Guerre, P. Leblanc, C. Hickman, RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK 2002, Radiation Protection Dosimetry, Volume 98, Issue 1, 1 January 2002.
- Measurement Good Practice Guide No. 14, The examination, testing and calibration of portable radiation protection instruments, National Physical Laboratory (NPL), Issue 2, Rev. August 2014.

Loven og de til enhver tid gældende bekendtgørelser kan hentes på www.retsinformation.dk. Andre publikationer fra Sundhedsstyrelsen kan hentes på www.sis.dk.

Bilag A: Ordliste

<i>Affaldsenhed:</i>	Enhver pose, beholder eller indpakning som omslutter affald.
<i>Akut skade:</i>	En skade, hvor der findes en tærskeldosis for skadens opståen, og hvor skadens omfang vokser med størrelsen af dosis. Eksempler på akutte skader er grå stær, sterilitet og hæmning af dannelsen af hvide blodlegemer og andre celler.
<i>Anlæg:</i>	Rum, herunder laboratorier, radiografirum og opbevarings- og affaldsrum, med tilhørende bygningsdele, der er konstrueret og indrettet til at yde strålebeskyttelse ved brug af strålekilder samt køretøjer, der er konstrueret og indrettet til at yde strålebeskyttelse ved anvendelse af strålekilder.
<i>Anvendelse:</i>	Benyttelse af åbne radioaktive kilder til det til tænkte formål, f.eks. forskning og udvikling, dyreforsøg eller forsøg i naturen.
<i>Arbejdsgiver:</i>	Fysisk eller juridisk person, der lader sine arbejdstagere deltage i brug af strålekilder eller lader sine arbejdstagere udsætte for ioniserende stråling.
<i>Arbejdstager:</i>	Enhver person, der uanset det bagvedliggende aftaleforhold fungerer i en arbejdstagerlignende situation.
<i>Befolkningsmæssig bestråling:</i>	Stråleudsættelse af personer med undtagelse af enhver erhvervsmæssig eller <i>medicinsk bestråling</i> .
<i>Besiddelse:</i>	Ejerskab eller råderet over åbne radioaktive kilder.

<i>Beskyttelseskabinet:</i>	Kabinet, der yder beskyttelse ved brug af radioaktivt materiale, der kan give anledning til ekstern eller intern bestråling f.eks. hot cell, handskeboks, stinkskaab eller laminar air flow bænk tilsluttet udsugning.
<i>Bortskaffelse:</i>	Udledning af radioaktivt affald fra anvendelse af åbne radioaktive kilder eller deponering af radioaktivt affald hos en virksomhed, der er særligt udpeget til dette. I denne vejledning forstås ved begrebet bortskaffelse også udsmidning af ikke-radioaktivt affald via normal renovation.
<i>Bremsestråling:</i>	Elektromagnetisk stråling, der opstår ved nedbremsning af betapartikler i materiale.
<i>Brug:</i>	Fremstilling, forarbejdning, besiddelse, import, eksport, overdragelse, håndtering, anvendelse, kontrol, eftersyn, opbevaring, bortskaffelse, genvinding, genanvendelse, udledning og transport af radioaktive stoffer.
<i>Dansk Dekommissionering:</i>	En statsejet virksomhed med ansvar for modtagelse og lagring af radioaktivt affald fra brugere af radioaktivt materiale i Danmark. Dansk Dekommissionering har også til opgave at udvikle et dansk depot for radioaktivt affald.
<i>Deponering:</i>	Anbringelse uden intention om senere udtagning af radioaktivt affald i et naturligt eller konstrueret barriersystem, herunder anlæg, med det formål at yde strålebeskyttelse.
<i>Dosimetrisk tjeneste:</i>	Organ eller person, der har kompetence til kalibrering og aflæsning af persondosimetre samt bestemmelse af dosis ud fra et persondosimeter eller til måling af radioaktivitet i kroppen eller i biologiske prøver eller til vurdering af doser.

<i>Dosisbinding:</i>	En øvre værdi for den individuelle dosis, en strålekilde må kunne foranledige i en <i>planlagt bestrålingssituation</i> , og som er udgangspunkt for optimering af strålebeskyttelsen.
<i>Dosisgrænse:</i>	Størrelsen af den effektive dosis eller den ækvivalente dosis i en angivet periode, som ikke må overskrides for en person.
<i>Dosisovervågningsprogram:</i>	Individuel dosisovervågning, der ikke baserer sig på anvendelse af persondosimeter, f.eks. måling på biologiske prøver fra personen, måling af personen i en helkropstæller eller ved vurdering af doser baseret på et skøn foretaget på grundlag af individuelle målinger, der er gennemført på andre stråleudsatte arbejdstagere, på grundlag af resultaterne af overvågning af arbejdspladsen eller på grundlag af beregningsmetoder.
<i>Effektiv dosis:</i>	Summen af de vægtede ækvivalente doser i alle kropsvæv og organer, der har været udsat for intern eller ekstern bestråling.
<i>Eksisterende bestrålingssituation:</i>	En bestrålingssituation, der allerede eksisterer, når der skal tages beslutning om kontrollen af den, og som ikke kræver eller ikke længere kræver hasteforanstaltninger.
<i>Eksport:</i>	Overførsel af åbne radioaktive kilder fra Danmark til et andet land.
<i>Ekstern arbejdstager:</i>	Stråleudsat eller øvrig arbejdstager, der udfører arbejde for en virksomhed, hvor virksomheden ikke er den pågældende arbejdstagers arbejdsgiver.
<i>Ekstern bestråling:</i>	Bestråling af kroppen fra strålekilder uden for kroppen.
<i>Enkeltperson i befolkningen:</i>	Person, der kan udsættes for befolkningsmæssig bestråling.

<i>Erhvervsmæssig bestråling:</i>	Den bestråling, som en arbejdstager modtager fra brug af strålekilder eller stråleudsættelse i den virksomhed, den pågældende udfører arbejde for. For personer, der er i en mindst 2-årig erhvervskompetencegivende uddannelse, der er reguleret ved lov eller i henhold til lov, og hvor brug af strålekilder eller stråleudsættelse indgår som et nødvendigt led i den pågældende uddannelse, anses den bestråling, som pågældende modtager fra brug af strålekilder eller stråleudsættelse under undervisningen, som erhvervsmæssig bestråling.
<i>Forsendelse:</i>	Ethvert kolli eller enhver last af radioaktive stoffer, der af en afsender frembydes til transport.
<i>Fremstilling:</i>	Produktion af radionuklider f.eks. ved hjælp af en cyklotron.
<i>Frigivelse:</i>	Ændring af regulatorisk status, der medfører, at de strålebeskyttelsesmæssige krav i strålebeskyttelsesloven og bestemmelserne i de regler, der er fastsat i medfør af loven, ikke længere finder anvendelse.
<i>Godsoperatør:</i>	En jernbanevirksomhed, hvis hovedaktivitet består i godstransport på jernbane.
<i>Håndtering:</i>	De praktiske operationer forbundet med anvendelse, opbevaring m.v. af åbne radioaktive kilder. Håndtering indbefatter f.eks. operationer forbundet med modtagelse af en åben radioaktiv kilde, laboratoriearbejde med åbne radioaktive kilder og pakning af radioaktivt affald fra anvendelse af åbne radioaktive kilder.
<i>Ikke-medicinske formål:</i>	Formål der ikke omfatter medicinsk bestråling.
<i>Import:</i>	Overførsel af åbne radioaktive kilder til Danmark fra et andet land.

<i>Infrastrukturforvalter:</i>	Ethvert organ eller enhver virksomhed, der er ansvarlig for anlæg, vedligeholdelse og forvaltning, herunder trafikstyring af jernbaneinfrastruktur.
<i>Indgift:</i>	Administration af radioaktivt materiale på/i mennesker og dyr.
<i>Indgivet:</i>	Se "indgift".
<i>Individuel dosisovervågning:</i>	Bestemmelse af effektiv eller ækvivalent dosis til den enkelte person ved anvendelse af persondosimeter eller på baggrund af et dosisovervågningsprogram.
<i>Indsats- eller redningsmandskab:</i>	Personer, der har en bestemt rolle i en nødsituation, og som kan blive stråleudsat som følge af indsatsen, herunder frivillige, der på forhånd er blevet instrueret om deres rolle.
<i>Intern bestråling:</i>	Bestråling af kroppen fra strålekilder i kroppen.
<i>Ioniserende stråling:</i>	Partikler, herunder fotoner, der kan forårsage ioniseringer i stof enten direkte eller indirekte, for elektromagnetisk stråling dog kun stråling med en bølgelængde på 100 nm eller derunder.
<i>Jodering:</i>	En håndtering, hvor der benyttes flygtig jod, typisk I-125.
<i>Kolli:</i>	Transportemballage med radioaktivt indhold.
<i>Kvalitetssikring:</i>	Alle de planlagte og systematiske tiltag, herunder kvalitetskontrol, der er nødvendige for at skabe tilstrækkelig sikkerhed for, at en strålekilde, et anlæg, udstyr, et system eller delelement eller en procedure fungerer tilfredsstillende i overensstemmelse med vedtagne standarder.

