

Kartlegging av transport av radioaktivt materiale og stråledoser til yrkeseksponerte og allmennheten fra slik transport i Norge

Referanse

Moussa J, Grindal B A, Toft H, Sollund H A. Kartlegging av transport av radioaktivt materiale og stråledoser til yrkeseksponerte og allmennheten fra slik transport i Norge nr. 36. Østerås: Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, 2026.

Publisert
Sider

21.09.2026
82

DSA,
Postboks 55,
No-1332 Østerås,
Norge.

Emneord

Kartlegging. Transport. Radioaktivt materiale. Stråledoser.

Telefon
Faks
Email

67 16 25 00

67 14 74 07

dsa@dsa.no

dsa.no

Resymé

Denne rapporten presenterer en kartlegging av transport av radioaktivt materiale i Norge. Den undersøker også eksponering til arbeidere og befolkningen ved transport av radioaktive legemidler, basert på målinger og doseberegninger. Resultatene viser doser innenfor regulatoriske grenser, med anbefalinger om fortsatt overvåking og optimalisering.

ISSN 2387-5240

Reference

Moussa J, Grindal B A, Toft H, Sollund H A. Mapping of the transport of radioactive material and radiation doses to occupationally exposed workers and the public from such transport in Norway.
Technical Document no. 36. Østerås: Norwegian Radiation and Nuclear Safety Authority, 2026
Language: Norwegian.

Key words

Assessment. Transport. Radioactive material. Radiation doses.

Abstract

This report assesses the transport of radioactive materials in Norway. It also examines exposure to workers and the public from the transport of radiopharmaceuticals, based on measurements and dose calculations. The findings show doses within regulatory limits, with recommendations for continued monitoring and optimization.

Prosjektleder: Joe Moussa

Godkjent:



Silja Skjelnes

Avdelingsdirektør, avdeling strålesikkerhet

Kartlegging av transport av radioaktivt materiale og stråledoser til yrkeseksponerte og allmennheten fra slik transport i Norge

Joe Moussa

fra Direktoratet for strålevern
og atomsikkerhet (DSA)

Østerås, 2026,
Norway

Birk Aarseth Grindal

fra Direktoratet for strålevern
og atomsikkerhet (DSA)

Østerås, 2026,
Norway

Heidi Toft

fra Direktoratet for strålevern
og atomsikkerhet (DSA)

Østerås, 2026,
Norway

Håvar Andreas Sollund

fra Direktoratet for strålevern
og atomsikkerhet (DSA)

Østerås, 2026,
Norway

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	7
2	Formål med og omfang av studien	8
3	Gjennomføring av kartleggingen	9
3.1	Kartlegging av omfanget av transport av radioaktivt materiale i Norge	9
3.2	Kartlegging av stråledoser fra transport av radioaktivt materiale	11
4	Kartlegging av transport av radioaktivt materiale fra norske virksomheter i 2023	12
4.1	Kolli med radioaktivt materiale sendt av norske virksomheter fordelt etter transportmåte	12
4.2	Kolli med radioaktivt materiale sendt av norske virksomheter fordelt etter type kolli	13
4.3	Kolli og forsendelser med radioaktivt materiale, fordelt etter transportindeksen	15
4.4	Kolli med radioaktivt materiale sendt av norske virksomheter, fordelt etter transportkategori	16
4.5	Kolli med radioaktivt materiale sendt av norske virksomheter fordelt etter industri	17
5	Kartlegging av transport av radioaktive legemidler i 2023	21
5.1	Kartlegging av transport av radioaktive legemidler	21
5.2	Kartlegging av import av radioaktive legemidler	23
6	Kartlegging av transport fra olje- og gassindustrien i 2023	26
7	Kartlegging av transport innen industriell radiografi i 2023	30
8	Kartlegging av transport av asfaltmålere i 2023	33
9	Kolli som er mottatt av norske virksomheter i 2023	35
10	Inndelingen av yrkeseksponerte arbeidstakere i kategorier etter forventet årlig persondose	36
11	Gjennomføring av kartlegging av stråledoser for et utvalg transportoppdrag med radioaktive legemidler	40
11.1	Formål med kartlegging av stråledoser	40
11.2	Utvelgelse av transportoppdrag	40
11.3	Beskrivelse av utvalgte transportoppdrag og operasjoner knyttet til transport av radioaktive legemidler	41
11.4	Gjennomføring av målinger	47
12	Resultater fra kartlegging av stråledoser under et utvalg transportoppdrag med radioaktive legemidler	50
12.1	Håndteringsdoser fra kolli med radioaktive legemidler	50
12.2	Stråledoser til sjåfører under kjøring ved transport av kolli med radioaktive legemidler	54
12.3	Stråledoser under kjøring beregnet ut ifra doserate og kjøretid	58
12.4	Stråledoser målt med EPD-er under utvalgte transportoppdrag og effekten av bestrålingsretning	60
12.5	Estimerte årlige stråledoser for sjåfører som transporterer radiofarmaka	62
12.6	Estimerte doser til allmennheten som følge av transport av radioaktive legemidler	63

12.7	Stråledoser til personell som håndterer kolli med radioaktivt materiale på en flyplassterminal	64
13	Konklusjon	67
14	Referanser	68
	Vedlegg I: Utsendelsesbrev og spørreskjema	69
	Vedlegg II: Skjemaet benyttet under oppdrag [1] til [3]	79
	Vedlegg III: Skjemaet benyttet av sjåfører hos virksomhet A under oppdrag [a] til [h]	81

Figurliste

Figur 1	Andel kolli med radioaktivt materiale sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter transportmåte.....	12
Figur 2	Andel kolli sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter type kolli.....	14
Figur 3	Andel kolli sendt i 2023 av norske virksomheter, fordelt etter TI. Under hver søyle angis intervallet for TI som [x ; y].....	15
Figur 4	Andel forsendelser sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter TI.....	16
Figur 5	Andel kolli sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter transportkategori.....	17
Figur 6	Andel kolli med radioaktivt materiale sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter industri.....	18
Figur 7	Andel kolli type B sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter industri.....	18
Figur 8	Andel forsendelser sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter industri.....	19
Figur 9	Fordeling av samlet TI for alle forsendelser i 2023 etter industri.....	20
Figur 10	Andel kolli med radioaktive legemidler fra norske virksomheter i 2023, fordelt etter transportmåte.....	21
Figur 11	Andel kolli med radioaktive legemidler sendt i 2023 av norske virksomheter, fordelt etter TI.....	22
Figur 12	Andel forsendelser med radioaktive legemidler sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter TI.....	22
Figur 13	Andel kolli med radioaktive legemidler sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter transportkategori.....	23
Figur 14	Antall kolli med radioaktive legemidler importert og omsatt i 2023 og 2024 til norske virksomheter, fordelt etter radionuklide.....	24
Figur 15	Andel kolli med de tre hyppigst importerte radionuklidene brukt i radioaktive legemidler, fordelt etter TI.....	25
Figur 16	Andel kolli med radioaktivt materiale fra olje- og gassindustrien i 2023, fordelt etter transportmåte.....	27
Figur 17	Andel kolli sendt fra olje- og gassindustrien i 2023, fordelt etter kollitype.....	28
Figur 18	Andel kolli sendt fra olje- og gassindustrien i 2023, fordelt etter TI.....	28
Figur 19	Andel forsendelser fra olje- og gassindustrien i 2023, fordelt etter TI.....	29
Figur 20	Eksempel på en eldre kombinert skjermings- og transportbeholder for industriell radiografi (foto: DSA).....	30
Figur 21	Andel kolli sendt i forbindelse med industriell radiografi fra norske virksomheter i 2023, fordelt etter transportmåte.....	31
Figur 22	Andel kolli sendt i forbindelse med industriell radiografi fra norske virksomheter i 2023, fordelt etter TI.....	31

Figur 23 Andel forsendelser sendt i forbindelse med industriell radiografi fra norske virksomheter i 2023, fordelt etter TI.	32
Figur 24 Eksempel på en bærbar asfaltmåler (foto: DSA - bildet er modifisert for å sladde informasjon)...33	
Figur 25 Fordeling av yrkeseksponerte arbeidstakere etter forventet årlig effektiv dose i 2023.	37
Figur 26 Fordeling av yrkeseksponerte arbeidstakere etter industri i 2023.....	37
Figur 27 Antall yrkeseksponerte arbeidstakere fordelt etter forventet årlig effektiv dose og type industri i 2023.....	38
Figur 28 Maksimal og gjennomsnittlig årlig effektiv dose rapportert av virksomheter i 2023. Hvert virksomhetsnummer er tildelt en maksimal og en gjennomsnittlig årlig effektiv dose med henholdsvis blå og oransje farge.....	39
Figur 29 Plassering av kolli med radioaktive legemidler på lastelemmen til varebilen.....	43
Figur 30 Sjøføren overfører kolli med radioaktive legemidler fra lastelemmen til varebilens lasterom.....	43
Figur 31 Levering av radioaktive legemidler til sykehus i Oslo-området.....	44
Figur 32 Måling av doser til personell som håndterer radioaktive legemidler ved import av radioaktive legemidler.	45
Figur 33 Thermo Scientific EPD TruDose Electronic Dosimeter	47
Figur 34 Colibri TTC survey meter	47
Figur 35 THERMO ELECTRON EPD Mk2.3	48
Figur 36 Sammenheng mellom håndteringsdose og TI.	52
Figur 37 Sammenheng mellom målt og beregnet håndteringsdose basert på TI og håndteringstid.	53
Figur 38 Stråledoser under kjøring som funksjon av beregnet doseverdi for kolli med radiofarmaka.....	56
Figur 39 Persondoser i mSv for yrkeseksponerte arbeidstakere som følge av transport i 2024, rapportert av virksomhet A og B.....	63
Figur 40 Lossing av en Unit Load Device (ULD), som inneholder kolli med radioaktive legemidler, fra flyet.....	66
Figur 41 Utlasting av kolli med radioaktive legemidler fra ULD-en.	66

1 Innledning

Radioaktivt materiale transporteres daglig på norske veier og har brede og samfunnsnyttige bruksområder. Radioaktive stoffer brukes blant annet innen kreftbehandling, medisinsk bildediagnostikk, industriell radiografi og forskning. Bruk av stråling for allmennyttige formål forutsetter at transport av radioaktivt materiale gjennomføres på en forsvarlig måte som verner både mennesker og miljø.

For å sørge for at slike transporter gjennomføres på en forsvarlig måte, stilles det strenge krav i de internasjonale transportreguleringene. Reguleringene er internasjonalt harmoniserte slik at transport kan gjennomføres trygt på tvers av landegrenser, og de er utformet slik at sikkerheten til mennesker, miljø og materielle verdier ivaretas, alt etter skadepotensialet til godset som transporteres. I Norge gjelder den europeiske avtalen om internasjonal veitransport av farlig gods (ADR); reglementet for internasjonal jernbanetransport av farlig gods (RID); den internasjonale koden for sjøtransport av farlig gods i pakket form (IMDG-koden) og de tekniske instruksjonene for sikker lufttransport av farlig gods (ICAO-TI).

Transport av radioaktivt materiale består ofte av flere ledd, med flere aktører som kan være involvert i håndteringen av kolliene. Det følger av forsvarlighetskravet i strålevernloven § 5 at transport og håndtering av strålekilder skal være innrettet slik at eksponering for stråling holdes så lav som med rimelighet kan oppnås, og at stråledoser ikke skal overstige fastsatte grenser. Tilsvarende krav er gitt i de internasjonale transportreguleringene. De som regelmessig håndterer radioaktivt materiale, kan imidlertid bli eksponert for høyere stråledoser enn det som med rimelighet kan oppnås dersom strålevernet ikke er tilstrekkelig ivaretatt. Allmennheten som befinner seg i umiddelbar nærhet kan også bli utsatt for uberettiget eksponering ved manglende strålevern.

Reguleringene for transport av farlig gods fastsetter dosegrenser for både arbeidstakerne og allmennheten som ikke skal overstiges i løpet av ett år. Eksponering for stråling som følge av transport av radioaktivt materiale kan holdes under de fastsatte grenseverdiene ved å oppfylle kravene til minimum atskillelsesavstand mellom kolli og regelmessig bemannede arbeidsplasser og mellom kolli og områder som publikum normalt har adgang til. I tillegg skal virksomheter som er involvert i transport av radioaktivt materiale etablere et strålevernprogram. Programmet skal sørge for at eksponeringen under transport er optimalisert, og at stråledoser holdes så lave som praktisk mulig og under fastsatte grenseverdier.

Sannsynligheten for at arbeidstakere og allmennheten utsettes for urimelige stråledoser under transport, avhenger av flere forhold. Disse inkluderer blant annet antall kolli som transporteres og doseratene for hvert kolli, kjøretid, håndteringsmåter, samt hvorvidt det er montert skjerming mellom lasterommet og førerhuset. Organiseringen av transportkjeden kan også påvirke eksponeringen til den enkelte. For eksempel kan vareflyten være sentralisert og gå gjennom få terminaler og krysspunkter. Tilsvarende kan et begrenset antall aktører være involvert i transporten av radioaktivt materiale. Dette kan føre til at enkelte arbeidstakere får høyere eksponering, fordi stråleeksponeringen ikke fordeles jevnt mellom flere arbeidstakere. Samtidig kan eksponeringen reduseres ved kortere transporttid og ved å unngå at de samme kolliene med radioaktivt materiale håndteres gjentatte ganger eller mellomlagres over lengre tid.

2 Formål med og omfang av studien

Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA) er fag- og tilsynsmyndighet for landtransport av radioaktivt materiale i Norge. DSA forholder seg til og arbeider for å etterkomme Det internasjonale atomenergibyrået (IAEA) sine anbefalinger om hva som er ansett som god forvaltningspraksis. IAEA publiserer og oppdaterer publikasjonen «Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, SSR-6 (rev.1)». Det internasjonale regelverket om transport av radioaktivt materiale er basert på bestemmelsene i SSR-6 (rev. 1).

I paragraf 308 i SSR-6 (rev.1) anbefales det at vedkommende myndighet periodisk vurderer stråledoser til yrkeseksponerte og befolkningen som følge av transport av radioaktivt materiale. På bakgrunn av slike vurderinger skal myndigheter verifisere at regelverket for transport av farlig gods, herunder radioaktivt materiale, gir tilstrekkelig strålevern for personer som kan bli eksponert for stråling som følge av slike transporter. Det finnes flere studier utført av utenlandske vedkommende myndigheter, blant annet i Tyskland (G. Schwarz, H.-J. Fett, F. Lange, 2003), Sverige (T. Godås, 2013), Frankrike (Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection, 2014) og England (A. L. Jones and T. Cbianca, 2017).

Denne rapporten oppsummerer hovedfunnene fra en studie gjennomført av DSA for å kartlegge omfanget av transport av radioaktivt materiale i Norge og vurdere stråledoser til yrkeseksponerte arbeidstakere og befolkningen fra slik transport. Studien fokuserer på transport av radioaktive legemidler, som er den kategorien av radioaktivt materiale som transporteres hyppigst i Norge. Kartleggingen har som mål å bygge opp kunnskapsgrunnlaget her til lands, og samtidig verifisere at kravene fastsatt i regelverket er tilstrekkelige og fungerer på tiltenkt måte for å sikre at strålevern er ivarettatt under transport.

Gjennomføringen av studien presenteres i kapittel 3. Informasjon om kolli og forsendelser basert på innhenting av data fra norske avsendere finnes i kapittel 4. Transporter fra ulike industrier er analysert nærmere i kapitlene 5 til 8. For å kontrollere at informasjonen som ble innhentet fra avsenderne var relativt komplett, ble tallene sammenlignet med informasjon innhentet fra mottakerne, samt med tilgjengelig informasjon om import og eksport av forsendelser med radioaktivt materiale. Dette omtales i kapittel 9. I kapittel 10 presenteres svar fra virksomheter om forventede doser for yrkeseksponerte arbeidstakere som er involvert i transport av radioaktivt materiale. Utvelgelsen av transportoppdragene DSA deltok på som del av studien, samt gjennomføringen av målinger, er beskrevet i kapittel 11. Videre drøftes stråledoser målt under transport av radioaktive legemidler i kapittel 12, hvor det forsøkes å etablere en sammenheng mellom målte stråledoser og transportindeksen (TI) for forsendelser og kolli, samt å studere effekten av plasseringen av persondosimeteret i ulike eksponeringssituasjoner. I kapittel 12 legges det også frem forventede årlige doser til sjåfører, ansatte på en flyplassterminal og allmennheten som følge av transport av radioaktive legemidler. Til slutt presenteres hovedfunnene fra studien i konklusjonene i kapittel 13.

3 Gjennomføring av kartleggingen

3.1 Kartlegging av omfanget av transport av radioaktivt materiale i Norge

Enhver som tar i bruk radioaktive strålekilder i Norge med aktivitet over unntaksgrensene fastsatt i vedlegg til forskrift 16. desember 2016 nr. 1659 om strålevern og bruk av stråling (strålevernforskriften) plikter å melde strålekildene i DSAs meldesystem for strålekilder.

Studien tok utgangspunkt i meldinger som ble registrert i DSAs meldesystem for strålekilder mellom 2021 og 2023. Det ble da identifisert 225 virksomheter som potensielt kunne ha vært involvert i transport av radioaktivt materiale i løpet av 2023. De fleste virksomhetene av interesse var enten avsendere eller mottakere som anskaffer transporttjenester fra tredjepart, med noen få som selv utførte transport av egne strålekilder. Disse virksomhetene fikk oversendt et brev med et vedlagt spørreskjema for utfylling. Både oversendelsesbrevet og spørreskjemaet er oppgitt i vedlegg I til denne rapporten.

Ettersom transport av radioaktivt materiale ikke er underlagt melde- eller godkjenningssplikt i henhold til strålevernlovgivningen, er aktører som transporterer eller håndterer radioaktivt materiale på vegne av tredjepart ikke registrert hos DSA. For at disse aktørene ikke skulle falle ut av studien, ble virksomhetene spurt om hvilke andre aktører de samarbeidet med i forbindelse med transport av radioaktivt materiale. Totalt ble 78 virksomheter identifisert i forbindelse med dette spørsmålet. I tillegg ble 74 aktører identifisert fra andre datakilder og inkludert i studien. Disse inkluderer store transportfirmaer, fly- og bakkeoperatører, samt havneoperatører og rederier som kunne ha vært involvert i transport av radioaktivt materiale. Alle aktørene fikk oversendt det samme brevet og spørreskjemaet for utfylling. Dette ble gjennomført fortløpende, inntil det ikke lenger ble identifisert nye virksomheter.

Virksomhetene ble bedt om å oppgi opplysninger angående:

- Antall og type kolli og forsendelser virksomheten leverte for transport i 2023, fordelt etter transportmåten.
- Antall kolli og forsendelser virksomheten leverte for transport i 2023, fordelt etter TI.
- Antall og type kolli og forsendelser virksomheten mottok i 2023, fordelt etter transportmåten.
- Antall og type kolli og forsendelser virksomheten transporterte selv i 2023, fordelt etter transportmåten.
- Andre aktører som virksomheten samarbeider med i forbindelse med transport.
- Antall ansatte som arbeider med transport og deres stråledoser fra transport i 2023.

Det ble gjennomført brukertesting med utvalgte virksomheter for å sikre at spørsmålene i spørreskjemaet var tydelige og for å redusere sannsynligheten for misforståelser og feilsvar.

Av de 377 virksomhetene som inngikk i studien, svarte 294 på spørreskjemaet. De som ikke svarte, var i hovedsak små aktører som ikke antas å ha vesentlig innvirkning på studiens resultater. For enkelte virksomheter var det ikke mulig å innhente data for hele 2023. Disse ble derfor bedt om å oppgi informasjon for en representativ periode for 2023, som deretter kunne ekstrapoleres for et helt år. Resultatene som presenteres i rapporten, er basert på de innrapporterte svarene og er i hovedsak gjengitt uten endringer fra DSA. I enkelte tilfeller ble virksomhetene kontaktet og bedt om avklaringer eller retting av feil. Dette ble

gjort når det ble vurdert at feil eller mangelfull rapportering kunne ha betydelig innvirkning på studiens resultater.

Denne rapporten setter søkelys på innleverte svar fra norske avsendere, siden disse aktørene er omfattet av enten godkjennings- eller meldeplikt etter strålevernforskriften og derfor er kjent for DSA. Dessuten har avsenderne av radioaktivt materiale plikt til å beholde transportdokumenter i en periode på minst 3 måneder i henhold til regelverket for transport av farlig gods, noe som muliggjør innsamling av nøyaktige data. Transport fra utenlandske avsendere til norske mottakere er ikke tatt med i denne studien, med unntak av radioaktive legemidler, der informasjon om import ble innsamlet fra den nasjonale grossisten for radiofarmaka. Svar fra mottakerne ble brukt til å verifisere at antall kolli som er sendt og mottatt av norske virksomheter stemmer overens.

Basert på svarene, som omtales i mer detalj i kapittel 4.5, er det vurdert som hensiktsmessig å dele virksomhetene inn i kategorier basert på bruksområde. Transporter som utføres innenfor disse industriene skal drøftes mer inngående senere i denne rapporten, og disse inkluderer:

- Medisinsk bruk av radioaktive legemidler
- Olje og gass, herunder loggevirkosomheter
- Industriell radiografi
- Asfaltmalere
- Andre bruksområder

Transport som gjennomføres i tilknytning til andre bruksområder omfatter blant annet transport av industrielle kontrollkilder (f.eks. fast installerte strålekilder for måling av væsknivå eller tetthet i tanker og rørsystemer), radioaktive ladningsfjernere, transport til og fra avfallsmottak samt transport knyttet til forskning og undervisning. I studien ble virksomheter som forsker på utvikling og bruk av nye radioaktive legemidler inkludert under kategorien forskning og undervisning, og ikke under medisinsk bruk av radioaktive legemidler.

Når det gjelder transporter til eller fra avfallsmottak av potensielt syredannende bergarter og radioaktivt avfall fra petroleums- og gruveindustrien, kan det bemerkes at disse i hovedsak omfatter transport av naturlig forekommende radioaktivt materiale (NORM). NORM er en type radioaktivt avfall som inneholder naturlig forekommende radioaktive stoffer, slik som uran, thorium, radium og deres nedbrytningsprodukter. Disse stoffene finnes naturlig i berggrunn, jord, olje, gass, mineraler osv., men menneskelig aktivitet, som for eksempel utvinning av olje og gass, kan føre til at de konsentreres til nivåer som må håndteres som radioaktivt avfall.

Radioaktivt avfall i form av NORM omfattes i en del tilfeller ikke av regelverket for transport av farlig gods, selv om transport og håndtering av avfallet er underlagt krav i henhold til forurensningsloven med forskrifter, herunder forskrift 1. juni 2004 nr. 930 om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften) kapittel 16 og forskrift 1. november 2010 nr. 1394 om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall (forskrift om radioaktiv forurensning og avfall).

NORM faller ofte utenfor regelverket for transport av farlig gods av flere grunner. For det første er aktivitetskonsentrasjonen for de viktigste radionuklidene som finnes i NORM, ofte lavere enn grensen for

aktivitetskonsentrasjon for fritatt materiale som er fastsatt i regelverket for transport av farlig gods. De nedre grenseverdiene for hva som regnes som radioaktivt avfall i henhold til forskrift om radioaktiv forurensning og avfall, vedlegg I bokstav a, er i de fleste tilfeller lavere (typisk med en faktor 10) enn fritaksgrensene i transportregelverket. For det andre er fritaksgrensene for aktivitetskonsentrasjon for NORM hevet med en faktor på 10 i transportregelverket, jf. avsnitt 1.7.1.4(f) i ADR. Dette innebærer at for de viktigste radionuklidene i NORM kan grenseverdiene for aktivitetskonsentrasjon for fritatt materiale i transportregelverket være opptil 100 ganger større enn de nedre grenseverdiene for radioaktivt avfall som er definert i forskrift om radioaktiv forurensning og avfall. Dette fører til at radioaktivt avfall ofte er fritatt fra transportregelverket. Et eksempel er utgravde masser av potensielt syredannende bergarter som alunskifer, galgebergskifer og andre svartskifere, som ofte vil måtte håndteres som radioaktivt avfall, men som vanligvis har aktivitetskonsentrasjon under fritaksgrensene i transportregelverket.

Likevel kan det oppstå tilfeller der NORM overskrider aktivitetsgrensene i transportregelverket, og dermed blir underlagt tilleggskrav for transport. Et eksempel på slikt NORM er avleiringer som produseres ved utvinning av olje og gass. Når det gjelder transport av NORM i denne kartleggingen, er det kun tatt høyde for materiale som er underlagt krav i transportregelverket. Disse transportene vil i hovedsak komme fra olje- og gassindustrien, som omtales nærmere i kapittel 6 i denne rapporten.

3.2 Kartlegging av stråledoser fra transport av radioaktivt materiale

En ytterligere studie ble gjennomført i 2025 for å kartlegge stråledoser til arbeidstakere og allmennheten som følge av transport av radioaktive legemidler. Nesten 78 % av det totale antallet sendte kolli med radioaktivt materiale i 2023 inneholdte radioaktive legemidler (jf. kapittel 4.5). I tillegg kjennetegnes forsendelser med radioaktive legemidler av relativt høy TI sammenliknet med andre typer radioaktivt materiale som transporteres i Norge (jf. kapittel 4.5). Av den grunn ble det gjennomført en dosekartlegging på et utvalg transportoppdrag med transport av radiofarmaka. Kartleggingen ble gjennomført ved intervjuer med relevante personer fra virksomhetene, befaringer og målinger av doserater under transport. I tillegg ble stråledoser for ansatte i en flyplassterminal kartlagt. I kapittel 11 beskrives gjennomføringen av kartleggingen av stråledoser i større detalj.

Denne rapporten fokuserer primært på stråledoser knyttet til transport av radioaktive legemidler, da disse antas å utgjøre det dominerende bidraget til den samlede stråleeksponeringen fra transport av radioaktivt materiale i Norge. Tilsvarende studier for andre industrier er imidlertid planlagt gjennomført på et senere tidspunkt.

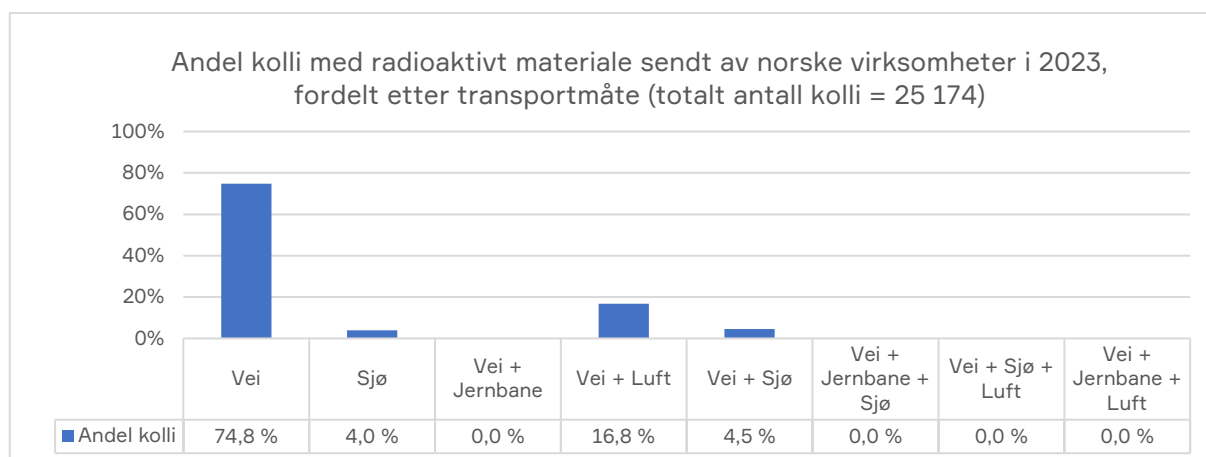
4 Kartlegging av transport av radioaktivt materiale fra norske virksomheter i 2023

4.1 Kolli med radioaktivt materiale sendt av norske virksomheter fordelt etter transportmåte

Det fremkommer av undersøkelsen at minst 25 174 kolli ble sendt av norske avsendere i 2023. Kolliene ble fraktet med land-, luft- og sjøtransport, og flere transportmåter kunne inngå i én enkel transport. Figur 1 viser fordelingen av kolli som ble sendt av norske virksomheter i 2023 etter transportmåte.

Transport på vei er den dominerende transportmåten for radioaktivt materiale i Norge. Nesten 96 % av alle kolliene som ble sendt i 2023, ble transportert på vei alene eller i kombinasjon med luft- og sjøtransport. Lufttransport benyttes hovedsakelig til levering av radioaktive legemidler. Rundt 17 % av alle kolliene ble sendt med lufttransport. Sjøtransport ble benyttet i mindre omfang enn land- og lufttransport. Omtrent 8 % av kolliene ble fraktet til sjøs i 2023. Det er i hovedsak olje- og gassindustrien som benytter sjøtransport for å frakte radioaktivt materiale til og fra plattformer via norske havner. Merk at prosentandelene overlapper, ettersom enkelte kolli ble transportert ved bruk av flere transportmåter, og summen av andelene som ble sendt med henholdsvis land-, luft- og sjøtransport overstiger derfor 100 %.

Ingen av virksomhetene som deltok i kartleggingen oppgav å benytte jernbane for transport av radioaktivt materiale i Norge i 2023. Ifølge tall fra Statistisk sentralbyrå (SSB) ble det imidlertid innrapportert at 572 865 tonn farlig gods ble fraktet med jernbane i 2023, hvorav 1 652 tonn var radioaktivt (Statistisk sentralbyrå, u.d.). Disse tallene fra SSB indikerer at radioaktivt materiale faktisk ble transportert med jernbane i 2023, noe som ikke samsvarer med funnene i denne studien. En mulig forklaring er at det innrapporterte volumet inkluderer radioaktivt avfall i form av NORM, som ofte fraktes i bulk, og hvor jernbane derfor kan være egnet til godstransport. Som omtalt i kapittel 3 er NORM i stor grad unntatt fra transportregelverkets virkeområde. Dette kan forklare hvorfor transporter med jernbane ikke ble identifisert i denne kartleggingen. Ettersom kartleggingen ikke har dokumentert konkrete transporter av radioaktivt materiale med jernbane, vil dette temaet ikke omtales videre i rapporten.



Figur 1 Andel kolli med radioaktivt materiale sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter transportmåte.

4.2 Kolli med radioaktivt materiale sendt av norske virksomheter fordelt etter type kolli

Regelverket for transport av farlig gods stiller krav til sikkerhet vedrørende transport av radioaktivt materiale basert på en risikobasert tilnærming. Tillatt aktivitetsinnhold i et kolli avhenger av spesifikasjonene for kolliets konstruksjon. Kravene til konstruksjon av kolli skjerpes i takt med økende faregrad knyttet til innholdet. Sikkerhet og forsvarlighet ved transport er også ivarettatt ved å innføre administrative ordninger, som for eksempel krav om godkjenning fra vedkommende myndigheter av kollikonstruksjoner som benyttes ved forsendelse av særlig radioaktive produkter.

Regelverket for transport av farlig gods kategoriserer kolli i følgende typer:

- Unntakskolli
- Industrielle kolli type IP-1, IP-2 og IP-3
- Type A
- Type B
- Type C
- Spaltbart materiale

Unntakskolli inneholder begrensede mengder radioaktivt materiale, slik at risikoen knyttet til denne gruppen er lavest blant alle kollitypene som nevnes ovenfor. Industrielle kolli type IP-1, IP-2 eller IP-3 benyttes til frakt av lav spesifikk aktivitet (LSA) eller overflateforurensede gjenstander (SCO), spesielt fra olje- og gassindustrien. LSA refererer til radioaktivt materiale med relativt lav konsentrasjon av radioaktive isotoper. SCO er faste materialer eller komponenter med radioaktiv forurensning på overflaten, mens selve materialet ikke er radioaktivt.

Kolli type A benyttes til transport av radioaktivt materiale der aktivitetsinnholdet er begrenset til A₁- eller A₂-verdiene som er fastsatt i tabell 2.2.7.2.2.1 i ADR/RID. Kolli type A skal tåle normale transportforhold og mindre uhell, og har strengere krav til ytelse enn både unntakskolli og industrielle kolli. Unntakskolli, industrielle kolli og kolli type A krever ikke godkjenning fra vedkommende myndighet.