<i>Kvalitetsstyringssystem:</i>	Et sammenhængende og dokumenteret styringssystem, som sikrer kvaliteten af organisationens processer på en systematisk og effektiv måde, mhp. at nå organisationens målsætning for sikkerhed og strålebeskyttelse. Systemet omfatter typisk organisationsstruktur, ressourcer og processer, arbejdstagere og udstyr samt politikker, procedurer og instrukser.
<i>Luftbåret radioaktivt materiale:</i>	Radioaktivt materiale på gas, aerosol eller pulverform.
<i>Lækagesporing:</i>	Lækagesporing på skjulte rørinstallationer ved brug af radioaktivt materiale.
<i>Medicinsk bestråling:</i>	Bestråling, som patienter eller personer uden symptomer udsættes for som led i deres egen medicinske eller dentale diagnose eller behandling, og som har til formål at gavne deres sundhed, og bestråling, som omsorgspersoner og hjælpere udsættes for i denne forbindelse, samt den bestråling, som frivillige udsættes for i forbindelse med medicinsk eller biomedicinsk forskning.
<i>NORM:</i>	Naturligt forekommende radioaktivt materiale (Naturally Occurring Radioactive Material).
<i>Nødbestrålingssituation:</i>	En situation med bestråling, der skyldes en nødsituation.
<i>Nødsituation:</i>	En ikke-rutinemæssig situation, der involverer en strålekilde og kræver omgående handling primært for at mindske: a) alvorlige negative konsekvenser for personers sundhed og sikkerhed, livskvalitet, ejendom eller miljøet, eller b) en risiko, der vil kunne give anledning til sådanne alvorlige negative konsekvenser.

<i>Opbevaring:</i>	Alle former for lagring af åbne radioaktive kilder f.eks. på specielt indrettede opbevaringssteder i de anlæg, hvor de åbne radioaktive kilder håndteres, eller opbevaring af radioaktivt materiale eller radioaktivt affald i anlæg særligt konstrueret til dette formål.
<i>Overdragelse:</i>	Skift af ejerskabet af en åben radioaktiv kilde fra én virksomhed til en anden. Når en virksomhed sender radioaktivt affald til forbrænding på et forbrændingsanlæg eller til Dansk Dekommissionering, er der også tale om en overdragelse.
<i>Overførsel:</i>	Alle tiltag, der er nødvendige for fysisk at flytte radioaktivt materiale fra et land til et andet land.
<i>Persondosimeter:</i>	Anordning, der bæres af den enkelte arbejdstager, til bestemmelse af effektiv dosis eller ækvivalent dosis til den pågældende.
<i>Planlagt bestrålingssituation:</i>	En bestrålingssituation, der skyldes planlagt brug af en strålekilde eller planlagt udsættelse for ioniserende stråling i en <i>eksisterende bestrålingssituation</i> . En planlagt bestrålingssituation kan omfatte både normal og potentiel stråleudsættelse.
<i>PMMA:</i>	Polymethylmethacrylat også kaldet akryl.
<i>Radioaktivt affald:</i>	Radioaktivt materiale uden forudset anvendelse.
<i>Radioaktivt materiale:</i>	Radioaktivt stof, hvis aktivitetsmængde eller aktivitetskoncentration der ikke kan ses bort fra af hensyn til strålebeskyttelse.
<i>Radioaktivt stof:</i>	Stof, der indeholder en eller flere radionuklider.
<i>Radionuklid:</i>	Ustabil atomkerne, der henfalder under udsendelse af ioniserende stråling.

<i>RIA-kit:</i>	Kit til bindingsanalyse; de fleste af disse kits indeholder meget små aktivitetsmængder H-3 eller I-125.
<i>Senscade:</i>	En skade, for hvilken der ikke findes nogen påviselig tærskeldosis for, om skaden kan opstå, og hvor risikoen for, at skaden opstår, vokser med dosis. Eksempler på senscade er leukæmi og andre kræftformer, samt genetiske skader. Disse skader kan vise sig mange år efter stråleudsættelsen.
<i>Sikkerhedsrådgiver:</i>	Transportrådgiver, der skal være tilknyttet virksomheder, der transporterer radioaktivt materiale bortset fra undtagne forsendelser og undtagelseskolli.
<i>Sikkerhedsvurdering:</i>	Vurdering af alle aspekter af en virksomheds specifikke brug af strålekilder eller stråleudsættelse, som er relevante for sikkerhed og strålebeskyttelse.
<i>Sikring:</i>	Foranstaltninger eller forholdsregler, der skal træffes for at forebygge, opdage og reagere på tyveri, utilsigtet adgang eller misbrug af radioaktivt materiale.
<i>Strålebeskyttelse:</i>	Foranstaltninger til beskyttelse mod ioniserende stråling, herunder forebyggelse af ulykker, uheld og hændelser samt afbødning af konsekvenser heraf.
<i>Strålebeskyttelsesekspert:</i>	En person, der skal rådgive virksomheden for at sikre effektiv strålebeskyttelse af arbejdstagere og enkeltpersoner i befolkningen i forbindelse med virksomhedens brug af strålekilder eller stråleudsættelse. Strålebeskyttelseseksperten skal være godkendt af Sundhedsstyrelsen.

<i>Strålebeskyttelseskoordinator:</i>	En person, der skal overvåge og medvirke til at opretholde strålebeskyttelsen af arbejdstagere og enkeltpersoner i befolkningen i forbindelse med virksomhedens brug af strålekilder eller stråleudsættelse. Strålebeskyttelseskoordinatoren skal være godkendt af Sundhedsstyrelsen.
<i>Strålekilde:</i>	Radioaktivt stof eller <i>strålingsgenerator</i> .
<i>Stråleudsat arbejdstager:</i>	Arbejdstager i en virksomhed med brug af strålekilder, hvor arbejdstageren er direkte involveret i eller udfører et arbejde, der er nødvendigt for denne brug, eller arbejdstager, der planlagt udsættes for ioniserende stråling i en eksisterende bestrålingssituation, og hvis tilstedeværelse er nødvendig.
<i>Stråleudsættelse:</i>	Udsættelse for ioniserende stråling.
<i>Stråling:</i>	Ioniserende stråling.
<i>Strålingsgenerator:</i>	Anordning, der er i stand til at generere ioniserende stråling.
<i>Transit:</i>	Overførsel af radioaktivt materiale fra et land uden for den Europæiske Union til et andet land uden for den Europæiske Union gennem Danmark.
<i>Transport:</i>	Flytning samt enhver operation i forbindelse med pålæsning, aflæsning, transitopbevaring og håndtering på dansk område. Transport omfatter således transporter til og fra danske modtagere og afsendere samt transittransporter, der passerer dansk område.
<i>Udledning:</i>	Spredning af åbne radioaktive kilder til omgivelserne f.eks. via kloak eller skorsten.
<i>Udledningspunkt:</i>	Det sted, hvor udledt radioaktivt affald spredes uden kontrol i det omgivende miljø, f.eks. tilløb til offentlig kloak, skorstensafkast eller udluftningskanal til atmosfæren.

<i>Udstyr:</i>	Det supplerende materiel, der er nødvendigt ved brug af strålekilder eller stråleudsættelse, herunder beholdere, måleinstrumenter og andet måleudstyr, billedregistreringssystemer og materiel til strålebeskyttelse inklusive personlige værnemidler.
<i>Uheldsbestråling:</i>	Bestråling af personer, der skyldes en ulykke, et uheld eller en hændelse, med undtagelse af bestråling af indsats- og redningsmandskab i forbindelse med deres indsats.
<i>Undtagelsesværdi:</i>	Værdi for aktivitetskoncentration og aktivitetsmængde, der kan anvendes som standard for undtagelse af en hvilken som helst type materiale i begrænsede mængder, se bilag 3 i bekendtgørelse nr. 670/2019.
<i>Undtagelses- og frigivelsesværdi:</i>	Værdi for aktivitetskoncentration, der kan anvendes som standard for undtagelse eller frigivelse af en hvilken som helst aktivitetsmængde og type materiale, se bilag 4 i bekendtgørelse nr. 670/2019.
<i>UN-nummer:</i>	Nummerering af officielle godsbetegnelser for farligt gods defineret af FN.
<i>Utsigtet bestråling:</i>	Bestråling, der væsentligt overstiger det, der påføres personer og miljø ved korrekt brug af strålekilder, og medicinsk bestråling, der er væsentlig forskellig fra den tilsigtede.
<i>Veterinærmedicinsk anvendelse:</i>	Anvendelse af radioaktivt materiale til veterinærmedicinske undersøgelser, veterinærmedicinske behandlinger eller forskning inden for disse områder.
<i>Virksomhed:</i>	Fysisk eller juridisk person, der ejer, lejer, leaser eller låner eller i øvrigt har råderet over radioaktivt stof eller er ansvarlig for et område med ioniserende stråling, eller som er ansvarlig for brug af en strålekilde.

Ækvivalent dosis:

Den gennemsnitligt absorberede dosis i væv eller organ vægtet for type og kvalitet af den ioniserende stråling.

Øvrig arbejdstager:

Arbejdstager i en virksomhed med brug af strålekilder eller stråleudsættelse, der ikke er en stråleudsat arbejdstager.

Åben radioaktiv kilde:

Uindkapslet radioaktivt materiale i form af gas, aerosol, væske eller fast stof, hvor kontakt med eller spredning af materialet kan forekomme under brug.