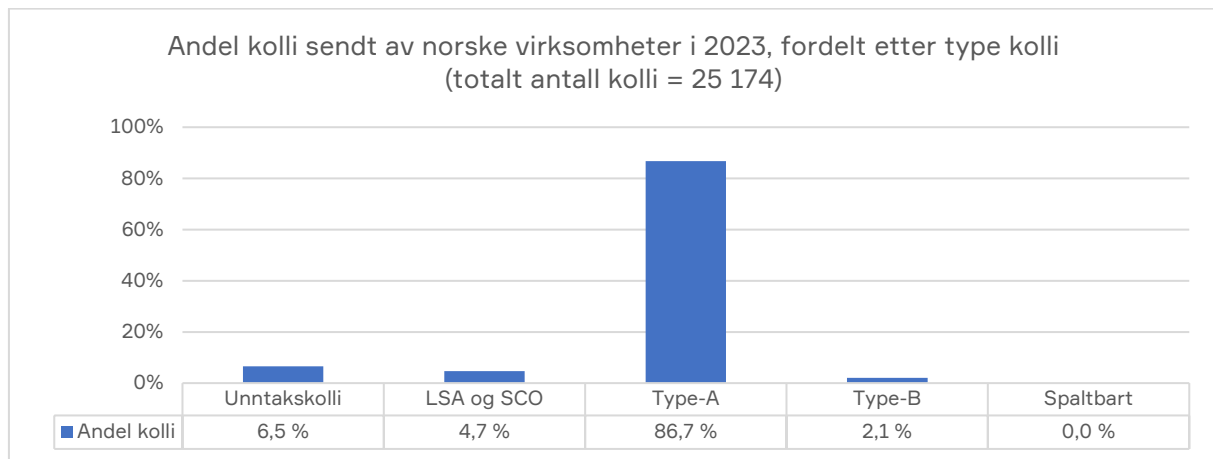
Kolli type B er underlagt strengere krav til kollikonstruksjon enn kolli type A og kan derfor inneholde større mengder radioaktivitet. Kolli type B skal være konstruert og testet for å tåle ulykkespregede transportforhold. I tråd med den risikobaserte tilnærmingen krever konstruksjonen av kolli type B godkjenning fra vedkommende myndighet.

Kolli med spaltbart materiale og kolli type C er underlagt enda strengere krav enn andre kollityper. Deres bruk forutsetter godkjenning av kollikonstruksjonen fra vedkommende myndigheter i landene der de skal transporteres i eller gjennom. Kolli type C benyttes for lufttransport av høyaktivt radioaktivt materiale og har blitt brukt i begrenset omfang internasjonalt. Kolli type C har aldri vært godkjent i Norge, og det legges derfor til grunn at slike kolli ikke transporteres i Norge. Det var heller ikke registrert noen transporter av spaltbare materialer i 2023, selv om det er forventet at antall transporter av spaltbart materiale kommer til å øke i årene som kommer som følge av dekommisjoneringen av de norske forskningsreaktorene. Siden verken kolli type C eller kolli som kan inneholde spaltbart materiale brukes i Norge, vil disse ikke bli omtalt videre i rapporten.

Figur 2 viser andelen kolli sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter type kolli. Unntakskolli og industrielle kolli med LSA og SCO utgjorde henholdsvis 6,5 og 4,7 % av totalt antall kolli. Kolli type A var den

klart dominerende kollitypen i 2023. Nesten 86,7 % av de sendte kolliene var kolli type A. Disse brukes ofte til transport av radioaktive legemidler til kreftbehandling eller bildediagnostikk. Til slutt var omtrent 2,1 % av kolliene av type B. Denne typen kolli brukes oftest ved transport av industrielt radiografiutstyr (jf. kapittel 4.5).

I en annen studie, gjennomført på oppdrag fra Europakommisjonen, ble det rapportert at omtrent 39 % av kolliene som ble transportert i EU-land i 2016 var unntakskolli (ENCO, 2019). Kolli type A utgjorde 52 % av kolliene, mens LSA og SCO samt kolli type B utgjorde henholdsvis 5 % og 2 % av totalen. Resultatene indikerer at situasjonen i Norge i hovedsak er sammenliknbar med situasjonen i andre europeiske land, selv om andelen unntakskolli ser ut til å være lavere i Norge. Det skal også bemerkes at enkelte land rapporterte tall som er mer i tråd med situasjonen i Norge for unntakskolli. For eksempel rapporterte Storbritannia at om lag 10 % av kolliene som ble fraktet i landet i 2016 var unntakskolli, mens 84 % var kolli type A (ENCO, 2019). Det er også mulig at unntakskolli sendt av eller til virksomheter som i liten grad har befatning med radioaktivt materiale, ikke har blitt fanget opp i studien. Andelen unntakskolli kan derfor være noe underestimert.



Figur 2 Andel kolli sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter type kolli.

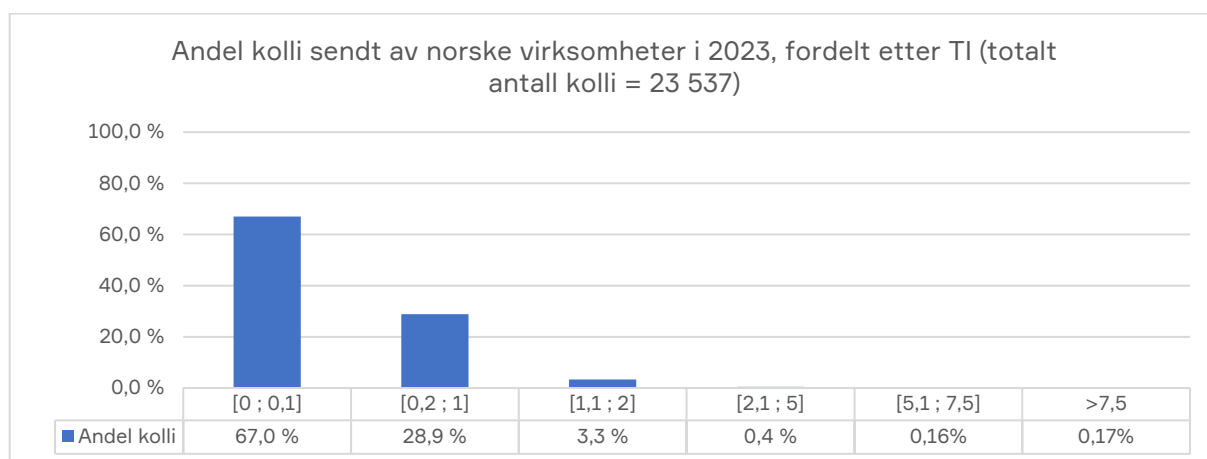
I det følgende settes det søkelys på fordelingen av kolli type A og kolli type B etter transportmåte, ettersom disse kollitypene inneholder de største mengdene radioaktivt materiale. Totalt ble det i 2023 sendt 21 838 kolli type A, og nesten alle (ca. 99,6 %) ble transportert på vei eller i kombinasjon med luft- eller sjøtransport. Dette innebærer at transport av kolli type A nesten alltid omfatter veitransport. Av disse ble rundt 18 % transportert i kombinasjon med lufttransport. Sjøtransport av kolli type A forekom i begrenset omfang. Kun om lag 3 % av kolli type A ble transportert med sjøtransport alene eller i kombinasjon med veitransport i 2023.

Videre ble det opplyst at 525 kolli type B ble sendt i 2023, hvorav 97 % ble transportert enten på vei eller i kombinasjon med andre transportmåter. Omtrent 34 % av kolli type B ble transportert med sjøtransport, mens rundt 7 % ble transportert med lufttransport. Det bemerkes igjen at prosentandelene overlapper, ettersom enkelte kolli ble transportert ved bruk av flere transportmåter.

4.3 Kolli og forsendelser med radioaktivt materiale, fordelt etter transportindeksen

Transportindeksen (TI) er en viktig parameter i regelverket for transport av farlig gods. TI gir informasjon om strålenivået én meter fra kolliets ytre overflate, og brukes blant annet for å optimalisere stråleeksponeringen ved transport av radioaktivt materiale. TI bestemmes ved først å måle den høyeste doseraten i mSv per time én meter fra kolliet og deretter multiplisere denne verdien med 100. Verdien avrundes alltid opp til første desimal, bortsett fra at en verdi på 0,05 eller mindre kan anses som null.

TI er ikke relevant for unntakskolli, siden doseraten ethvert sted på unntakskolliets ytre overflate ikke skal overstige 5 µSv per time. Dette betyr at unntakskolli generelt medfører meget lav ekstern eksponering under transport. Figur 3 viser antall kolli sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter TI. De fleste kolliene (99,7 %) hadde en TI under 5, mens kun omkring 0,3 % hadde en TI over 5. Dette innebærer at doseraten oversteg 50 µSv per time, målt én meter fra kolliets ytre overflate, for omtrent 0,3 % av kolliene som ble sendt i 2023.



Figur 3 Andel kolli sendt i 2023 av norske virksomheter, fordelt etter TI. Under hver søyle angis intervallet for TI som [x ; y].

Et kolli transporteres ofte sammen med flere andre kolli i et kjøretøy eller en transportenhet. En *forsendelse* defineres som et eller flere kolli, eller last med farlig gods, som en avsender overleverer til transport. For å studere eksponeringssituasjoner ved transport må det tas hensyn til at flere kolli med radioaktivt materiale kan inngå i samme forsendelse.

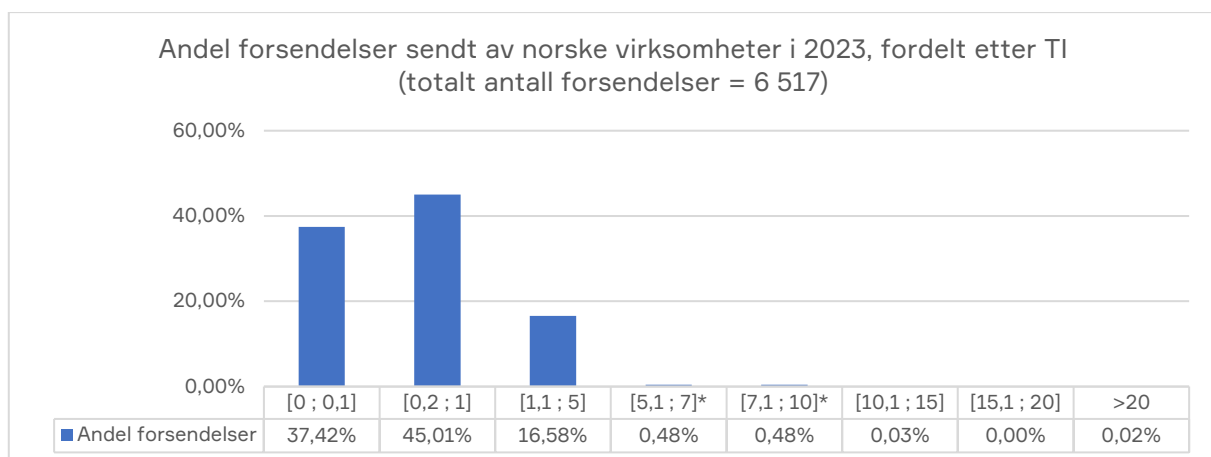
TI for en forsendelse kan beregnes ved å summere TI for alle kolli som inngår i forsendelsen. Siden kolliene som befinner seg innerst i forsendelsen vil være skjermet av andre kolli som står rundt dem, vil doseraten én meter fra disse kolliene være redusert. Derfor vil summen av TI for kolliene i en forsendelse utgjøre et konservativt anslag på doseraten målt én meter fra forsendelsen.

Virksomhetene i kartleggingen opplyste at de hadde levert totalt 6 517 forsendelser for transport i 2023. Figur 4 viser andelen forsendelser fra norske virksomheter i 2023, fordelt etter TI. Det fremgår av figuren at de fleste forsendelsene hadde en TI under 5. Dette indikerer at eksponeringsnivået under de fleste transportoppdrag sannsynligvis er lavt når hensiktsmessige strålevernstiltak er iverksatt. Likevel viser figuren at omtrent 1 % av forsendelsene hadde en TI høyere enn 5. Dette innebærer at under disse oppdragene er doseraten anslått til å kunne være høyere enn 50 µSv per time, målt én meter fra forsendelsen.

Under antakelsen om at antall forsendelser i hvert intervall i figur 4 er uniformt fordelt, kan det beregnes både en gjennomsnittlig TI per forsendelse og en samlet TI for alle forsendelser sendt i 2023. Disse parameterne kan brukes som risikoinndikatorer og gir en indikasjon på eksponeringsrisikoen ved ulike typer transporter og for transporter innen ulike industrier. Den beregnede gjennomsnittlige TI per forsendelse er 0,87. Summen av TI for alle forsendelser anslås til ca. 5 675, beregnet ved å summere TI for alle forsendelser sendt i 2023.

Intervjuer med enkelte virksomheter viste imidlertid at noen av deres forsendelser hadde en TI på opptil 10. De hadde ikke opplyst om dette i spørreskjemaet på grunn av misforståelser knyttet til beregningen av samlet TI for forsendelsen. Disse verdiene ble derfor ikke tatt med i figur 4. På dette grunnlaget antas andelen forsendelser med TI over 5 å være enda høyere enn det som ble opplyst av industrien i spørreundersøkelsen og som er angitt i figuren. Basert på innsamlingen av transportdokumenter fra utvalgte virksomheter, anslås det at cirka 4 % av forsendelsene med opphav i Norge hadde en TI over 5.

På samme måte ble det identifisert forsendelser av radioaktive legemidler fra utlandet som hadde en TI over 25. Siden utenlandske avsendere ikke ble omfattet av studien, er kolliene og forsendelsene som importeres til Norge ikke tatt med i dette avsnittet. Forsendelser med så høy TI består i hovedsak av radioaktive legemidler som importeres til Norge. I kapittel 5.2 omtales import av radioaktive legemidler nærmere, ettersom denne varetypen dominerer antallet importer av radioaktivt materiale i Norge.



*Andelen forsendelser fra norske virksomheter med TI over 5 antas å være høyere enn det som fremgår av spørreundersøkelsen. Det er estimert at nesten 4 % av forsendelsene hadde en TI over 5.

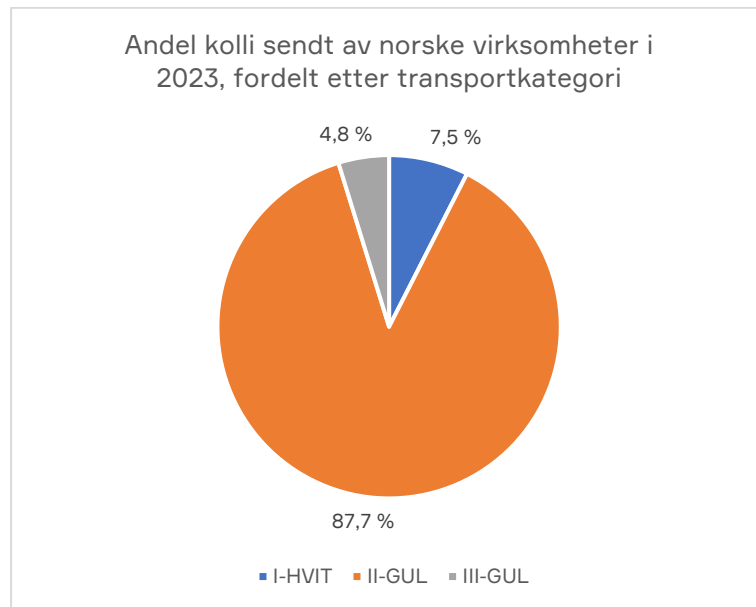
Figur 4 Andel forsendelser sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter TI.

4.4 Kolli med radioaktivt materiale sendt av norske virksomheter, fordelt etter transportkategori

Regelverket for transport av farlig gods kategoriserer kolli med radioaktivt materiale i tre hovedkategorier: I-HVIT, II-GUL og III-GUL. Både TI og doseraten på den ytre overflaten av et kolli avgjør kolliets kategori. Et kolli med kategori I-HVIT representerer den laveste kategorien og innebærer lavere risiko for eksponering enn kolli i kategori II-GUL eller III-GUL. Basert på tilordnet kategori merkes ethvert kolli med en tilhørende fareseddel. Fareseddelen plasseres på utsiden av kolliets ytre overflate, og den har som formål å gi tydelig og lett synlig informasjon om kolliets innhold og dermed optimalisere beskyttelsen mot stråling under både håndtering og transport.

På grunn av de lave strålenivåene fra unntakskolli er denne typen kolli unntatt fra krav om merking med fareseddel og kategorisering. De øvrige kollitypene må kategoriseres i henhold til transportregelverket og merkes med tilhørende fareseddel. Siden kollikategorien gir informasjon om risikoen for eksponering under transport, ble norske avsendere bedt om å opplyse om antall kolli sendt i 2023, fordelt etter transportkategori.

Figur 5 viser andelen kolli sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter transportkategori. Omtrent 88 % av kolliene ble tilordnet kategori II-GUL, mens henholdsvis 7,5 % og 4,8 % tilhørte kategori I-HVIT og III-GUL.



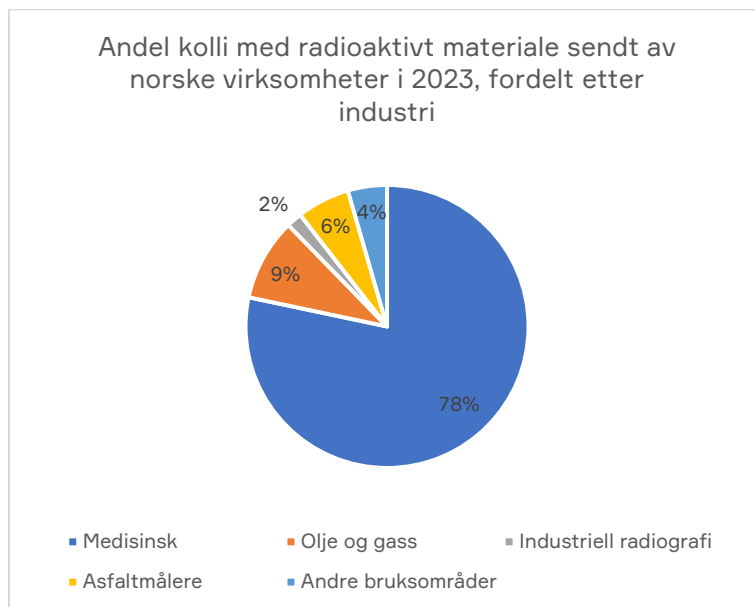
Figur 5 Andel kolli sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter transportkategori.

4.5 Kolli med radioaktivt materiale sendt av norske virksomheter fordelt etter industri

Virksomhetene som deltok i kartleggingen, ble fordelt i ulike kategorier basert på industri. En slik inndeling vil kunne gi innsikt i hvilke industrier som bidrar mest til eksponering av ansatte og allmennheten fra transport av radioaktivt materiale, og danne grunnlag for kartlegging av stråledoser. Virksomhetene ble delt inn i følgende kategorier:

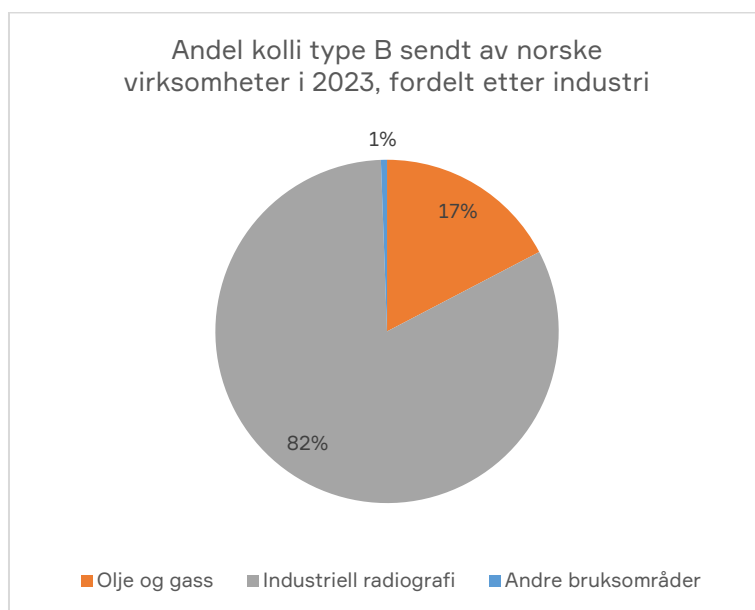
- Medisinsk bruk av radioaktive legemidler
- Olje- og gassindustrien, herunder loggevirksomheter
- Industriell radiografi
- Asfaltnålere
- Andre bruksområder

Av figur 6 fremgår det at nesten 78 % av det totale antallet kolli som ble sendt av norske virksomheter i 2023 gjaldt medisinsk bruk av radioaktive legemidler. Transport tilknyttet olje- og gassindustrien og transport av asfaltnålere utgjorde henholdsvis 9 % og 6 % av det totale antallet kolli sendt. Kun 2 % av kolliene gjaldt industriell radiografi, mens 4 % gjaldt andre bruksområder.



Figur 6 Andel kolli med radioaktivt materiale sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter industri.

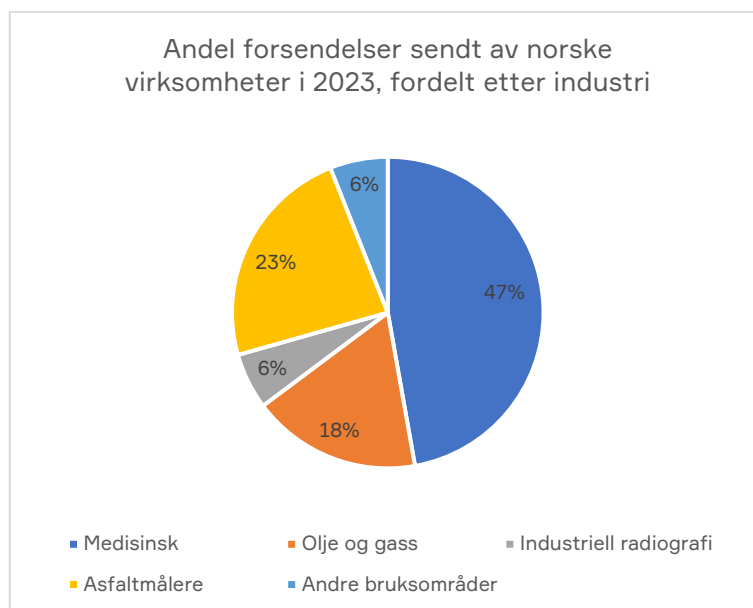
Til tross for en forholdsvis liten andel kolli knyttet til industriell radiografi, ble de fleste radioaktive kildene til industriell radiografi fraktet i kolli type B, som vist i figur 7. Det ble sendt 525 kolli type B i 2023, hvorav 82 % var knyttet til industriell radiografi. Kolli type B kan inneholde større aktivitetsmengder enn kolli type A for en gitt radionuklide, og transporter tilknyttet industriell radiografi er nærmere kartlagt i kapittel 7.



Figur 7 Andel kolli type B sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter industri.

Figur 8 viser fordelingen av forsendelser etter industri i 2023. Forsendelser med radiofarmaka utgjorde den største andelen av det totale antallet forsendelser, med ca. 47 %. Asfaltmålere utgjorde den nest største

andelen med ca. 23 %, etterfulgt av olje- og gassindustrien (ca. 18 %), industriell radiografi (ca. 6 %) og andre bruksområder (ca. 6 %).



Figur 8 Andel forsendelser sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter industri

I 2023 ble det sendt totalt 25 174 kolli fordelt på 6 517 forsendelser, noe som tilsvarer et gjennomsnitt på 3,9 kolli per forsendelse for alt radioaktivt materiale samlet.

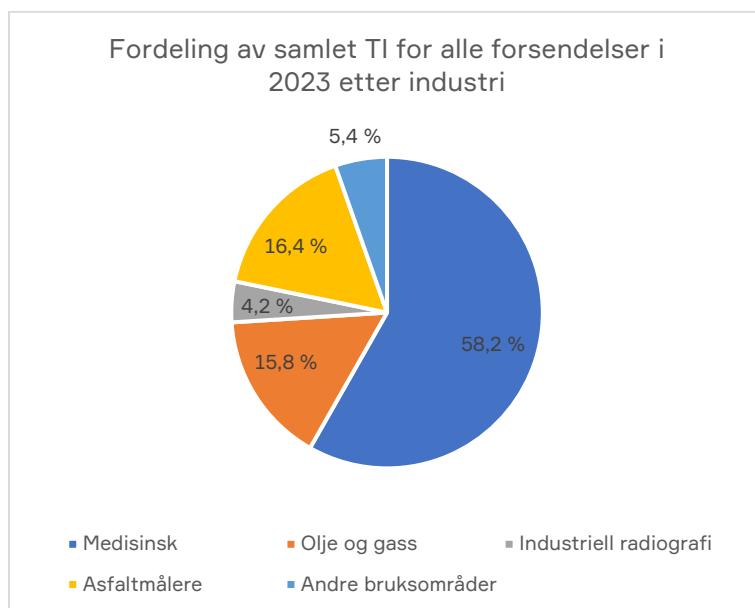
Med utgangspunkt i antall kolli sendt av hver industri (Figur 6) og antall forsendelser per industri (Figur 8), kan det beregnes et gjennomsnittlig antall kolli per forsendelse for hver industri. For radiofarmaka er dette gjennomsnittet betydelig høyere enn det som er beregnet for alt radioaktivt materiale samlet, med 6,4 kolli per forsendelse. Til sammenligning er gjennomsnittet for olje- og gassindustrien, industriell radiografi og asfaltmålere henholdsvis 2,1, 1,2 og 1,0 kolli per forsendelse. Dette indikerer at forsendelser med radiofarmaka i større grad består av flere kolli, mens praksis innen de øvrige industriene typisk er at én forsendelse inneholder ett til to kolli med radioaktivt materiale.

På samme måte som det ble gjort i kapittel 4.3, kan det beregnes både en gjennomsnittlig TI per forsendelse og en samlet TI for alle forsendelser fordelt etter industri/bruksområde. Dette kan gi en indikasjon på eksponeringsrisikoen for ansatte og allmennheten fra transport av radioaktivt materiale innen ulike industrier. Figur 9 viser fordelingen av samlet TI for forsendelser i 2023 etter industri.

Kolli sendt i forbindelse med medisinsk bruk av radioaktive legemidler i 2023 hadde en gjennomsnittlig TI på 1,07 per forsendelse, som er høyere enn gjennomsnittet på 0,87 beregnet for alle forsendelser (jf. kapittel 4.3). Dette tyder på at forsendelser med radioaktive legemidler har en relativt høy gjennomsnittlig TI sammenliknet med andre typer forsendelser. Dette skyldes at forsendelser med radiofarmaka i gjennomsnitt består av flere kolli, som beskrevet ovenfor. Videre er den samlede TI for alle forsendelser med radiofarmaka om lag 3 305, noe som tilsvarer rundt 58,2 % av total TI for alle forsendelser i 2023 (ca. 5 675, jf. kapittel 4.3).

For olje- og gassindustrien, industriell radiografi og asfaltmålere var den gjennomsnittlige TI per forsendelse henholdsvis 0,78, 0,63 og 0,60. Den samlede TI for alle forsendelser fra disse industriene var

henholdsvis 894, 240 og 929, noe som utgjør 15,8 %, 4,2 % og 16,4 % av den totale TI for alle forsendelser. Til slutt utgjorde den samlede TI for alle øvrige industrier nesten 5,4 % av den totale TI for alle forsendelser.



Figur 9 Fordeling av samlet TI for alle forsendelser i 2023 etter industri.

Ut fra resultatene fra spørreundersøkelsen forventes transport av radioaktive legemidler å medføre høyere eksponeringsrisiko for arbeidstakere og allmennheten enn transport innen de øvrige industriene. Dette kan forklares med at både antall kolli, gjennomsnittlig TI per forsendelse og samlet TI for alle forsendelser var høyere enn for de øvrige industriene. I tillegg vurderes det som hensiktsmessig å studere transporter knyttet til olje- og gassindustrien, industriell radiografi og asfaltmålere nærmere. Dette skyldes de samme forholdene som nevnt ovenfor, samt at industriell radiografi utgjorde den største andelen av kolli type B som ble levert for transport i 2023.

5 Kartlegging av transport av radioaktive legemidler i 2023

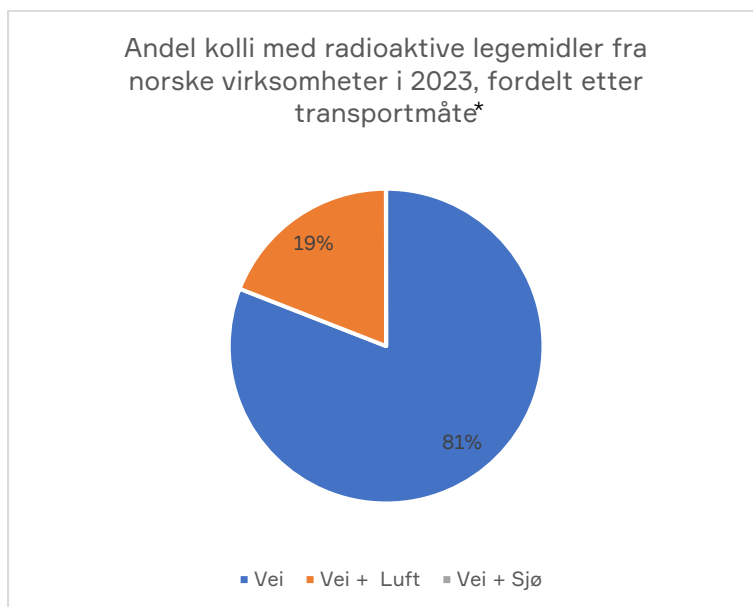
5.1 Kartlegging av transport av radioaktive legemidler

Transport av radioaktive legemidler utgjør en dominerende andel av transportene av radioaktivt materiale i Norge. Radioaktive legemidler, også kalt radiofarmaka, brukes til enten kreftbehandling eller diagnostiske formål ved flere sykehus rundt i landet. Radioaktive legemidler inneholder radionuklider med korte halveringstider, noe som krever hurtig transport til sluttdestinasjonene.

Av de mer enn 25 000 kolliene som ble sendt av norske avsendere i 2023, inneholdte rundt 78 % radioaktive legemidler. Det er derfor relevant å drøfte flyten av kolli med radioaktive legemidler mer inngående i denne rapporten.

Den høye andelen kolli med radioaktive legemidler skyldes i stor grad legemiddelet Xofigo. Dette er et legemiddel som inneholder radium-223 og produseres i Norge. Xofigo omsettes både i Norge og internasjonalt, og kolliene transporteres enten med veitransport, lufttransport eller en kombinasjon av disse. I 2023 ble det transportert 13 694 kolli med Xofigo til utlandet, noe som utgjorde ca. 54 % av det totale antallet kolli sendt i 2023.

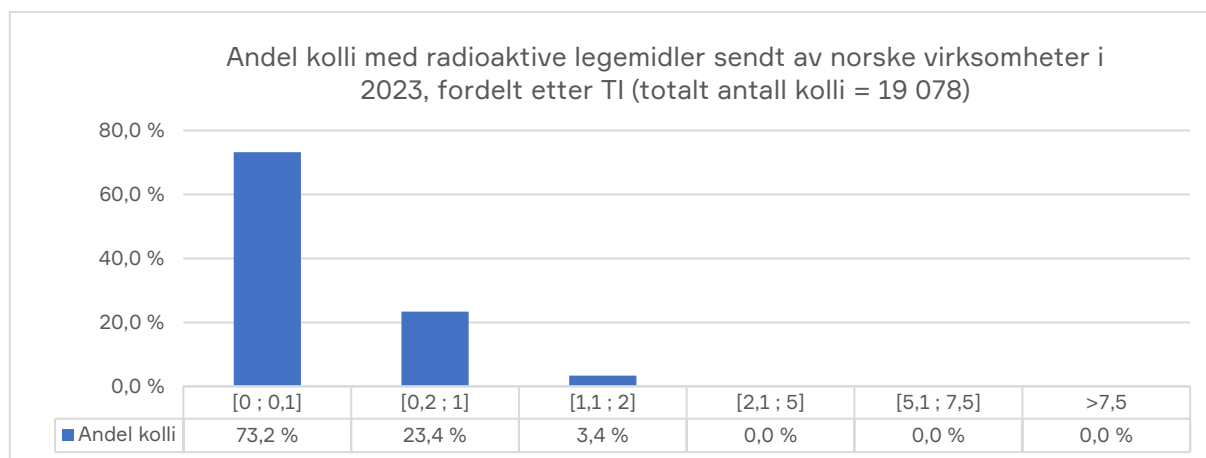
Radioaktive legemidler transporteres stort sett i kolli type A (ca. 97 %), mens de resterende i hovedsak transporteres som unntakskolli. I 2023 ble de fleste av disse kolliene sendt enten på vei eller som en kombinasjon av vei- og lufttransport. Nesten 19 % av kolliene med radioaktive legemidler ble sendt med lufttransport etter veitransport. Virksomhetene opplyste om kun fire kolli som ble fraktet både på vei og til sjøs. Figur 10 viser fordelingen av kolli med radioaktive legemidler levert for transport av norske virksomheter i 2023 etter transportmåte.



*Kun 0,02 % av kolliene ble fraktet både på vei og til sjøs

Figur 10 Andel kolli med radioaktive legemidler fra norske virksomheter i 2023, fordelt etter transportmåte.