Bilag B: Formler, enheder og omregningsfaktorer

Formler

Grundlæggende formler*	
Beskrivelse	Formel
Aktivitetsmængde, A , til tiden, t	$A_t = A_0 \cdot e^{-\ln 2 \cdot t / t_{1/2}}$
Dosishastighed** ved en bestemt aktivitetsmængde i afstanden, x , fra uafskærmet kilde	$\dot{D} = A \cdot \Gamma / x^2$
Dosishastighed** ved en bestemt aktivitetsmængde i afstanden, x , fra afskærmet kilde, som dæmpes af et materiale med lineær absorptionskoefficient, μ , og tykkelse, d	$\dot{D} = \left(\frac{A \cdot \Gamma}{x^2} \right) \cdot e^{-\mu \cdot d}$
Dosishastighed** i en bestemt afstand (afstandskvadratloven) <i>Når dosishastigheden, $\dot{D}_1$, kendes ved afstanden, x_1, fra en strålekilde, kan dosishastigheden, $\dot{D}_2$, ved en bestemt afstand, x_2, bestemmes ud fra relationen</i>	$\dot{D}_2 = \dot{D}_1 \cdot (x_1/x_2)^2$
Afstand** der vil medføre en bestemt dosishastighed (afstandskvadratloven) <i>Når dosishastigheden, $\dot{D}_1$, kendes ved afstanden, x_1, fra en strålekilde, kan afstanden, x_2, ved en bestemt dosishastighed, $\dot{D}_2$, bestemmes ud fra relationen</i>	$x_2 = x_1 \cdot \sqrt{\dot{D}_1 / \dot{D}_2}$
Udregning af transmissionsfaktor (med og uden afskærmning)	$T = \dot{D}_m / \dot{D}_u$
Dosis efter et bestemt tidsrum, t (gyldigt når $t \ll t_{1/2}$)	$D = \dot{D} \cdot t$

* Alle størrelser i disse formler skal regnes som operationelle størrelser som f.eks. miljødosisækvivalenten, $H^*(10)$, som defineret i ICRP²⁹⁹.

** Hvor strålekilden udsender elektromagnetisk stråling, f.eks. gammastråling, og kan betragtes som en punktkilde.

²⁹⁹ ICRP Publ. 116, 2010.

Formler til bestemmelse af myndighedskontrolniveau ³⁰⁰	
Beskrivelse	Formel
Aktivitetsindeks for radionuklid, k	$I_A = \sum_k \frac{A_k}{A_{U,k}}$
Aktivitetskoncentrationsindeks for radionuklid, k	$I_{AK} = \sum_k \frac{AK_k}{AK_{U,k}}$

Definitioner og symboler

Definitioner		
Beskrivelse	Formel	Enhed
Absorberet dosis <i>Hvor $d\varepsilon$ er den energi fra ioniserende stråling, der afsættes i et infinitesimalt volumen med massen, dm</i>	$D = \frac{d\varepsilon}{dm}$	[gray, Gy]
Ækvivalent dosis <i>Størrelsen, ækvivalent dosis, tager hensyn til den biologiske virkning af ioniserende stråling ift. strålingstype og energi</i>	$H_T = \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$	[sievert, Sv]
Effektiv dosis <i>Størrelsen, effektiv dosis, tager hensyn til organers og vævs forskellig strålefølsomhed for tilfælde, hvor kun en del af kroppen bestråles eller udsættes for en inhomogen bestråling</i>	$E = \sum_T w_T \cdot H_T$	[Sv]

Symboler		
Symbol	Beskrivelse	Enhed
A	Aktivitetsmængde	[becquerel, Bq]
A_t	Aktivitetsmængde til tiden, t	[Bq]

³⁰⁰ Bek. nr. 670/2019, bilag 1.

A_0	Oprindelig aktivitet smængde til tiden = 0	[Bq]
A_k	Aktivitet smængden af radionuklid, k	[Bq]
$A_{U,k}$	Aktivitet smængden for radionuklid, k , for undtagelse ³⁰¹	[Bq]
AK_k	Aktivitet skoncentrationen af radionuklid, k	[Bq/g]
$AK_{U,k}$	Aktivitet skoncentrationen for radionuklid, k , for undtagelse og frigivelse ³⁰²	[Bq/g]
d	Tykkelse	[meter, m]
D	Dosis	[Sv] <i>Målestørrelse er typisk i enheden μSv eller mSv</i>
$\dot{D}$	Dosishastighed	[Sv/h] <i>Målestørrelse er typisk i enheden $\mu\text{Sv/h}$ eller mSv/h</i>
$D_{T,R}$	Gennemsnitlig absorberet dosis, der afsættes i organet/vævet, T , som følge af strålingen, R	[Gy]
Γ	Gammakonstant <i>Konstant til beregning af dosishastighed for en given aktivitet smængde og afstand</i>	[Sv·m ² /(Bq·s)]
μ	Lineær absorptionskoefficient <i>Sandsynligheden for attenuation pr. længdeenhed</i>	[m ⁻¹]
t	Tid	[sekund, s]

³⁰¹ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.³⁰² Bek. nr. 670/2019, bilag 3-4.

$t_{1/2}$	Halveringstid <i>Den tid der går, før aktivitetsmængden er reduceret til det halve</i>	[s]
T	Transmissionsfaktor <i>Forholdet mellem den mængde stråling, der slipper gennem et materiale, og den mængde stråling, der sendes ind mod materialet</i>	Dimensionsløs
W_R	Strålevægtningfaktor ³⁰³ <i>Anvendes til at vægte den absorberede dosis i organ eller væv for type og energi af strålingen (radiation, R), og dermed gå fra den fysiske virkning [gray] til den biologiske virkning [sievert]</i>	[Sv/Gy]
W_T	Væsvægtningfaktor ³⁰⁴ <i>Anvendes til at vægte ækvivalent dosis i organ eller væv (tissue, T) for dets strålefølsomhed</i>	Dimensionsløs
x	Afstand	[m]

Omregningsfaktorer

Aktivitet

- 1 becquerel [Bq] = 1 henfald pr. sekund [s^{-1}]
- 1 curie [Ci] = 37 GBq
- 1 mCi = 37 MBq

SI-enheden for aktivitetsmængden er becquerel³⁰⁵, curie er en gammel enhed.

Absorberet dosis

- gray [Gy] = $J \cdot kg^{-1}$

³⁰³ Bek. nr. 669/2019, bilag 4, tabel 1.

³⁰⁴ Bek. nr. 669/2019, bilag 4, tabel 2.

³⁰⁵ Bek. nr. 1229/2009, bilag 1.

- 1 Gy = 100 rad
- 1 rad = 10 mGy

SI-enheden for absorberet dosis er gray³⁰⁶, rad er en gammel enhed.

Ækvivalent og effektiv dosis

- sievert [Sv] = J · kg⁻¹
- 1 Sv = 100 rem

SI-enheden for ækvivalent dosis er sievert³⁰⁷, rem er en gammel enhed.

Energi

- joule [J] = N · m
- 1 elektronvolt [eV] = 1,602 · 10⁻¹⁹ J

Præfikser									
pico	nano	mikro	milli	kilo	mega	giga	tera	peta	exa
p	n	μ	m	k	M	G	T	P	E
10 ⁻¹²	10 ⁻⁹	10 ⁻⁶	10 ⁻³	10 ³	10 ⁶	10 ⁹	10 ¹²	10 ¹⁵	10 ¹⁸

³⁰⁶ Bek. nr. 1229/2009, bilag 1.

³⁰⁷ Bek. nr. 1229/2009, bilag 1.

Bilag C: Eksempler på bestemmelse af myndighedskontrolniveau

Nedenfor er givet eksempler på bestemmelse af myndighedskontrolniveau for dels besiddelse, anvendelse, opbevaring m.v. af åbne radioaktive kilder og dels udledning af radioaktivt materiale.

Eksempel 1: Besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v.

En virksomhed besidder, anvender og opbevarer m.v. åbne radioaktive kilder indeholdende C-14, P-32 og I-125. Virksomheden udleder ikke radioaktivt materiale. De maksimale aktivitetskoncentrationer og aktivitetsmængder, som virksomheden til enhver tid er i besiddelse af, er angivet nedenfor.

Radionuklid	Aktivitetskoncentration [Bq/ml]	Aktivitetsmængde [Bq]
C-14	3×10^4	5×10^6
P-32	5×10^3	5×10^4
I-125	10×10^3	5×10^6

For at vurdere, hvorvidt virksomhedens besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v. er underlagt krav om tilladelse, underretning eller er undtaget herfra, beregnes indeksværdierne for aktivitetskoncentration og aktivitetsmængde, jf. formel (1) og formel (2) i afsnit 5.1. Undtagelsesværdierne for C-14, P-32 og I-125 er angivet i Tabel 2 i afsnit 5.1. For vandige opløsninger kan det typisk antages, at Bq/g svarer til Bq/ml, hvilket er anvendt i nedenstående beregning, hvor undtagelsesværdierne er angivet med enheden Bq/ml.