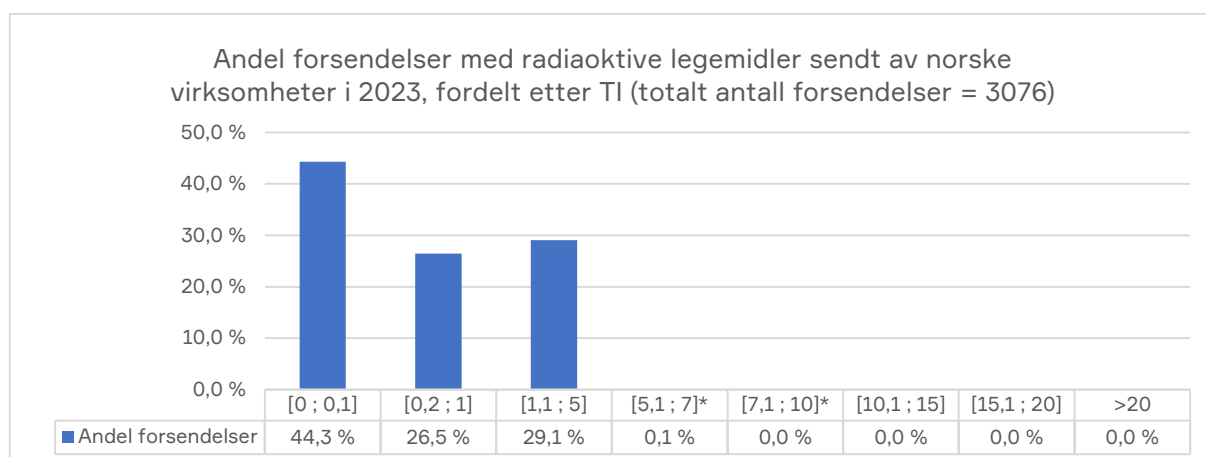
Til tross for det høye antallet kolli med radiofarmaka som transporteres i Norge, kjennetegnes disse kolliene av en relativt lav TI. Omtrent 97 % av kolliene hadde en TI under 1, mens alle hadde en TI under 2. Figur 11 viser andelen kolli med radioaktive legemidler levert for transport av norske virksomheter i 2023, fordelt etter TI. Kolli med Xofigo har en TI under 0,1 og utgjør en stor andel av de transporterte kolliene. Dette forklarer hvorfor en stor andel av kolliene havner i intervallet [0 ; 0,1] i figur 11.



Figur 11 Andel kolli med radioaktive legemidler sendt i 2023 av norske virksomheter, fordelt etter TI.

Når det gjelder forsendelser, som kan bestå av flere kolli, ble det gjennomført 3 076 forsendelser av radioaktive legemidler i 2023. Videre fremkom det av spørreundersøkelsen at nesten alle forsendelsene hadde en TI under 5. Figur 12 viser andelen forsendelser med radioaktive legemidler sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter TI.

Selv om det kun ble rapportert noen få forsendelser med TI over 5 gjennom spørreskjemaene, fremkom det gjennom intervjuer og innsamlede transportdokumenter at enkelte forsendelser av radiofarmaka fra grossist til sykehus hadde en TI på opptil 10. For importforsendelser kunne TI være betydelig høyere, og i enkelte tilfeller overstige 25. Basert på de innhentede opplysningene er det anslått at omkring 6 % av forsendelsene med radiofarmaka hadde en TI over 5 i 2023.

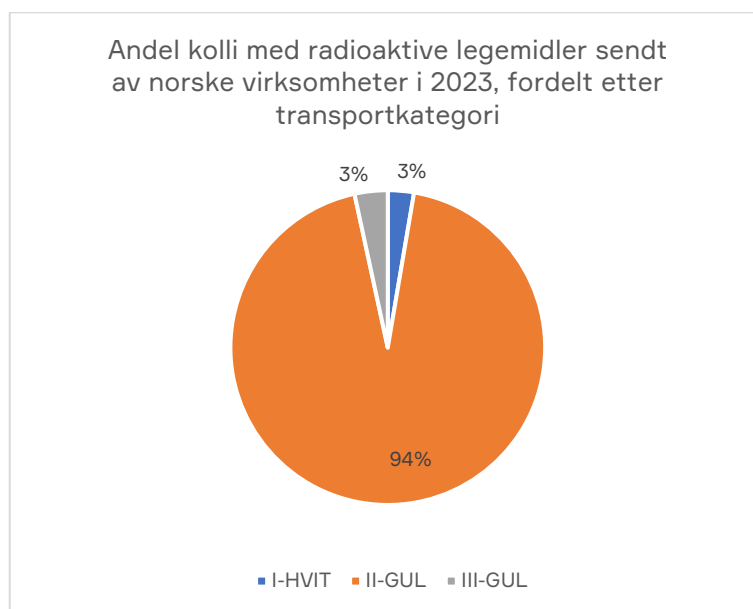


*Andelen forsendelser med radioaktive legemidler og TI over 5 antas å være høyere enn det som fremgår av spørreundersøkelsen. Basert på intervjuer og innhentede transportdokumenter anslås det at om lag 6 % av forsendelsene hadde en TI over 5.

Figur 12 Andel forsendelser med radioaktive legemidler sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter TI.

De fleste kolliene med radiofarmaka ble klassifisert i transportkategori II-GUL (ca. 94 %), mens andelen kolli i kategori I-HVIT og III-GUL utgjorde rundt 3 % hver.

Det kan påpekes at kolli med radiofarmaka i transportkategori III-GUL utgjorde nær 57 % av det totale antallet kolli i transportkategori III-GUL som ble levert for transport i 2023. Dette innebærer at mer enn halvparten av alle kolliene i transportkategori III-GUL som ble sendt av norske virksomheter i 2023, inneholdte radiofarmaka. Figur 13 viser andelen kolli med radioaktive legemidler sendt av norsk industri i 2023, fordelt etter transportkategori.



Figur 13 Andel kolli med radioaktive legemidler sendt av norske virksomheter i 2023, fordelt etter transportkategori.

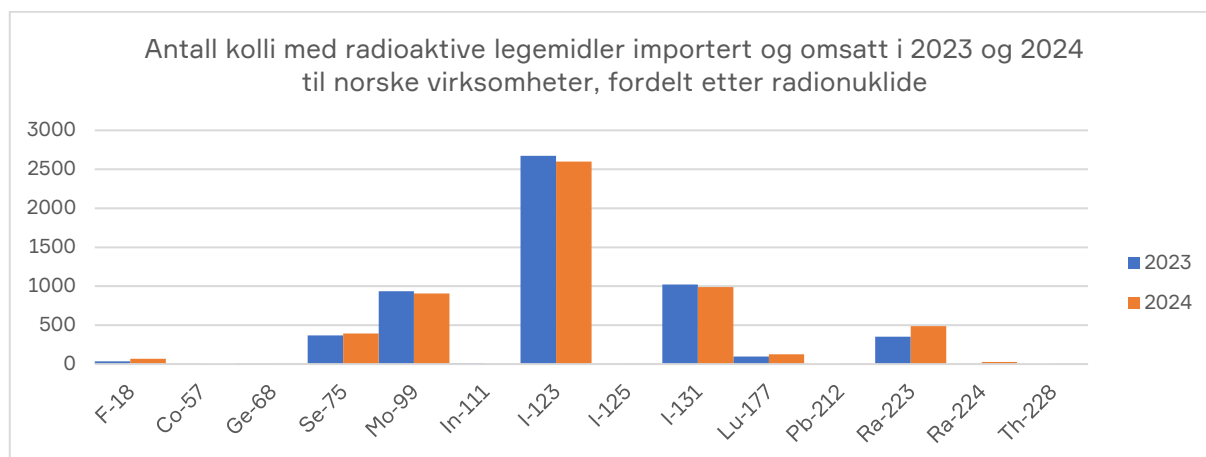
5.2 Kartlegging av import av radioaktive legemidler

Ettersom spørreundersøkelsen ikke omfattet opplysninger om import av kolli eller hvilke radionuklider som transporteres, ble informasjon om flyten av kolli med radioaktive legemidler og deres import innhentet fra en stor distributør. I dette kapittelet presenteres tall for kolli med radiofarmaka som ble importert i 2023 og 2024, samt hvordan disse kolliene er fordelt etter innhold og TI.

Figur 14 viser antall kolli med radiofarmaka omsatt til norske virksomheter i 2023 og 2024, fordelt etter radionuklide. Blant radionuklidene som omsettes i Norge er selen-75, molybden-99, jod-123, jod-131 og lutetium-177. DSA publiserer årlige oversikter over nukleærmedisinske undersøkelser og behandlinger (Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, 2025).

I både 2023 og 2024 ble det sendt henholdsvis litt over 5 500 og 5 400 kolli med radioaktive legemidler til norske virksomheter. Som nevnt produseres Xofigo i Norge, og det er også produksjon av kortlivede radionuklider til PET-diagnostikk, primært fluor-18, ved fire syklotronsentre i Norge. Mesteparten av øvrige radiofarmaka som sendes for bruk på sykehusene, importeres til Norge via lufttransport. Deretter transporteres kolliene videre med veitransport til en grossist og distributør av radiofarmaka før videresending til norske sykehus. Importen av radioaktive legemidler utgjør den klart største andelen av

importerte kolli med radioaktivt materiale til Norge. Derfor gir antallet kolli med omsatt radiofarmaka også en god indikasjon på volumet av importerte kolli med radioaktivt materiale til Norge.

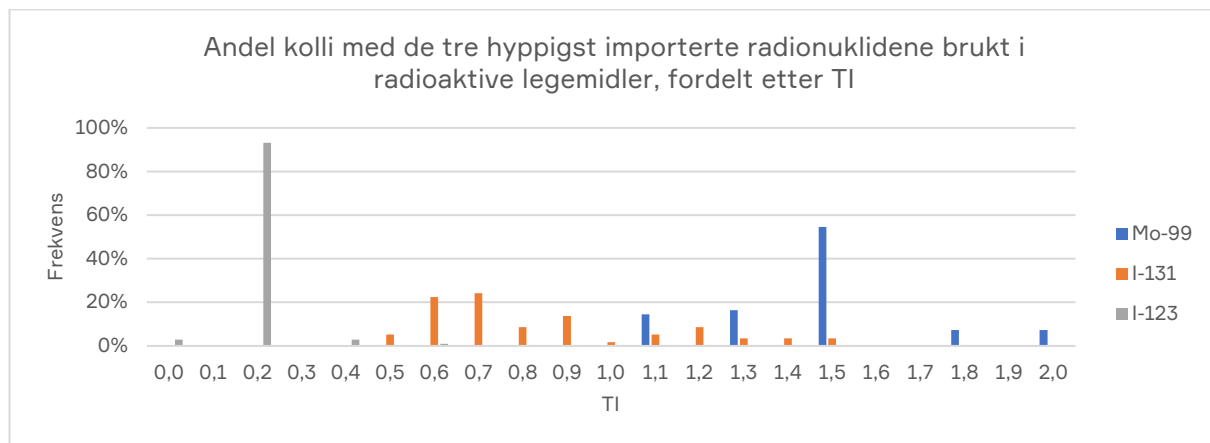


Figur 14 Antall kolli med radioaktive legemidler importert og omsatt i 2023 og 2024 til norske virksomheter, fordelt etter radionuklide.

I forbindelse med kartleggingen ble det innhentet transportdokumenter for fem forsendelser med radioaktive legemidler som ankom en norsk flyplass i 2025. Transportdokumentene ble lagt frem av både en terminaloperatør og en distributør av radiofarmaka. Total TI for disse forsendelsene varierte, og oversteg 20 for enkelte av dem.

I disse fem forsendelsene ble det importert 232 kolli, hvorav 103 inneholdte jod-123, 58 inneholdte jod-131 og 55 inneholdte molybden-99. I tillegg var det 2 kolli med fluor-18 som hver hadde en TI på 1,1. De resterende 14 kolliene inneholdte lutetium-177, radium-223 og indium-111 og tilhørte transportkategori I-HVIT kategori, som innebærer en TI på null. Det var ingen kolli med selen-75 under de observerte importene, men TI til denne typen kolli er antatt å være null. Denne antakelsen er basert på et utvalg transportdokumenter til sykehus, som viste at alle 8 kolli med selen-75 hadde en TI på null.

Figur 15 viser prosentandelen kolli fordelt etter TI for de tre hyppigst importerte radionuklidene, henholdsvis molybden-99, jod-123 og jod-131, jf. figur 14. Figur 15 er basert på data for de fem forsendelsene beskrevet ovenfor. Diagrammet viser tydelig at alle kolliene som ble importert i disse forsendelsene, hadde en TI under 2, noe som samsvarer godt med tallene i figur 11. Kolli med molybden-99 har høyest TI, med en gjennomsnittlig verdi på 1,5. TI for kolli med jod-131 strekker seg fra 0,5 til 1,5, og gjennomsnittlig TI er 0,8 per kolli. Kolli med jod-123 har derimot en relativt lav TI sammenliknet med kolli med både molybden-99 og jod-131, med en gjennomsnittlig TI på 0,2 per kolli.



Figur 15 Andel kolli med de tre hyppigst importerte radionuklidene brukt i radioaktive legemidler, fordelt etter TI.

Summen av TI for kolliene med hver radionuklide gir en indikasjon på hvilke radionuklider som bidrar mest til stråleeksponering av arbeidstakere og allmennheten i forbindelse med import av radiofarmaka. For kolli med molybden-99 var summen av TI 80,7, mens den for kolli med jod-123 og jod-131 var henholdsvis 21 og 49.

Dette tyder på at kolli som inneholder technetium-99m-generatorer (molybden-99), forventes å gi det største bidraget til stråleeksponering blant kolli med radioaktive legemidler. Dette skyldes både høyere gjennomsnittlig TI per kolli og en høyere samlet TI per forsendelse. At kolli med molybden-99 forventes å gi det største bidraget til stråleeksponering, er tatt i betraktning ved utvelgelsen av transportoppdrag for dosekartleggingen i kapittel 11.

6 Kartlegging av transport fra olje- og gassindustrien i 2023

Olje- og gassindustrien bruker radioaktive strålekilder i flere sammenhenger. Et av disse bruksområdene er brønnlogging. Ved brønnlogging benyttes gammakilder (cesium-137) og nøytronkilder (americium-241/beryllium) til kartlegging av strukturer og karakterisering av bergarters egenskaper rundt borehull. Metodene gir informasjon om blant annet porøsitet, tetthet og væskeinnhold i reservoaret.

Kapslede radioaktive kilder kan også brukes til måling av produkttegenskaper og styring av prosesser. Slike radioaktive kilder kalles industrielle kontrollkilder og er mye brukt innen olje- og gassindustrien (Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet, 2019). Eksempler på slike bruksområder inkluderer bruk av gammakilder til tykkelsesmåling, samt måling av tetthet i væsker eller slam i rør og nivået av væsker i tanker. Videre benyttes gammakilder i flerfasemålere. Disse målerne bestemmer sammensetningen av de ulike fasene (olje, vann og gass) som til enhver tid passerer gjennom et rør. Vanlige radionuklider som benyttes i industrielle kontrollkilder i olje- og gassindustrien inkluderer blant annet cesium-137, americium-241 og barium-133.

Gammakilder som selen-75 og iridium-192 kan også brukes til industriell radiografi, som er en metode for å undersøke materialegenskapene til et objekt uten å endre eller ødelegge det (Statens Strålevern, 2017). Industriell radiografi kan blant annet benyttes til å kontrollere korrosjon i rørsystemer, påvise materialdefekter og sprekkdannelser, samt undersøke sveiseskjøter og strukturer i plattformer, rør og tanker.

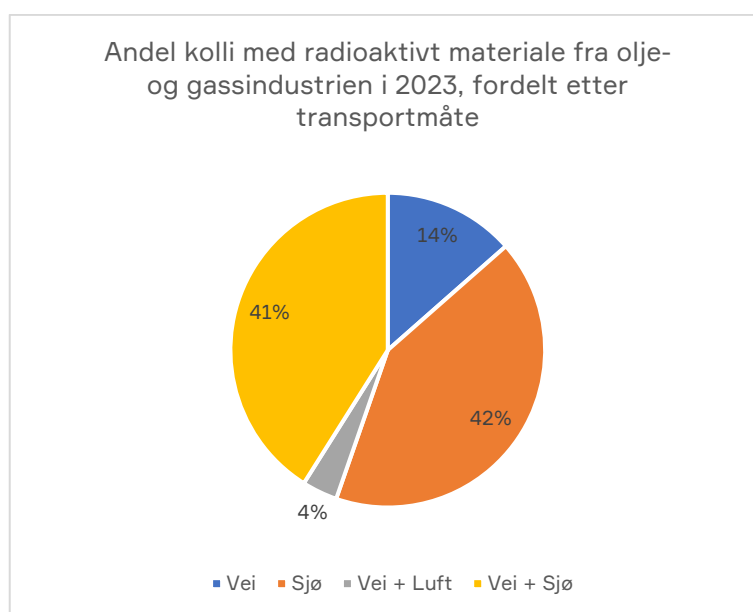
I forlengelsen av dette bør det nevnes at olje- og gassindustrien ikke er den eneste industrien som benytter radioaktive strålekilder eller røntgenapparater for å utføre industriell radiografi. Andre industrier bruker denne teknologien i sitt arbeid, for eksempel til å undersøke sveiseskjøter og konstruksjoner i skip, fly og vindturbiner. Basert på svarene på spørreskjemaet var det ikke mulig å trekke et klart skille mellom ulike bruksformål for strålekilder fra olje- og gassindustrien, ettersom spørsmålene kun omhandlet klassifisering av kolli samt deres TI og transportkategori. Dermed var det ikke mulig å identifisere hvilke transportør til virksomheter innen olje- og gassindustrien som utelukkende var knyttet til industriell radiografi. Transport av radiografiutstyr med avsendere fra olje- og gassindustrien, for eksempel operatører på norsk sokkel, er derfor medregnet i dette kapittelet. Kategoriseringen av virksomheter under olje- og gassindustrien var basert på at virksomhetene enten kun opererer innenfor eller tilbyr tjenester knyttet til olje- og gassindustrien. I kapittel 7 omtales transportør fra virksomheter som utfører industriell radiografi, og som har godkjenning fra DSA for dette, jf. strålevernforskriften § 9 bokstav a.

Innen olje- og gassindustrien oppstår det også såkalt «lav spesifikk aktivitet (LSA)»-materiale og overflateforurensede gjenstander (SCO). LSA betegner radioaktivt materiale med relativt lav konsentrasjon av radionuklider. Overflateforurensede gjenstander (SCO) er faste materialer eller komponenter som har radioaktiv forurensning på overflaten, men hvor selve gjenstanden ikke er radioaktiv. Til transport av LSA- og SCO-materiale brukes vanligvis industrielle kolli av type IP-1, IP-2 eller IP-3. Slike kolli benyttes spesielt i forbindelse med transport til virksomheter med tillatelse fra DSA til å ta imot og håndtere radioaktivt avfall. LSA og SCO faller ofte inn under definisjonen av NORM siden de vanligvis inneholder kun naturlig forekommende radionuklider, som definert i kapittel 3. I olje- og gassindustrien oppstår det ofte lavradioaktive avleiringer (LRA) i produksjonsutstyr som rør og tanker. LRA skyldes radioaktive stoffer i formasjonsvann («produsert vann») fra reservoaret under olje- og gassproduksjon. Formasjonsvannet gir

avleiringer i rør og tanker med varierende mengde radioaktive stoffer, og disse avleiringene kan skape problemer for produksjonsstrømmen. Det utføres derfor regelmessige renseoperasjoner for å fjerne avleiringene. Denne typen NORM kan være underlagt krav i transportregelverket, siden den kan overskride aktivitetsgrensen for fritatte materialer.

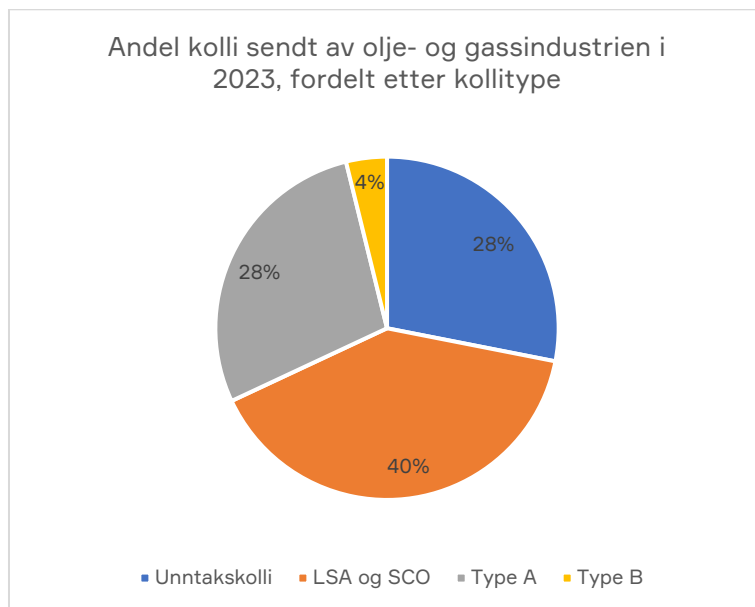
Siden olje- og gassindustrien både bruker radioaktive strålekilder og produserer LSA og SCO, har denne sektoren blitt tildelt en egen kategori i denne transportkartleggingen, som drøftes nærmere i dette kapittelet.

Den norske olje- og gassindustrien opplyste at den hadde levert 2 365 kolli for transport i 2023. Figur 16 viser fordelingen av kolliene etter transportmåte. Sjøtransport var den mest benyttede transportformen, med over 83 % av kolliene levert enten direkte med sjøtransport eller i kombinasjon med andre transportmåter. I tillegg ble vei- (om lag 59 %) og lufttransport (ca. 4 %) benyttet. De oppgitte prosentandelene overlapper, ettersom enkelte kolli ble transportert på flere transportmåter.



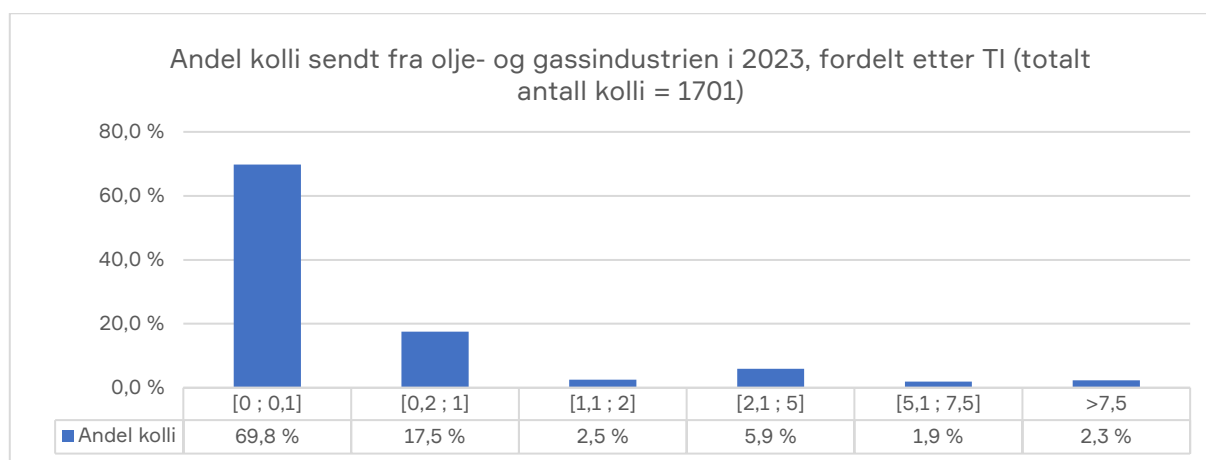
Figur 16 Andel kolli med radioaktivt materiale fra olje- og gassindustrien i 2023, fordelt etter transportmåte.

Figur 17 viser fordelingen av kolli sendt fra olje- og gassindustrien etter kollitype. Det fremgår av figuren at rundt 40 % av kolliene inneholdte LSA eller SCO. De resterende kolliene var fordelt mellom unntakskolli (28 %), kolli type A (28 %) og kolli type B (4 %). I grove trekk benyttes unntakskolli og kolli type A til transport av industrielle kontrollkilder (f.eks. fastmonterte nivåmålere). Kolli type A benyttes også til transport av loggekilder, mens kolli type B primært brukes til industriell radiografi. LSA og SCO er oftest NORM som inneholder radionuklider med aktivitet over grenseverdiene for fritatt materiale i henhold til transportregelverket.



Figur 17 Andel kolli sendt fra olje- og gassindustrien i 2023, fordelt etter kollitype.

Til tross for at antallet kolli fra olje- og gassindustrien var lavt sammenliknet med det totale antallet kolli som ble sendt i Norge i 2023 (25 174 kolli, jf. kapittel 4.1), kjennetegnes en del av disse kolliene av en høyere TI enn kolli som leveres fra andre industrier. De fleste kolliene som ble sendt fra olje- og gassindustrien, hadde en TI under 1 (om lag 88 %). Likevel hadde ca. 4 % av kolliene en TI over 5. Figur 18 viser andelen kolli sendt fra olje- og gassindustrien i 2023, fordelt etter TI.

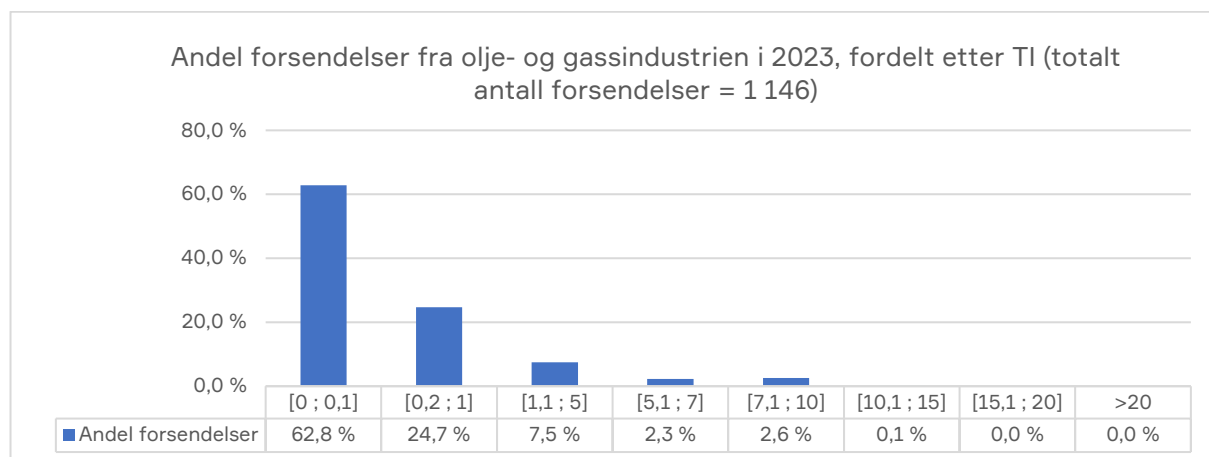


Figur 18 Andel kolli sendt fra olje- og gassindustrien i 2023, fordelt etter TI.

I forbindelse med aktiviteter knyttet til olje- og gassindustrien ble det gjennomført 1 146 forsendelser med radioaktivt materiale i 2023. Figur 19 viser andelen forsendelser fra olje- og gassindustrien i 2023, fordelt etter TI. Som figuren viser, hadde nesten 95 % av forsendelsene en TI under 5.

Selv om det var få forsendelser fra virksomheter i olje- og gassindustrien med TI over 5 (kun 5 % av forsendelsene), utgjorde disse forsendelsene størstedelen (nesten 88 %) av alle forsendelsene med TI over 5 som ble sendt i Norge i 2023. Resultatene fra kartleggingen indikerer derfor et potensial for høyere stråleeksponering fra denne typen transporter, som følge av en høyere TI per forsendelse. Det kan nevnes at de høyeste TI-verdiene i stor grad kunne tilskrives transport av loggekilder. Utøvelse av loggevirkomhet

krever godkjenning fra DSA, jf. strålevernforskriften § 9 bokstav c, og ansatte som håndterer loggekilder, vil normalt bære persondosimetre for både nøytron- og gammastråling.



Figur 19 Andel forsendelser fra olje- og gassindustrien i 2023, fordelt etter TI.

De fleste kolliene som ble sendt fra olje- og gassindustrien, var tilordnet transportkategori I-HVIT (ca. 64 %), mens andelen kolli i transportkategori II-GUL og III-GUL var henholdsvis 16 % og 21 % i 2023.

7 Kartlegging av transport innen industriell radiografi i 2023

Industriell radiografi basert på røntgen- eller gammastråling brukes i ikke-destruktiv testing (NDT) for å kontrollere kvaliteten og sikkerheten til ulike materialer og konstruksjoner uten å skade dem (Statens Strålevern, 2017). Radiografi benyttes for å ta bilder av for eksempel sveiseskjøter, rør eller tanker for å avdekke defekter som sprekker, porer, korrosjon eller fremmedlegemer. I bygningsoppføring, skipsbygging osv. er det kritisk å sikre at sveiser og konstruksjoner er solide og oppfyller gjeldende krav. Radiografi gir et bilde av indre strukturer som ofte ikke kan kontrolleres på andre måter.

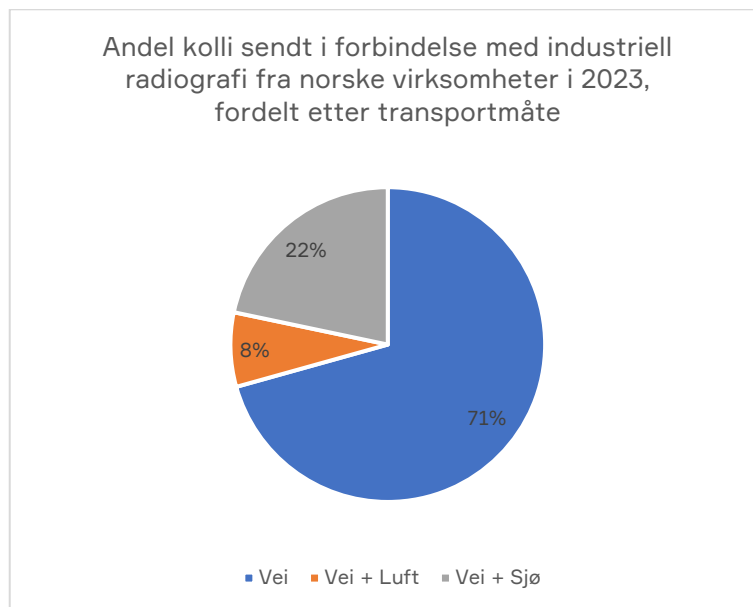
Som omtalt i kapittel 6 er transport av industrielt radiografiutstyr fra virksomheter kategorisert under olje- og gassindustrien ikke medregnet i dette kapittelet. Dette er for å unngå dobbelttelling av kolli og transporter. I dette kapittelet presenteres tall for virksomheter som har godkjenning til å utføre industriell radiografi, og som ikke regnes som rene olje- og gassaktører. Transport av røntgenutstyr er heller ikke inkludert, ettersom slikt utstyr ikke kan avgi stråling når det er slått av under transport. Røntgenutstyr transporteres derfor ikke som radioaktivt materiale (farlig gods klasse 7).

I 2023 ble det sendt 446 kolli fra virksomheter som utfører industriell radiografi. I denne sammenhengen benyttes hovedsakelig kolli type B til transport av gammakilder (om lag 97 %). De resterende kolliene var kolli type A (ca. 3 %), som benyttes i enkelte typer beholdere for selen-75. Transportbeholderen (emballasjen) inngår som en integrert del av konstruksjonen til industrielt gammaradiografiutstyr. Et eksempel er vist i figur 20, som illustrerer en eldre beholder av typen INC IR-100. Som omtalt i kapittel 4.5 ble 82 % av alle kolli type B sendt med formål knyttet til industriell radiografi i 2023.



Figur 20 Eksempel på en eldre kombinert skjermings- og transportbeholder for industriell radiografi (foto: DSA).