Aktivitetskoncentrationsindeks:

$$\begin{aligned}
 I_{AK} &= \sum_k \frac{AK_k}{AK_{U,k}} = \frac{AK_{C-14}}{AK_{U,C-14}} + \frac{AK_{P-32}}{AK_{U,P-32}} + \frac{AK_{I-125}}{AK_{U,I-125}} \\
 &= \frac{3 \times 10^4 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}}{1 \times 10^4 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}} + \frac{5 \times 10^3 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}}{1 \times 10^3 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}} + \frac{10 \times 10^3 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}}{1 \times 10^3 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}} = 3 + 5 + 10 = 18
 \end{aligned}$$

Aktivitetsindeks:

$$I_A = \sum_k \frac{A_k}{A_k} = \frac{A_{C-14}}{A_{U,C-14}} + \frac{A_{P-32}}{A_{U,P-32}} + \frac{A_{I-125}}{A_{U,I-125}}$$

$$= \frac{5 \times 10^6 \text{ Bq}}{1 \times 10^7 \text{ Bq}} + \frac{5 \times 10^4 \text{ Bq}}{1 \times 10^5 \text{ Bq}} + \frac{5 \times 10^6 \text{ Bq}}{1 \times 10^6 \text{ Bq}} = 0,5 + 0,5 + 5 = 6$$

Aktivitetskoncentrationsindekset er større end 1 men mindre end 1.000, og derfor er anden række i Tabel 3 i afsnit 5.1.1 dækkende for aktivitetskoncentrationen (blå markering i Figur 4).

Aktivitetsindekset er større end 1 men mindre end 10, og derfor er anden kolonne i Tabel 3 i afsnit 5.1.1 dækkende for aktivitetsmængden (rød markering i Figur 4).

Fællesmængden for de to markeringer angiver myndighedskontrolniveauet for virksomhedens besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v. Dvs. at der i dette eksempel kræves en tilladelse.

Figur 4 Myndighedskontrolniveau for besiddelse, anvendelse, opbevaring m.v. beskrevet i Eksempel 1

		Aktivitetsindeks I_A		
		$I_{A,bilag\ 3} \leq 1$	$1 < I_{A,bilag\ 3} \leq 10$	$10 < I_{A,bilag\ 3}$
Aktivitetskoncentrationsindeks I_{AK}	$1.000 < I_{AK,bilag\ 3}$	Tilladelse	Tilladelse	Tilladelse
	$1 < I_{AK,bilag\ 3} \leq 1.000$	Underretning	Tilladelse	Tilladelse
	$I_{AK,bilag\ 3} \leq 1$ og $1 < I_{AK,bilag\ 4}$	Undtaget fra krav om underretning*	Underretning	Tilladelse
	$I_{AK,bilag\ 4} \leq 1$	Undtaget fra krav	Undtaget fra krav	Undtaget fra krav

* Hvis den samlede aktivitetsmængde pr. måned overstiger et aktivitetsindeks på 10 kræves dog underretning

Eksempel 2: Besiddelse, anvendelse, opbevaring og udledning m.v.

En virksomhed besidder, anvender og opbevarer m.v. åbne radioaktive kilder indeholdende H-3 og C-14. Virksomheden udleder også radioaktivt materiale via kloak.

Besiddelse, anvendelse og opbevaring

Myndighedskontrolniveauet for dels besiddelse, anvendelse, opbevaring m.v. af åbne radioaktive kilder og dels udledning af radioaktivt materiale skal derfor bestemmes. De maksimale aktivitetskoncentrationer og aktivitetsmængder, som virksomheden til enhver tid er i besiddelse af, er angivet nedenfor.

Radionuklid	Aktivitetskoncentration [Bq/ml]	Aktivitetsmængde [Bq]
H-3	10×10^6	3×10^8
C-14	3×10^4	5×10^6

For at vurdere, hvorvidt virksomhedens besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v. er underlagt krav om tilladelse, underretning eller er undtaget herfra, beregnes indeksværdierne for aktivitetskoncentration og aktivitetsmængde, jf. formel (1) og formel (2) i afsnit 5.1. Undtagelsesværdierne for H-3 og C-14 er angivet i Tabel 2 i afsnit 5.1. For vandige opløsninger kan det typisk antages, at Bq/g svarer til Bq/ml, hvilket er anvendt i nedenstående beregning, hvor undtagelsesværdierne er angivet med enheden Bq/ml.

Aktivitetskoncentrationsindeks:

$$\begin{aligned}
 I_{AK} &= \sum_k \frac{AK_k}{AK_{U,k}} = \frac{AK_{H-3}}{AK_{U,H-3}} + \frac{AK_{C-14}}{AK_{U,C-14}} \\
 &= \frac{10 \times 10^6 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}}{1 \times 10^6 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}} + \frac{3 \times 10^4 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}}{1 \times 10^4 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}} = 10 + 3 = 13
 \end{aligned}$$

Aktivitetsindeks:

$$\begin{aligned}
 I_A &= \sum_k \frac{A_k}{A_k} = \frac{A_{H-3}}{A_{U,H-3}} + \frac{A_{C-14}}{A_{U,C-14}} \\
 &= \frac{3 \times 10^8 \text{Bq}}{1 \times 10^9 \text{Bq}} + \frac{5 \times 10^6 \text{Bq}}{1 \times 10^7 \text{Bq}} = 0,3 + 0,5 = 0,8
 \end{aligned}$$

Aktivitetskoncentrationsindekset er større end 1 men mindre end 1.000, og derfor er anden række i Tabel 3 i afsnit 5.1.1 dækkende for aktivitetskoncentrationen (blå markering i Figur 5).

Aktivitetsindekset er mindre end 1, og derfor er første kolonne i Tabel 3 i afsnit 5.1.1 dækkende for aktivitetismængden (rød markering i Figur 5).

Fællesmængden for de to markeringer angiver myndighedskontrolniveauet for besiddelsen, anvendelsen og opbevaringen m.v. Dvs. at besiddelsen m.v. beskrevet i dette eksempel kræver underretning.

Figur 5 Myndighedskontrolniveau for besiddelse, anvendelse, opbevaring m.v. beskrevet i Eksempel 2

		Aktivitetsindeks I_A		
		$I_{A,bilag\ 3} \leq 1$	$1 < I_{A,bilag\ 3} \leq 10$	$10 < I_{A,bilag\ 3}$
Aktivitetskoncentrationsindeks I_{AK}	$1.000 < I_{AK,bilag\ 3}$	Tilladelse	Tilladelse	Tilladelse
	$1 < I_{AK,bilag\ 3} \leq 1.000$	Underretning	Tilladelse	Tilladelse
	$I_{AK,bilag\ 3} \leq 1$ og $1 < I_{AK,bilag\ 4}$	Undtaget fra krav om underretning*	Underretning	Tilladelse
	$I_{AK,bilag\ 4} \leq 1$	Undtaget fra krav	Undtaget fra krav	Undtaget fra krav

* Hvis den samlede aktivitetismængde pr. måned overstiger et aktivitetsindeks på 10 kræves dog underretning

Udledning

Virksomheden udleder hver måned en aktivitetismængde på hhv. 10 MBq H-3 og 1 MBq C-14, i en samlet mængde spildevand på 10.000 l.

Aktivitetskoncentrationen i udledningspunktet beregnes som:

$$\begin{aligned}
 I_{AK} &= \sum_k \frac{AK_k}{AK_{U,k}} = \frac{AK_{H-3}}{AK_{U,H-3}} + \frac{AK_{C-14}}{AK_{U,C-14}} \\
 &= \frac{\frac{10 \text{ MBq}}{10.000 \text{ l}}}{1 \times 10^6 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}} + \frac{\frac{1 \text{ MBq}}{10.000 \text{ l}}}{1 \times 10^4 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}} = \frac{\frac{10 \times 10^6 \text{ Bq}}{10.000 \times 10^3 \text{ ml}}}{1 \times 10^6 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}} + \frac{\frac{1 \times 10^6 \text{ Bq}}{10.000 \times 10^3 \text{ ml}}}{1 \times 10^4 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}} \\
 &= \frac{1 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}}{1 \times 10^6 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}} + \frac{0,1 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}}{1 \times 10^4 \frac{\text{Bq}}{\text{ml}}} = 1 \times 10^{-6} + 1 \times 10^{-5} = 11 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

Da aktivitetskoncentrationsindekset baseret på undtagelsesværdierne³⁰⁸ er mindre end 1, skal aktivitetskoncentrationsindekset baseret på undtagelses- og frigivelsesværdierne³⁰⁹ også beregnes.

$$I_{AK,bilag\ 4} = \frac{1 \frac{Bq}{ml}}{100 \frac{Bq}{ml}} + \frac{0,1 \frac{Bq}{ml}}{1 \frac{Bq}{ml}} = 0,11$$

Aktivitetsindeks:

$$I_A = \sum_k \frac{A_k}{A_{U,k}} = \frac{10 \times 10^6 Bq}{1 \times 10^9 Bq} + \frac{1 \times 10^6 Bq}{1 \times 10^7 Bq} = 0,01 + 0,1 = 0,11$$

Da aktivitetskoncentrationsindekset baseret på undtagelses- og frigivelsesværdierne er mindre end 1, er den sidste række i Tabel 4 i afsnit 5.1.2 dækkende for aktivitetskoncentrationen (blå markering i Figur 6).