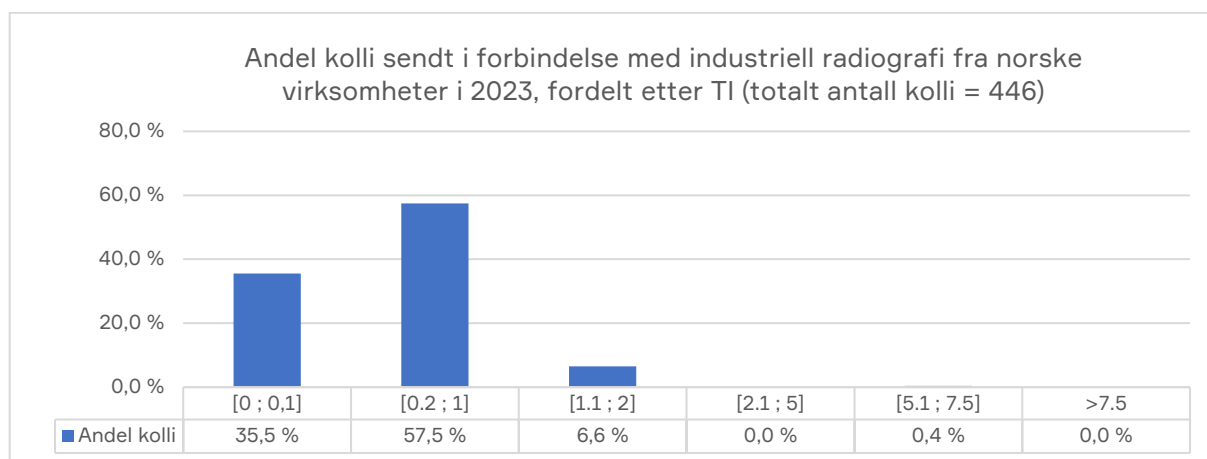
I tillegg fremkom det av kartleggingen at for alt gammaradiografiutstyr som ble transportert i 2023 inngikk veitransport som en del av transportkjeden. Av disse kolliene ble henholdsvis 8 % og 22 % fraktet videre med luft- eller sjøtransport. Figur 21 viser andelen kolli sendt i forbindelse med industriell radiografi fra norske virksomheter i 2023, fordelt etter transportmåte.



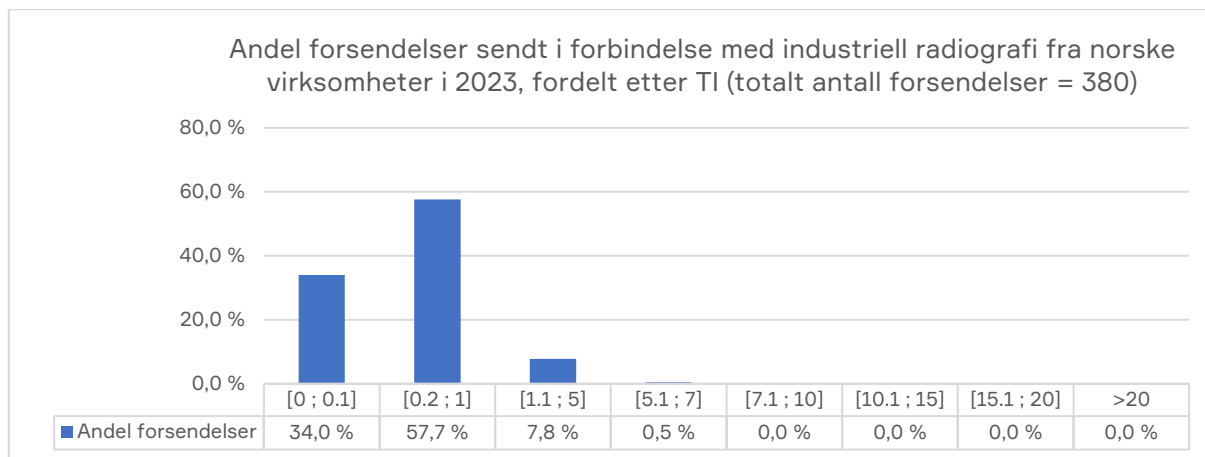
Figur 21 Andel kolli sendt i forbindelse med industriell radiografi fra norske virksomheter i 2023, fordelt etter transportmåte.

I 2023 ble det gjennomført 380 forsendelser med industriell radiografi. Både kolli og forsendelser av gammaradiografiutstyr kjennetegnes av lav TI. Over 99 % av kolliene hadde en TI under 2, mens nesten 99 % av forsendelsene hadde en TI under 5. Figur 22 og 23 viser henholdsvis andelen kolli og forsendelser som ble levert for transport i 2023 i forbindelse med industriell radiografi, fordelt etter TI.

Kolli som faller inn under definisjonen av gammaradiografiutstyr, har i hovedsak transportkategori II-GUL. Om lag 96 % av kolliene hadde transportkategori II-GUL i 2023, mens henholdsvis 3 % og 1 % var tilordnet transportkategori I-HVIT og III-GUL.



Figur 22 Andel kolli sendt i forbindelse med industriell radiografi fra norske virksomheter i 2023, fordelt etter TI.



Figur 23 Andel forsendelser sendt i forbindelse med industriell radiografi fra norske virksomheter i 2023, fordelt etter TI.

8 Kartlegging av transport av asfaltmålere i 2023

En asfaltmåler er et instrument som brukes til å måle kvaliteten og egenskapene til asfalt, som tetthet, konsistens og tykkelse. Den hjelper til med å sikre at asfalten legges jevnt og holder riktig standard ved veibygging og vedlikehold. Tilsvarende måleutstyr benyttes også til undersøkelser og kontroll av andre typer underlag og jord, samt betong.

Asfaltmålerne finnes i flere varianter, men de fleste inneholder en gammakilde og en nøytronkilde. Asfaltmålerne benytter seg av attenuasjonen eller refleksjonen av gammastrålingen for å bestemme tettheten til asfalten eller materialet. Nøytronkilden brukes til å måle nedbremsing og tilbakespredning av nøytroner, noe som kan gi informasjon om fuktighet og vanninnhold i materialet.

Asfaltmålerne inneholder kapslede radioaktive kilder som er omsluttet av en bærbar skjermingsbeholder. Et eksempel på en asfaltmåler er vist i figur 24. Apparatet plasseres vanligvis i en egen transportbeholder (emballasje) i bilen under transport og tas ut av beholderen ved utførelse av oppdrag.



Figur 24 Eksempel på en bærbar asfaltmåler (foto: DSA - bildet er modifisert for å sladde informasjon).

Det fremkom av kartleggingen at 1 549 kolli med asfaltmålere ble sendt i 2023 av norske virksomheter. Når det gjelder kollitype, viser tallene i kartleggingen at alle asfaltmålere transporteres som kolli type A. Alle asfaltmålere ble i 2023 fraktet på vei, hvorav kun 4 % ble fraktet videre til sjøs. I tillegg hadde alle kolli med asfaltmålere en TI mellom 0,2 og 1 og transportkategori II-GUL. Det ble også rapportert om 1 549 forsendelser med asfaltmålere, med en TI mellom 0,2 og 1 per forsendelse.

Selv om kolli med asfaltmålere har en forholdsvis lav TI sammenliknet med andre industrier, utgjorde disse forsendelsene det nest største bidraget til samlet TI for alle forsendelser (figur 9). Dette kan forklares med at asfaltmålere transporteres betydelig hyppigere enn andre typer radioaktivt materiale, med unntak av radiofarmaka (figur 8).

De kapslede radioaktive kildene som benyttes i asfaltmålere har ikke så høy aktivitet, og kildene kunne i prinsippet vært transportert som unntakskolli. Grunnen til at de likevel transporteres som kolli type A er at

instrumentene av hensyn til bruksområdet må være bærbare. Det er dermed begrenset hvor mye skjermingsmateriale – typisk i form av bly – som kan legges inn i apparatet. Doseraten på overflaten av transportbeholderen vil derfor normalt være over 5 $\mu\text{Sv/t}$ og dermed for høy til at kolliet kan transporteres som unntakskolli.

Fordi de radioaktive kildene ikke regnes som sterke kapslede radioaktive kilder, kreves det ikke godkjenning fra DSA for å bruke slike instrumenter. Anskaffelse og bruk av asfaltmålere er imidlertid underlagt meldeplikt etter strålevernforskriften § 13.

9 Kolli som er mottatt av norske virksomheter i 2023

Virksomhetene ble i spørreskjemaet bedt om å oppgi antall kolli de mottok i 2023. Formålet er blant annet å vurdere hvor fullstendige tallene fra norske avsendere i denne rapporten er. Først beregnes antall kolli sendt av norske avsendere til mottakere i Norge. Dette tallet kan deretter sammenlignes med antall kolli mottakerne har oppgitt å ha mottatt fra norske avsendere. Dersom tallene stemmer godt overens, indikerer det at studien har fanget opp de fleste kolli og forsendelser, og at den dermed gir et representativt bilde av dagens situasjon.

Antall kolli som ble sendt av norske avsendere til mottakere i Norge kan beregnes ved å trekke antall eksporterte kolli fra totalt antall kolli rapportert av norske avsendere (25 174 kolli). I spørreskjemaet ble det ikke spurt om hvor mange av de sendte kolliene som ble levert til utenlandske mottakere. Imidlertid vil eksport av kolli med radioaktivt materiale fra Norge domineres av eksport av Xofigo (13 694 kolli i 2023), som ble omtalt i kapittel 5.1. Fra DSAs meldesystem for strålekilder kan det estimeres at øvrig eksport, som blant annet omfatter eksport av industrielle kontrollkilder som flerfasemålere og retur av kapslede kilder som er tatt ut av bruk, kun vil utgjøre noen få hundre kolli per år. Dette er ikke undersøkt nærmere i denne studien.

Tilsvarende kan det antas at import av kolli med radioaktivt materiale til Norge domineres av radioaktive legemidler. Som diskutert i kapittel 5.2 ble det i 2023 importert 5504 kolli med radioaktive legemidler fra utlandet. På samme måte som for eksport kan det anslås at øvrig import kun vil utgjøre noen få hundre kolli per år, og at dette tallet omtrentlig er av samme størrelsesorden som antallet eksporterte kolli. Det antas derfor at import og eksport av kolli utenom radioaktive legemidler kan sees bort fra ved vurderingen av balansen mellom antall kolli som har blitt sendt og mottatt av norske avsendere og mottakere.

Siden antall kolli Xofigo (13 694 kolli) dominerer antall eksporterte kolli, kan det dermed anslås at det i 2023 ble sendt ca. 11 500 kolli av norske avsendere til mottakere i Norge, når det sees bort fra øvrig import av kolli.

Videre opplyste norske mottakere at de hadde mottatt 16 616 kolli i 2023. Av disse inneholdte 5504 kolli radioaktive legemidler som ble importert fra utlandet. Antallet importerte kolli som ikke er radioaktive legemidler antas som nevnt å være lite og sees bort fra. Det kan dermed anslås at ca. 11 100 kolli mottatt i Norge hadde en norsk avsender.

Det kan konkluderes at antall kolli som norske avsendere har sendt til norske mottakere (ca. 11 500 kolli) stemmer godt overens med antall kolli som norske mottakere har oppgitt å ha mottatt fra norske avsendere (ca. 11 100 kolli). Differansen på ca. 400 kolli kan tilskrives usikkerheten knyttet til at ikke alle mindre virksomheter har blitt fanget opp i kartleggingen, samt at import og eksport har blitt hensyntatt kun for radioaktive legemidler. Det relativt gode samsvaret mellom antall sendte og mottatte kolli indikerer at studien har fanget opp de fleste kolli og forsendelser som ble utført i 2023.

10 Inndelingen av yrkeseksponerte arbeidstakere i kategorier etter forventet årlig effektiv dose

Transport omfatter alle operasjoner og forhold som er knyttet til forflytning av radioaktivt materiale. Ifølge ADR paragraf 1.7.3 inkluderer disse operasjonene konstruksjon, produksjon, vedlikehold og reparasjon av emballasje, samt klargjøring, ekspedisjon, lasting, forsendelse inklusive mellomlagring underveis, lossing og mottak av last og kolli med radioaktivt materiale.

Transport av radioaktivt materiale skal skje under et systematisk strålevernprogram som sikrer at stråledoser til yrkeseksponerte og allmennheten er optimaliserte. Programmet skal sørge for at stråledoser holdes godt under fastsatte grenser og så lave som praktisk mulig. Tiltakene skal stå i forhold til risikoen. Dersom den årlige persondosen forventes å være under 1 mSv, kreves det ikke overvåking av stråledoser.

Krav om overvåking utløses når det er sannsynlig at den årlige persondosen kan overstige 1 mSv. Når persondosen er vurdert til å ligge mellom 1 og 6 mSv per år, holder det at individuell stråleeksponering estimeres basert på overvåking av arbeidsplassen. I de tilfellene der den årlige persondosen kan overstige 6 mSv per år, skal persondosen fastsettes ved individuell overvåking ved bruk av en persondosimetritjeneste. Den årlige persondosen skal ikke overskride grensen for effektiv dose, som er 20 mSv i året for de fleste arbeidstakergrupper, jf. strålevernforskriften § 32.

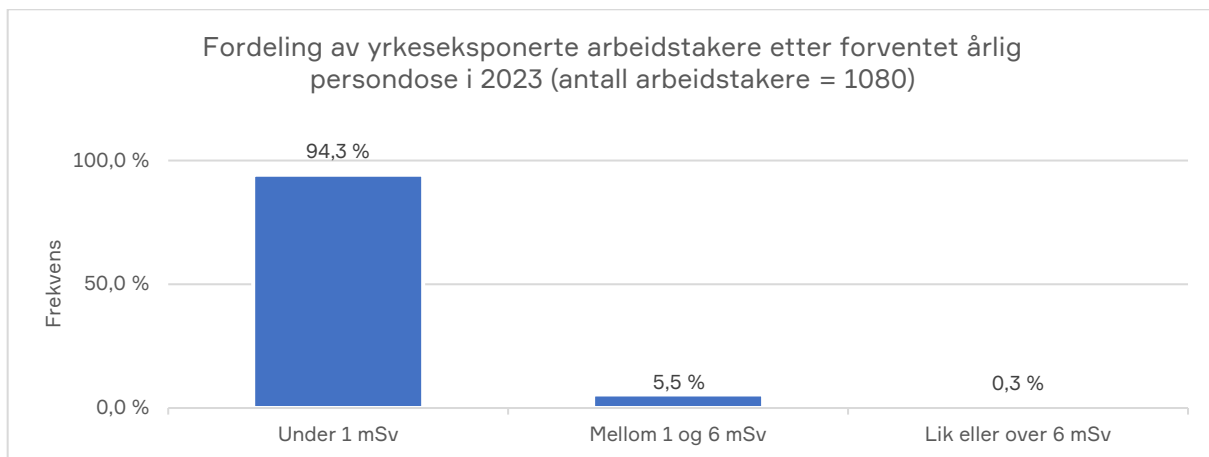
Som del av kartleggingen ble virksomheter spurt i spørreskjemaet om antall yrkeseksponerte ansatte som har arbeidsoppgaver knyttet til transport av radioaktivt materiale, inndelt i følgende tre kategorier:

- Forventet effektiv dose er under 1 mSv per år
- Forventet effektiv dose er mellom 1 mSv og 6 mSv per år
- Forventet effektiv dose er over 6 mSv per år

Virksomhetene opplyste at totalt 1 080 ansatte hadde oppgaver knyttet til transport av radioaktivt materiale i 2023. Figur 25 viser fordelingen av ansatte i de ovennevnte kategoriene. Det er verdt å merke seg at flere av arbeidstakerne også utførte andre arbeidsoppgaver som ikke var knyttet til transport av radioaktivt materiale. Derfor kan det ikke fastslås at rapporterte doser til ansatte skyldes utelukkende transport.

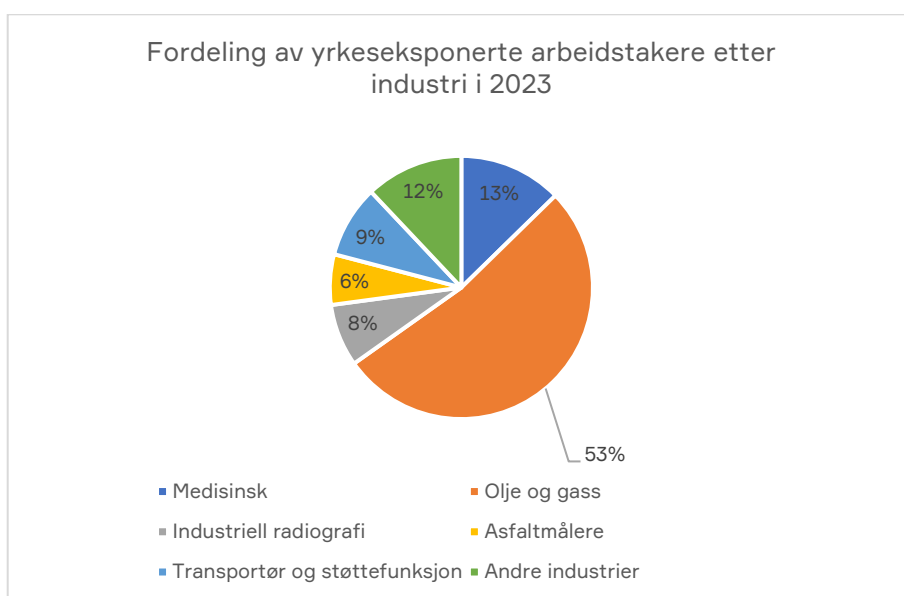
Figur 25 viser at de fleste yrkeseksponerte arbeidstakere med transportoppgaver ikke har behov for individuell doseovervåking. I 2023 rapporterte virksomhetene at om lag 94 % av disse arbeidstakerne forventes å motta en årlig effektiv dose under 1 mSv, noe som er under grensen for overvåkingskrav. Videre forventes 5,5 % av arbeidstakerne å kunne motta en effektiv dose mellom 1 og 6 mSv, noe som utløser krav om overvåking av arbeidsplassen. Kun 0,3 % av arbeidstakerne forventes å kunne motta en effektiv dose over 6 mSv, noe som faller innenfor kategorien som krever individuell doseovervåking.