Aktivitetsindekset er mindre end 1, og derfor er første kolonne i Tabel 4 i afsnit 5.1.2 dækkende for aktivitetismængden (rød markering i Figur 6).

Fællesmængden for de to markeringer angiver myndighedskontrolniveauet for udledningen. Dvs. at udledningen beskrevet i dette eksempel er undtaget fra krav.

Figur 6 Myndighedskontrolniveau for udledning beskrevet i Eksempel 2

		Aktivitetsindeks I_A^{**}		
		$I_{A,bilag\ 3} \leq 1$	$1 < I_{A,bilag\ 3} \leq 10$	$10 < I_{A,bilag\ 3}$
Aktivitetskoncentrationsindeks I_{AK}^{***}	$100 < I_{AK,bilag\ 3}$	Tilladelse	Tilladelse	Tilladelse
	$1 < I_{AK,bilag\ 3} \leq 100$	Underretning*	Tilladelse	Tilladelse
	$I_{AK,bilag\ 3} \leq 1$ og $1 < I_{AK,bilag\ 4}$	Undtaget fra krav om underretning	Underretning	Tilladelse
	$I_{AK,bilag\ 4} \leq 1$	Undtaget fra krav	Undtaget fra krav	Undtaget fra krav

* Aktivitetskoncentrationen umiddelbart efter udledningspunktet må ikke være større end 10 gange undtagelsesværdien

** Beregnet ud fra den udledte aktivitetismængde pr. måned

*** i udledningspunktet

³⁰⁸ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

³⁰⁹ Bek. nr. 670/2019, bilag 4.

Eksempel 3: Besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v.

En virksomhed besidder, anvender og opbevarer m.v. åbne radioaktive kilder indeholdende C-14. Virksomheden udleder ikke radioaktivt materiale. Virksomheden har til enhver tid kun én stamopløsning i sin besiddelse, men anskaffer i alt 15 stamopløsninger om måneden. Den maksimale aktivitetskoncentration og aktivitetsmængde, som virksomheden til enhver tid er i besiddelse af, er angivet nedenfor.

Radionuklid	Aktivitetskoncentration [Bq/ml]	Aktivitetsmængde [Bq]
C-14	1×10^3	10×10^6

For at vurdere, hvorvidt virksomhedens besiddelse, anvendelse og opbevaring m.v. er omfattet af krav om tilladelse, underretning eller er undtaget herfra, beregnes indeksværdierne for aktivitetskoncentration og aktivitetsmængde, jf. formel (1) og formel (2) i afsnit 5.1. Undtagelsesværdierne for C-14 er angivet i Tabel 2 i afsnit 5.1. For vandige opløsninger kan det typisk antages, at Bq/g svarer til Bq/ml, hvilket er anvendt i nedenstående beregning, hvor undtagelsesværdierne er angivet med enheden Bq/ml.

Aktivitetskoncentrationsindeks:

$$I_{AK,bilag\ 3} = \sum_k \frac{AK_k}{AK_{U,k}} = \frac{AK_{C-14}}{AK_{U,C-14}} = \frac{1 \times 10^3 \frac{Bq}{ml}}{1 \times 10^4 \frac{Bq}{ml}} = 0,1$$

Aktivitetskoncentrationsindekset baseret på undtagelsesværdierne³¹⁰ er mindre end 1, og derfor skal aktivitetskoncentrationsindekset baseret på undtagelses- og frigivelsesværdierne³¹¹ også beregnes.

$$I_{AK,bilag\ 4} = \sum_k \frac{AK_k}{AK_{U,k}} = \frac{AK_{C-14}}{AK_{U,C-14}} = \frac{1 \times 10^3 \frac{Bq}{ml}}{1 \frac{Bq}{ml}} = 1.000$$

Aktivitetsindeks:

$$I_A = \sum_k \frac{A_k}{A_k} = \frac{A_{C-14}}{A_{U,C-14}} = \frac{10 \times 10^6 Bq}{1 \times 10^7 Bq} = 1$$

De ovenfor beregnede indeksværdier angiver, jf. Tabel 3 i afsnit 5.1.1, at besiddelsen m.v. er undtaget fra krav om tilladelse eller underretning.

³¹⁰ Bek. nr. 670/2019, bilag 3.

³¹¹ Bek. nr. 670/2019, bilag 4.

Ved undtagelse fra krav om tilladelse eller underretning er det dog vigtigt at være opmærksom på, at virksomhedens samlede aktivitetsindeks pr. måned skal være mindre end eller lig med 10. Hvis aktivitetsindekset pr. måned er større end 10 kræves underretning.

Virksomheden anskaffer 15 stamopløsninger pr. måned, hvilket medfører, at virksomhedens aktivitetsindeks pr. måned er 15 gange højere end det aktivitetsindeks, der er beregnet ovenfor.

Aktivitetsindekset pr. måned bliver således:

$$I_{A,\text{måned}} = \sum_k \frac{A_{k,\text{måned}}}{A_k} = \frac{15 \times A_{C-14}}{A_{U,C-14}} = \frac{15 \times 10 \times 10^6 \text{Bq}}{1 \times 10^7 \text{Bq}} = 15$$

Da den samlede aktivitetsmængde pr. måned svarer til et aktivitetsindeks større end 10, vil besiddelsen m.v. beskrevet i dette eksempel kræve underretning.

Bilag D: Udarbejdelse af sikkerhedsvurdering

Grundlag for udformning af sikkerhedsvurdering

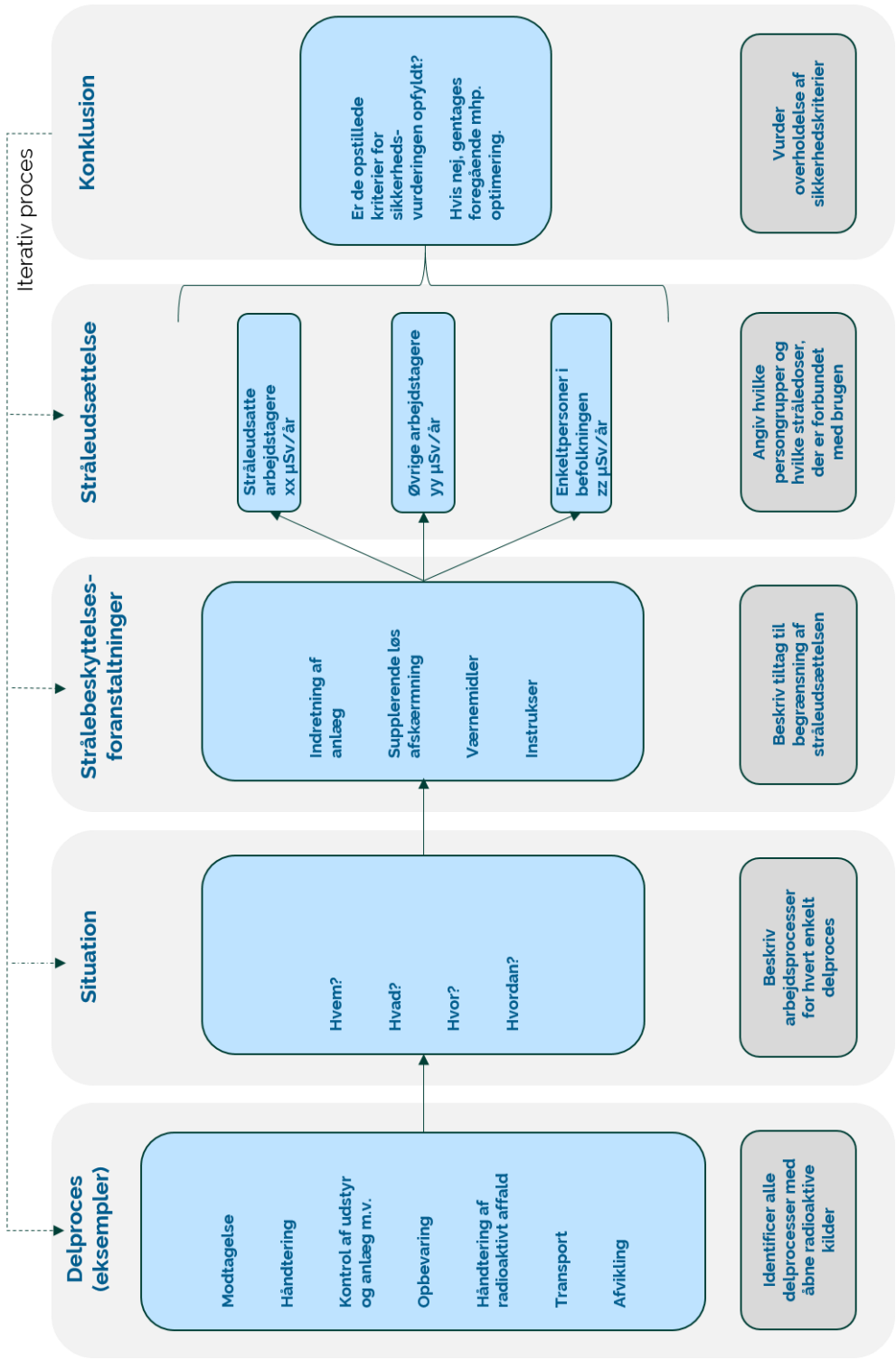
Før brug af åbne radioaktive kilder omfattet af krav om tilladelse skal virksomheden gennemføre en sikkerhedsvurdering, der er tilpasset art, omfang og kompleksitet af virksomhedens brug af kilder.³¹² Sikkerhedsvurderingen skal være opbygget på grundlag af en gradueret tilgang, og omfatte alle forhold som er nødvendige for at dokumentere, at relevante strålebeskyttelsesmæssige krav er overholdt, og at strålebeskyttelsen er optimeret.

Skabelonen til sikkerhedsvurdering i dette dokument er opbygget med reference til IAEA's sikkerhedsstandard GSR part 4 (Rev. 1), se kapitel 17.

For at kunne konkludere om en virksomheds strålebeskyttelsesforanstaltninger er tilstrækkelige, er det ofte hensigtsmæssigt at gennemgå en iterativ proces, der inkluderer delprocesserne i virksomheden. Figur 7 viser typiske faser i denne iterative proces.

³¹² Bek. nr. 669/2019, § 20, stk. 1.

Figur 7
Den iterative proces
der gennemgås ved
udarbejdelse af en sik-
kerhedsvurdering



Skabelon for sikkerhedsvurdering

For at sikre, at alle relevante dele i sikkerhedsvurderingen berøres, bør sikkerhedsvurderingen opbygges efter nedenstående anvisninger i en versionsstyret rapport. Hvis der er dele af anvisningerne, som ikke er gældende for den aktuelle brug, bør dette angives og begrundes. Det er muligt at referere til allerede udarbejdede dokumenter, hvis disse er dækkende for et eller flere krav.

1. Indledning

Indledningen har til formål systematisk at beskrive virksomhedens brug af åbne radioaktive kilder og de strålebeskyttelsesforanstaltninger, der anvendes for at imødegå de risici, der er i forbindelse med brugen af åbne radioaktive kilder. Herudover skal virksomhedens overordnede regelsæt og målsætning for strålebeskyttelse beskrives.

Formål, omfang og ansvar skal beskrives i indledningen.

Formål

Brugen af åbne radioaktive kilder underlagt krav om tilladelse skal kort beskrives, f.eks. "Håndtering, opbevaring og udledning af I-125 i forbindelse med dyreforsøg". Se kapitel 1 for definitionen af brug.

Herudover skal det beskrives hvilke krav til strålebeskyttelse, der skal efterleves. Disse omfatter bl.a.:

- Dosisbinding til enkeltpersoner i befolkningen og øvrige arbejdstagere, se afsnit 2.2.
- Dosisgrænser for stråleudsatte arbejdstagere, se afsnit 2.3.
- Krav i bekendtgørelser, anvisninger i vejledninger, principper for strålebeskyttelse og metoder for optimering (opstilles i punktform, evt. med henvisning til relevante bekendtgørelser m.v.)
- Yderligere målsætninger for sikkerhed, f. eks. fastsatte dosisbindinger til stråleudsatte arbejdstagere, se afsnit 2.2, og definition af procedurer for sikker brug.

Omfang

Beskrivelse af omfanget af sikkerhedsvurderingen og hvordan gradueret tilgang er anvendt. Beskrivelsen skal som minimum berøre nedenstående punkter:

- Angivelse af åbne radioaktive kilder omfattet af sikkerhedsvurderingen

- Grundlaget for myndighedskontrolniveauet og beregninger heraf, se afsnit 5.1
- Kort beskrivelse af anlæg, se bl.a. kapitel 8 for krav til anlæg
- Afgrænsning af sikkerhedsvurderingen, f.eks. hvis brugen foregår i allerede godkendte anlæg
- Sammenhængen med virksomhedens øvrige kvalitetssikringssystem, se kapitel 16.

Ansvar

Beskrivelse af ansvarsforholdet for tilladelsen til brug af åbne radioaktive kilder samt den tilhørende sikkerhedsvurdering. Nedenstående punkter skal som minimum berøres:

- Overordnet ansvar for tilladelsen, herunder beskrivelse af organisationen og afdelingens organisatoriske placering, hvis relevant, se kapitel 3. Her kan der henvises til bilag med et organisationsdiagram.
- Ansvar for udformning og godkendelse af sikkerhedsvurderingen på virksomheden/afdelingen, se kapitel 4.
- Ansvar for periodisk gennemgang, ændring eller opdatering af sikkerhedsvurderingen, se kapitel 6.
- Beskrivelse af de situationer, der vil medføre opdatering af sikkerhedsvurderingen. Alle ændringer, der kan have strålebeskyttelsesmæssig betydning, eller som kræver ændring i tilladelsens omfang, beskrives, f.eks. ændring i radionuklider, ændring i radionuklidernes tilstandsform, aktivitetsmængde, aktivitetskoncentration, anlæg og procedurer.
- Angivelse af hvilke opdateringer, der medfører, at Sundhedsstyrelsen, Strålebeskyttelse skal orienteres. Sundhedsstyrelsen skal som minimum orienteres om ændringer, når grundlag for tilladelse eller vilkår heri ændres.

2. Beskrivelse af virksomhedens/afdelingens brug af åbne radioaktive kilder

I denne del beskrives virksomhedens fysiske forhold, processer og delprocesser ved brug af åbne radioaktive kilder.

Anvendte åbne radioaktive kilder, brugen heraf og anlæg skal beskrives i detaljer.

Åbne radioaktive kilder

For hver åben radioaktiv kilde skal følgende som minimum angives:

- Radionuklid
- Strålingstype (α , β , γ)
- Tilstandsform og kemisk form
- Relevante eksponeringsveje (intern og/eller ekstern, herunder stråleudsættelse af øjelinse, ekstremiteter m.v.), se afsnit 10.4
- Operationstyper, herunder den aktivitetsmængde, der håndteres pr. operation, og hvor ofte operationerne foretages, se afsnit 8.2.2.

Brug

Detaljeret beskrivelse af virksomhedens brug af åbne radioaktive kilder opdelt i delprocesser. Det kan være nyttigt at opstille et flowdiagram, der illustrerer virksomhedens brug af åbne radioaktive kilder. Nedenfor er angivet eksempler på delprocesser i forbindelse med brug af åbne radioaktive kilder.

- Modtagelse, se afsnit 10.2
- Opbevaring, se afsnit 10.3
- Håndtering, se afsnit 10.4
- Kontrol af udstyr, se afsnit 11.1.1
- Kontrol af beskyttelseskabinetter, ventilationssystemer og anlæg, se afsnit 8.2.1
- Håndtering af radioaktivt affald, herunder udledning, se kapitel 12
- Transport af radioaktivt materiale, se kapitel 15
- Afvikling, se afsnit 11.5

Anlæg og andre lokaler m.v.

Beskrivelse af de anvendte anlæg m.v. skal som minimum omfatte nedenstående punkter:

- Overordnet beskrivelse af placering af anlæg m.v., herunder tilstødende lokaler (både over og under) og omgivelser, samt angivelse af opbevaringssteder, arbejdspladser, opholdssteder, afskærmning m.v. Der kan henvises til bilag med relevante oversigtstegninger.
- Beskrivelse af indretningen af anlæg m.v. Der kan henvises til bilag med plantegninger med afstandsangivelser, dimensionering af afskærmning, mure, gulve og vinduer samt beskrivelser af materialer.
- Beskrivelse af ventilations- og afløbsforhold, hvis relevant.
- Klassificering af områder med udgangspunkt i ovenfor nævnte beskrivelse af de åbne radioaktive kilder og brugen af disse, se afsnit 7.1.

Krav til anlæg er beskrevet i kapitel 8.

3. Beskrivelse af strålebeskyttelse og optimering

I denne del skal der redegøres for strålebeskyttelse og optimering med udgangspunkt i beskrivelsen af de anvendte åbne radioaktive kilder, deres brug og anlæg m.v., der er beskrevet i del 2. Der kan bl.a. tages udgangspunkt i klassificeringen af de relevante områder på virksomheden.

Strålebeskyttelsesforanstaltninger

For hver delproces identificeret i del 2 skal det beskrives, hvordan afstand til de åbne radioaktive kilder, begrænsning af opholdstid, adgangskontrol, brug af afskærmning, arbejdsprocedurer m.v. bidrager til at reducere stråleudsættelse og dermed optimere strålebeskyttelsen.

Eksempler på strålebeskyttelsesforanstaltninger, der kan være relevante, er angivet nedenfor.

Anlægskonstruktion, se kapitel 8

- Beskyttelseskabinet
- Ventilationssystem (herunder luftskifte)
- Sluse eller overgangszone
- Trykforhold
- Vask
- Isotop afløb
- Rengøringsvenlige overflader
- Indretning af anlæg, inventar m.v.

Adgangsbegrænsning, se kapitel 7 og 8

- Adgangskontrol, f.eks. adgangskort eller vagt/personale
- Skiltning
- Interlock

- Afspærring.

Udstyr, se kapitel 10

- Personlige værnemidler, f.eks. handsker, åndedrætsværn og kittel
- Supplerende løs afskærmning
- Afstandsværktøj, f.eks. tang eller pincet
- Opbevarings- og transportbeholdere.

Dosisbegrænsning, se afsnit 10.4

- Afstand
- Opholdstid
- Afskærmning
- Begrænsning af aktivitetsmængde og -koncentration.

Overvågning og kontrol, se kapitel 8

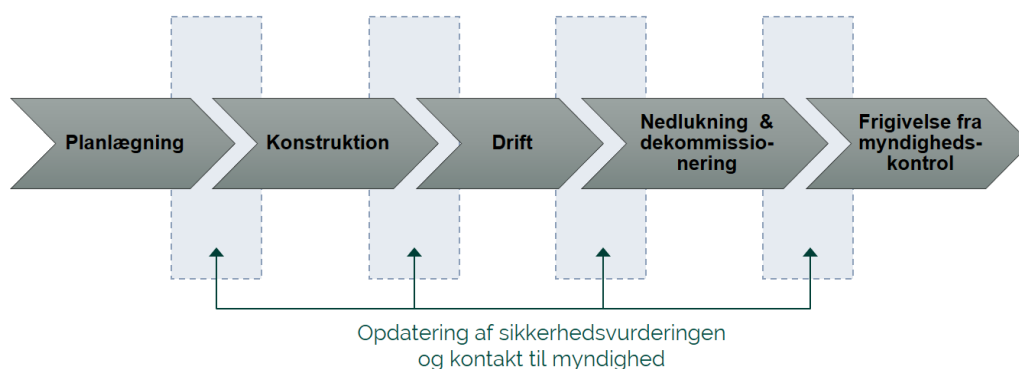
- Adgang til relevant måleudstyr f.eks. dosishastighedsmåler og forureningsmonitor
- Program for kontrolmåling for forurening
- Visuel eller akustisk alarm på f.eks. beskyttelseskabinet og ventilationssystem
- Eftersyn af beskyttelseskabinet, ventilationssystem m.v.

4. Vugge-til-grav vurdering

Sikkerhedsvurderingen bør dække hele det tidsrum en brug forventes at fortsætte. Sikkerhedsvurderingen bør tage højde for aldring af installationer og materiel, herunder den konkrete situation, hvor det er besluttet, at en virksomhed eller aktivitet ophører. Når denne situation opstår, og det erkendes, at virksomheden eller aktiviteten ophører, bør sikkerhedsvurderingen revurderes og om nødvendigt opdateres. I designfasen af etableringen af større anlæg bør aldring, dekommissionering m.v. adresseres på forhånd og indgå i sikkerhedsvurderingen. Ved overgangen mellem de forskellige faser bør Sundhedsstyrelsen, Strålebeskyttelse involveres, se Figur 8.

Figur 8
Faser i vugge-til-grav vurderingen.

Ved overgangen mellem faserne bør sikkerhedsvurderingen opdateres og indsendes til Sundhedsstyrelsen, Strålebeskyttelse.



5. Beregning af optimerede doser ved ordinær drift samt maksimale doser ved utilsigtede hændelser og uheld

I denne del angives de stråledoser, som kan forekomme i forbindelse med virksomhedens brug af åbne radioaktive kilder beskrevet i del 2 under hensyntagen til strålebeskyttelsen og optimeringen, som beskrevet i del 3. Desuden beskrives doser som følge af utilsigtede hændelser og uheld. Scenarierne for utilsigtede hændelser og uheld skal være realistiske, men må godt være usandsynlige.

I en sikkerhedsvurdering for brug af åbne radioaktive kilder skal virksomheden særligt kortlægge, hvornår der er risiko for henholdsvis ekstern stråleudsættelse (herunder til hænder og øjne), intern forurening af kroppen samt forurening af omgivelser. Kortlægningen skal omfatte alle trin i håndteringen af åbne radioaktive kilder fra anskaffelse til bortskaffelse.

Stråledoser for relevante arbejdsprocesser, inkl. kontrol, service og eftersyn.

Estimering af doser foretages på baggrund af beregninger, evt. med henvisning til dosishastigheder, afstande, f.eks. angivet på plantegninger, opholdstider m.v. Beregningerne bør udføres på baggrund af estimerede øvre værdier for opholdstider, dosishastigheder m.v. De specifikke talværdier og øvrige antagelser, der danner grundlag for beregningerne, angives.

Doser beregnes for hver delproces, hvor stråleudsættelse af enkeltpersoner i befolkningen, øvrige arbejdstagere eller stråleudsatte arbejdstagere beskrives, hvor relevant. For beskrivelser af grundlag og antagelser for beregninger kan der henvises til dokumentation i bilag.

Arbejdsgange, procedurer og delprocesser, der kan forventes at resultere i de største stråledoser, samt hvilke persongrupper, der modtager disse doser (stråleudsatte arbejdstagere, øvrige arbejdstagere, enkeltpersoner i befolkningen) kan beskrives i en tabel.

For hver delproces opstilles en tabel med konkrete bestrålingssituationer, tiltag til begrænsning af stråleudsættelsen, samt de estimerede eller beregnede doser forskellige persongrupper kan modtage i denne forbindelse. Eksempel på tabel er givet i Tabel 17.

Tabel 17
Eksempel på tabel, der præsenterer konkrete bestrålingssituationer, tiltag til begrænsning af stråleudsættelsen samt den estimerede årlige dosis, som bestrålingssituationen kan medføre

Situation	Relevante beskyttelsesforanstaltninger	Estimeret årlig dosis til stråleudsatte arbejdstagere, øvrige arbejdstagere eller enkeltpersoner i befolkningen
F.eks. udtagning fra stamopløsning	F.eks. håndteringsinstruks, indretning af anlæg, beskyttelseskabinet, supplerende løs afskærmning, sprøjtebeskytter, handsker	Doser beregnes ud fra radionuklid, aktivitetsmængde, afstand m.v. Beregning bør foretages med vejledning fra strålebeskyttelsesekspert. Evt. reference til bilag med beregninger.

Tabellen udvides med det for brugen relevante antal rækker

Vurdering af doser som følge af mulige utilsigtede hændelser eller uheld

Utilsigtede hændelser: Virksomheden identificerer med baggrund i delprocesserne og egen driftserfaring realistiske, men muligvis usandsynlige, scenarier, hvor utilsigtet bestråling kan finde sted. Et scenarie kan f.eks. være manglende overholdelse af procedurer. Dosis vurderes på baggrund af de opstillede scenarier. Der kan henvises til dokumentation for beskrivelser af grundlag og antagelser for beregninger i bilag.

Uheld: Virksomheden identificerer med baggrund i delprocesserne og egen driftserfaring realistiske, men muligvis usandsynlige, scenarier, hvor utilsigtet bestråling kan finde sted. Et scenarie kan f.eks. være tekniske svigt, almindelige spild eller udefra kommende påvirkninger, f.eks. vandskade, lynnedslag eller brand, der forårsager stråleudsættelse eller spredning af radioaktivt materiale. Dosis vurderes på baggrund af de opstillede scenarier. Vurderingen begrænses til én eller få situationer, hvor ét teknisk svigt eller én fejl optræder. Der kan henvises til dokumentation for beskrivelser af grundlag og antagelser for beregninger i bilag.

Doser fra mulige utilsigtede hændelser og uheld præsenteres i en tabel, som vist i Tabel 18.

Tabel 18
Eksempel på tabel, der præsenterer konkrete hændelser eller uheld, årsagen til disse, hvem der er udsat for risiko, tiltag til begrænsning af stråleudsættelsen samt de konsekvenser og stråledoser, som bestrålingssituationen kan medføre

Hændelse eller uheld	Årsag	Hvem er udsat for risiko	Tiltag til at begrænse stråleudsættelse	Konsekvens inkl. stråledoser
Forurening af huden	Berøring af forurenede overflader	Arbejdstagere Rengøringspersonale	Kontrolmåling efter endt håndtering Grundig håndvask	Kan medføre risiko for indtag samt doser til huden Dosis beregnes ud fra radionuklid, aktivitetsmængde, afstand m.v. Beregning bør foretages med vejledning fra strålebeskyttelsesekspert (Se evt. bilag E for vurdering af huddosis)

Tabellen udvides med det for brugen relevante antal rækker

Sammenfatning

Her angiver virksomheden de samlede vurderede doser til stråleudsatte arbejdstagere, øvrige arbejdstagere samt enkeltpersoner i befolkningen i forbindelse med drift, utilsigtede hændelser og uheld. Resultaterne anvendes med henblik på vurdering af kategorisering af arbejdstagere og evt. behov for dosisovervågning.

6. Eventuelle supplerende strålebeskyttelsestiltag

I denne del beskrives evt. supplerende strålebeskyttelsestiltag, der vurderes nødvendige på baggrund af myndighedskrav eller virksomhedens egne krav.

I det omfang de ikke allerede indgår i beskrivelsen af strålebeskyttelse og optimering, beskrevet i del 3, kunne supplerende strålebeskyttelsestiltag være:

- Klassificering af områder, hvis ikke allerede vurderet i del 2, se kapitel 7
- Kategorisering af arbejdstagere, hvis ikke allerede vurderet i del 5, se kapitel 9

- Dosisovervågning, herunder måleperiode, dosisovervågningstype samt evt. lægeundersøgelser, hvis ikke allerede vurderet i del 5, se kapitel 13
- Kvalitetssikring vha. kvalitetsstyringssystem, se kapitel 16
- Kompetenceopretholdelse, herunder procedurer, rekruttering, træning, øvelser, kurser m.v., se afsnit 9.2
- Yderligere optimering, herunder dosisbindinger m.m., se afsnit 2.2
- Opfyldelse af almindelige arbejdsmiljøkrav, der kan understøtte strålebeskyttelse.

7. Konklusion på sikkerhedsvurderingen

I denne del vurderer virksomheden, om målsætningen opstillet i del 1 er efterlevet.

Efterlevelse af lovbundne krav beskrives, evt. med henvisning til relevante bilag vedrørende klassificering af områder, ansvars- og kompetenceforhold m.v.

Efterlevelse af virksomhedens egne krav og målsætninger for strålebeskyttelse, herunder optimering, beskrives.

8. Virksomhedens erklæring

Sikkerhedsvurderingen afsluttes med virksomhedens erklæring om, at sikkerhedsvurderingen er udført grundigt og fyldestgørende, og at sikkerhedsvurderingen dokumenterer, at virksomhedens brug af åbne radioaktive kilder ligger inden for lovgivningen.

Bilag E: Værdier til vurdering af doser fra hudforurening

Ved hudforurening udføres rengøring, så længe det giver en effektiv aktivitetsreduktion, se afsnit 14.4. Værdierne i Tabel 19 kan anvendes til at vurdere dosis fra en tilbageværende hudforurening, men de udgør ikke et kriterium for, hvornår afrensning kan betragtes som tilstrækkelig.

Værdierne angiver aktivitetskoncentrationer for tilbageværende hudforurening, som er beregnet til at give en huddosis på 50 mSv. Det svarer til 1/10 af den årlige dosisgrænse for stråleudsatte arbejdstagere og er lig dosisgrænsen for enkeltpersoner i befolkningen.³¹³

Værdierne er beregnet på grundlag af en antagelse om, at forureningen er jævnt fordelt og forbliver fastsiddende på huden i 30 dage. Detaljerede vurderinger af dosis bør foretages i samråd med en strålebeskyttelsesekspert.

For forurening af huden på mindre arealer, f.eks. i form af dråber, hvor måling af aktivitetskoncentrationen med forureningsmonitor kan være vanskelig, kan en konservativ vurdering af dosis foretages med baggrund i antagelse om den samlede fastsiddende aktivtetsmængdemængde afsat på huden og arealet af forurenede hud.

H-3 er ikke medtaget i tabellen, da denne radionuklid kun udsender meget svag betastråling, som ikke giver anledning til huddoser.

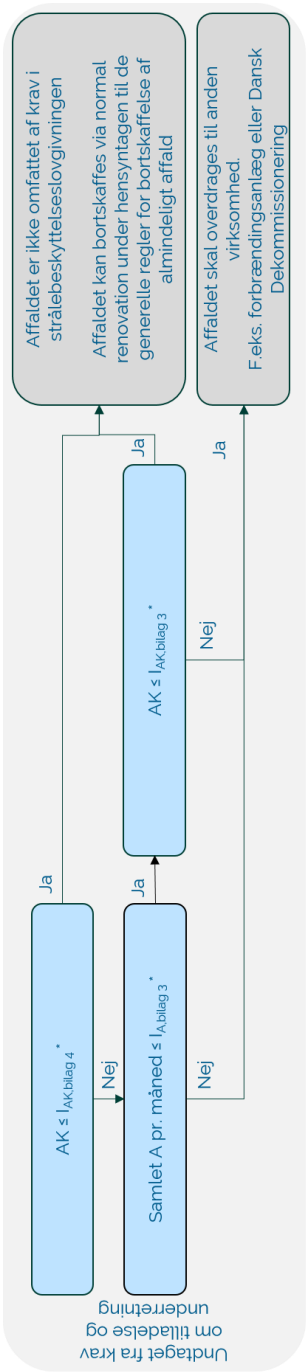
³¹³ Bek. nr. 669/2019, bilag 1.

Tabel 19
Værdier til vurdering af doser fra hudforurening for de hyppigst anvendte radionuklider

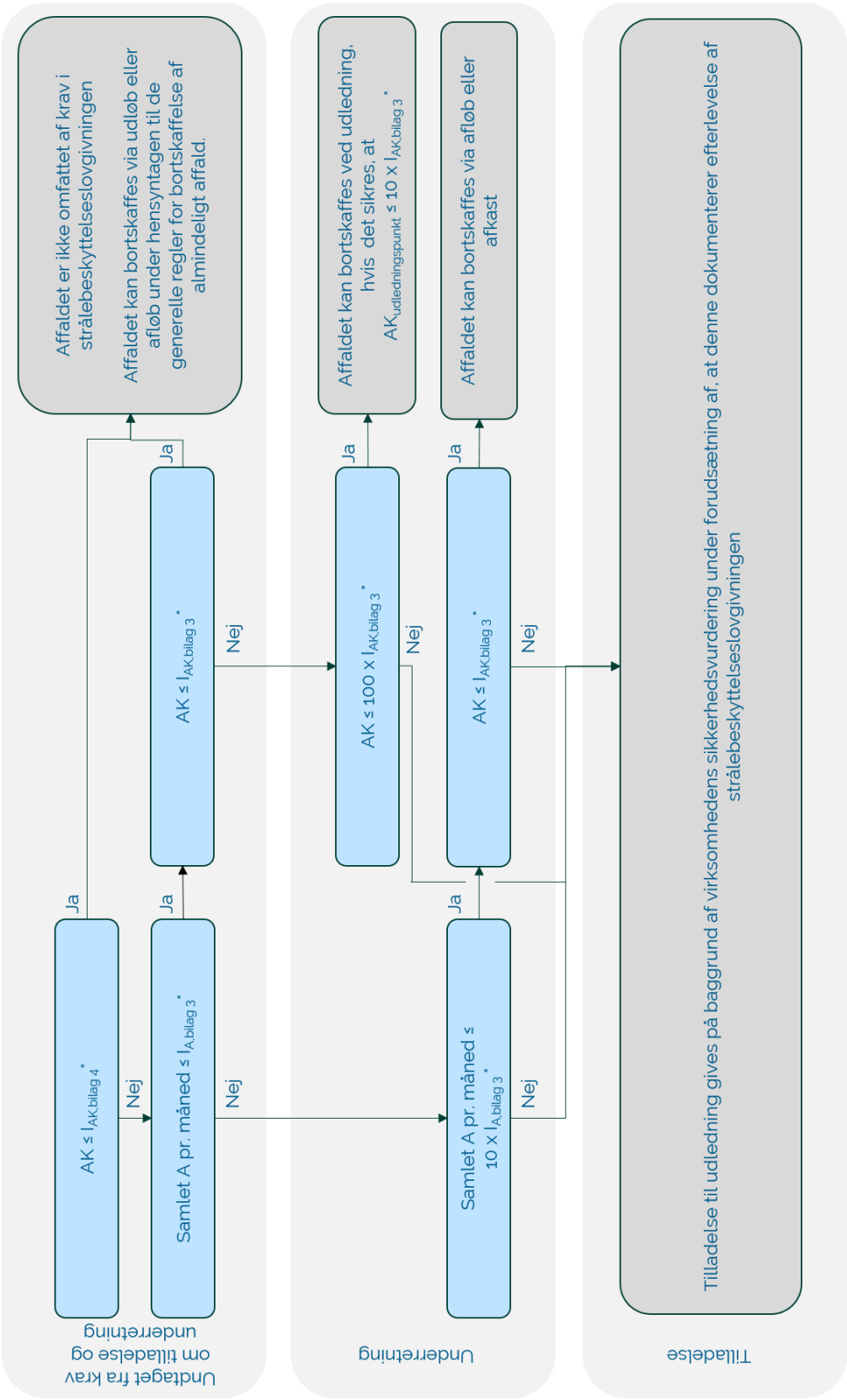
Radionuklid	Tilbageværende hudforurening svarende til en huddosis på 50 mSv
	[Bq/cm²]
C-14	100
F-18	5000
P-32	50
P-33	100
S-35	100
Cu-64	1000
Ga-68	10000
Br-82	500
Zr-89	1000
Y-90	100
Tc-99m	10000
I-123	5000
I-125	1000
I-131	100
In-111	1000
Lu-177	100

Bilag F: Beslutningsdiagram for bortskaffelse og overdragelse

Figur 9
Beslutningsdiagram for
bortskaffelse og over-
dragelse af fast affald



Figur 10
Beslutningsdiagram for
bortskaffelse og over-
dragelse af flydende el-
ler luftformigt affald



* i bek. nr. 670/2019

Rådgivning om strålebeskyttelse

Sundhedsstyrelsen
Strålebeskyttelse
Knapholm 7
2730 Herlev

Tlf.: 44 54 34 54
Tlf.: 44 94 37 73 (døgnavagt)
Fax: 72 22 74 17
E-post: sis@sis.dk
Web: www.sis.dk

Spørgsmål vedrørende persondosimetri

Sundhedsstyrelsen
Strålebeskyttelse
Persondosimetri
Knapholm 7
2730 Herlev

Tlf.: 44 54 34 56
Fax: 72 22 74 21
E-post: pl@sis.dk
Web: www.sis.dk