Disse tallene indikerer at stråleeksponeringen blant transportarbeidere generelt er lav, men at det finnes enkelte grupper med høyere eksponering som må følges opp gjennom et doseovervåkingsprogram i henhold til gjeldende regelverk.



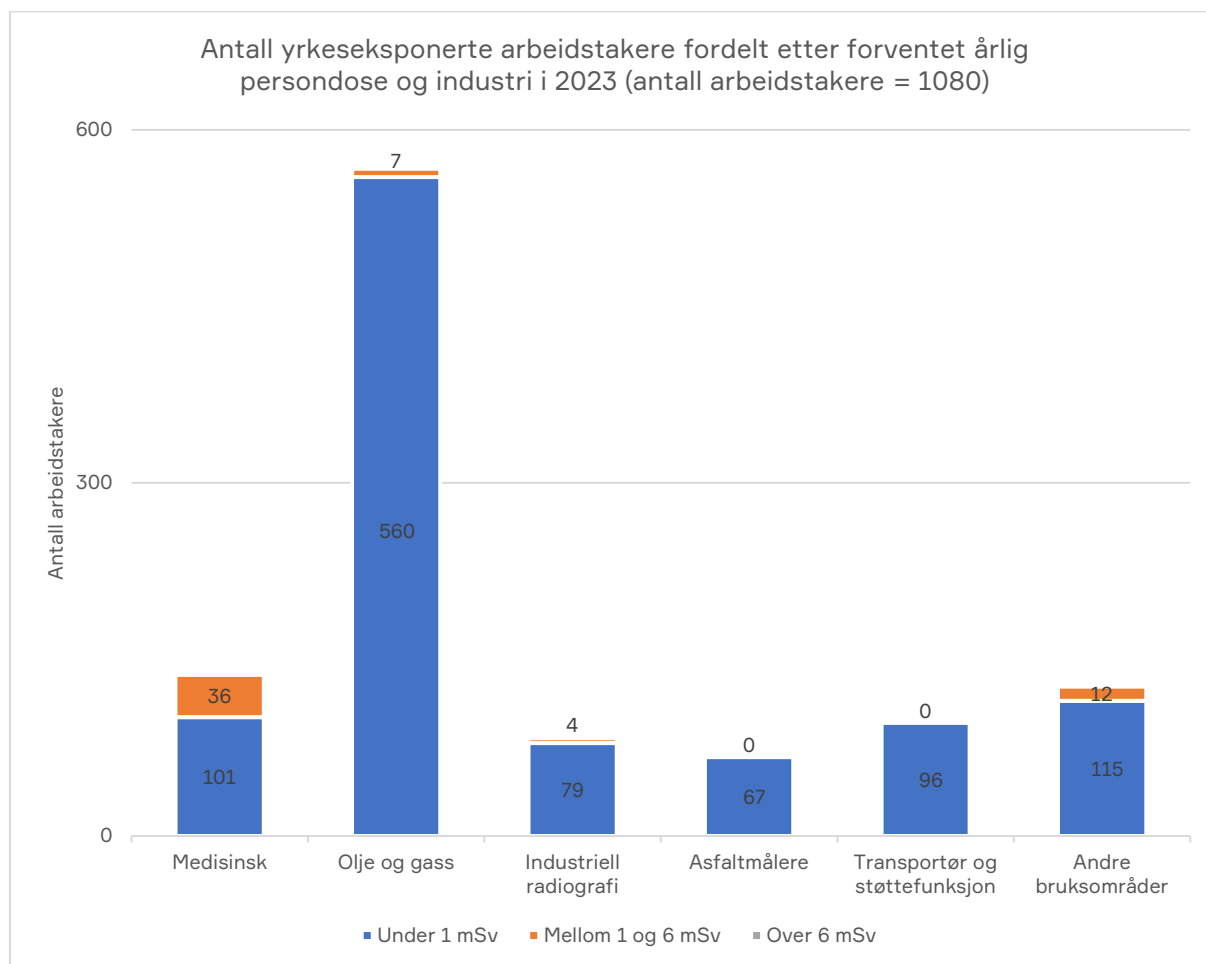
Figur 25 Fordeling av yrkeseksponerte arbeidstakere etter forventet årlig effektiv dose i 2023.

Figur 26 illustrerer fordelingen av yrkeseksponerte arbeidstakere etter industri i 2023. De fleste av arbeidstakerne jobbet i olje- og gassindustrien (ca. 53 %), mens rundt 9 % utførte oppgaver for transportfirmaer, håndteringsterminaler eller andre virksomheter med støttefunksjoner. Videre arbeidet ca. 13 % av arbeidstakerne i den medisinske sektoren, mens de øvrige hadde arbeidsoppgaver knyttet til transport av industriell radiografi (ca. 8 %), asfalmålere (ca. 6 %) eller jobbet innen andre typer industri (ca. 12 %). Andre typer industri omfatter blant annet forskning og undervisning, avfallsmottak og industrielle kontrollkilder.



Figur 26 Fordeling av yrkeseksponerte arbeidstakere etter industri i 2023.

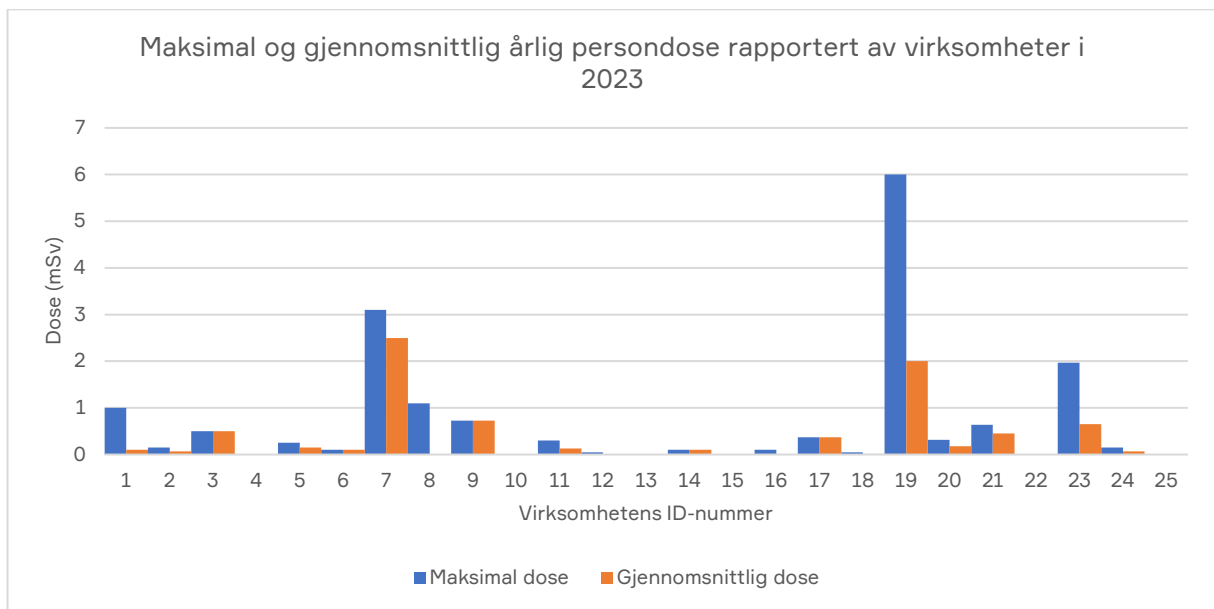
Figur 27 viser antall yrkeseksponerte arbeidstakere fordelt etter både forventet årlig effektiv dose (vist som ulike farger) og type industri i 2023. En viktig observasjon er at om lag 60 % av arbeidstakerne som var forventet å kunne motta en effektiv dose over 1 mSv (vist i oransje og grått) i 2023, arbeidet i den medisinske sektoren.



Figur 27 Antall yrkeseksponerte arbeidstakere fordelt etter forventet årlig effektiv dose og type industri i 2023.

Ut fra spørreskjemaet opplyste i overkant av 150 virksomheter at de hadde vært involvert i transport av radioaktivt materiale i 2023. Rundt 32 % av disse virksomhetene benyttet persondosimetritjeneste, mens om lag 18 % overvåket arbeidsplassene. I tillegg benyttet rundt 15 % beregninger eller en kombinasjon mellom beregninger og overvåking av arbeidsplassen, mens 18 % opplyste at de brukte andre metoder for å fastslå doser. Til sist opplyste 23 % av virksomhetene at de ikke gjennomførte noen form for overvåking. Det skal bemerkes at andelene overlapper, siden noen virksomheter benytter seg av flere metoder for å fastsette persondoser.

Virksomhetene ble også bedt om å oppgi både den maksimale og den gjennomsnittlige dosen til sine ansatte som følge av transport av radioaktivt materiale i 2023. Totalt 25 virksomheter besvarte dette spørsmålet, og stråledosene var enten målt eller estimert. Figur 28 viser den maksimale og den gjennomsnittlige årlige dosen rapportert av de 25 virksomhetene. De fleste rapporterte en maksimal dose under 1 mSv per år, mens kun fire hadde en maksimal dose over 1 mSv. Kun to virksomheter rapporterte en gjennomsnittlig dose over 1 mSv. Den høyeste innrapporterte maksimale dosen var 6 mSv per år.



Figur 28 Maksimal og gjennomsnittlig årlig effektiv dose rapportert av virksomheter i 2023. Hvert virksomhetsnummer er tildelt en maksimal og en gjennomsnittlig årlig effektiv dose med henholdsvis blå og oransje farge.

11 Gjennomføring av kartlegging av stråledoser for et utvalg transportoppdrag med radioaktive legemidler

11.1 Formål med kartlegging av stråledoser

Ifølge punkt 5.21 i det internasjonale atomenergibyrået (IAEA) sin publikasjon SSG-86 om strålevernprogram for transport av radioaktivt materiale (IAEA, 2023), kan summen av TI for kolli i en forsendelse benyttes som en generell indikator for å estimere persondosen fra ekstern eksponering. Dette kan for eksempel gjøres på følgende måter:

- Etablere en sammenheng mellom summen av TI for kolli og den eksterne dosen som arbeidstakerne mottar;
- Fastslå persondosen ved transport av radioaktivt materiale basert på kollienes TI. Dette kan være relevant for en konkret transportoperasjon gjennomført etter gjeldende god praksis.
- Definere en terskelverdi for summen av TI for kolli håndtert i løpet av ett år, der yrkeseksponeringen sannsynligvis vil være under 1 mSv per år.

I de tilfellene der det kan påvises en reproduserbar sammenheng mellom TI og yrkeseksponering for spesifikke transportoperasjoner, kan denne korrelasjonen benyttes som grunnlag for fastsettelse av en TI-terskelverdi som angir når overvåking av arbeidsplassen eller individuell overvåking vil være nødvendig. Når transportoperasjonene endres på en måte som kan medføre økt yrkeseksponering, bør terskelverdien vurderes på nytt.

Målet med kartleggingen er å verifisere at regelverket for transport av farlig gods gir tilfredsstillende strålevern, og at det fungerer som tiltenkt for å beskytte mennesker mot skadelige virkninger av ioniserende stråling ved transport. Senere i kapittel 12 vurderes det, ved hjelp av målinger, om regelverket gir et effektivt vern av arbeidstakerne, og om det kan påvises en sammenheng mellom TI, eksponeringstid og persondoser for ulike operasjoner. Dette er gjort med utgangspunkt i målinger under et utvalg transportoppdrag og anslag av årlige stråledoser. Først beskrives kriteriene for utvelgelse av oppdragene som inngikk i kartleggingen i kapittel 11.2. Videre beskrives transportoppdragene nærmere i kapittel 11.3. Metodene for gjennomføring av målinger presenteres i kapittel 11.4.

11.2 Utvelgelse av transportoppdrag

I 2025 ble det innledet arbeid med å kartlegge stråledoser for et utvalg transportoppdrag hos virksomheter som er involvert i transport av radioaktive legemidler. Som allerede omtalt, hadde forsendelser med radioaktive legemidler høyest gjennomsnittlig TI per forsendelse sammenliknet med andre typer transport. I tillegg utgjorde den samlede TI for radiofarmaka om lag 60 % av total TI for alle forsendelser i 2023 (jf. kapittel 4.5). På bakgrunn av dette har kartleggingen fokusert på doser fra transport av radioaktive legemidler.

Utvelgelsen av oppdragene tok utgangspunkt i svar fra virksomheter om forsendelsene deres for 2023. De virksomhetene som var mest involvert i transport av radioaktive legemidler, ble bedt om å oppgi sine transportruter. Informasjon som ble innhentet for hver rute omfattet omlastningssteder, forventet TI, kjøretid, hyppighet for transport og om det er installert skjerming i bilen. Informasjonen ble benyttet for å identifisere hvilke transportoppdrag som var mest relevante å studere nærmere.

Oppdragene som inngikk i kartleggingen, var forventet å gi et noe større bidrag til stråleeksponering av både ansatte og allmennheten sammenliknet med andre transporter. Dette kan for eksempel skyldes en relativt høy TI på enten kolli eller forsendelser, hyppigere forekomster av transportoppdrag, lange kjøreavstander eller manglende skjerming mellom førerhuset og lasterommet. Forsendelser med høy TI innebærer høyere strålenivåer i nærheten av kolliene der arbeidstakere eller publikum potensielt kan befinne seg. For oppdrag med lange kjøreavstander som gjennomføres jevnlig, vil eksponeringstiden øke, noe som fører til en tilsvarende økning av stråledosen. Til sist vil manglende skjerming mellom førerhuset og lasterommet øke strålenivåene i førerhuset, slik at dosen til mannskapet blir større.

Siden det finnes flere forhold som kan påvirke stråledoser under transport, ble det forsøkt i denne kartleggingen å fange opp representative transportoppdrag av radiofarmaka som gjennomføres i Norge, og som tilfredsstiller kriteriene for økt eksponeringsrisiko nevnt ovenfor. Som del av kartleggingen inngikk flere oppdrag gjennomført av en stor forhandler av radiofarmaka (referert til som virksomhet A i denne rapporten) sammen med et transportfirma som utfører oppdrag på forhandlerens vegne (omtalt som virksomhet B i denne rapporten). I tillegg ble tre virksomheter som håndterer radioaktivt materiale på en flyplass omfattet av studien. Oppdragene er beskrevet mer i detalj i det påfølgende avsnittet.

11.3 Beskrivelse av utvalgte transportoppdrag og operasjoner knyttet til transport av radioaktive legemidler

De fleste forsendelsene med radioaktive legemidler hadde en relativt lav TI i 2023. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 5. Kartleggingen av stråledoser fra transport av radioaktive legemidler ble gjennomført for transportoppdrag som utføres hyppigere enn andre (minst én gang per uke), og som kjennetegnes av relativt høy TI, lange kjøreavstander eller manglende skjerming mellom førerhuset og lasterommet. Slike transporter forventes å gi et konservativt estimat av stråledoser for transportoppdrag innen samme industri, siden de representerer ytterpunktene i transportforholdene med tanke på stråleeksponering.

Tabell 1 beskriver oppdragene som inngikk i kartleggingen av stråledoser fra transport av radiofarmaka, og som ble målt av DSA i 2025. Hvert oppdrag er tildelt et ID-nummer som brukes senere i rapporten for å henvise til det aktuelle oppdraget.

Tabell 1 Beskrivelse av transportoppdrag som inngikk i kartleggingen av stråledoser fra transport av radiofarmaka og som ble målt av DSA i 2025.

ID-nummer	Beskrivelse	Tid for hele oppdraget	TI på forsendelsen	Skjerming mellom førerhus og lasterom	Beskrivelse av målemetode
[1]	Henting av importerte kolli på flyplassen og levering på endelig destinasjon av virksomhet A	Ca. 1 time og 15 minutter	25,7	Ingen skjerming	Måling med både EPD-er og doseratemonitor
[2]	Transport av radioaktive legemidler til sykehus i Oslo av virksomhet A	Ca. 1 time og 50 minutter	7,6	Skjerming er installert	Måling med både EPD-er og doseratemonitor
[3]	Transport av radioaktive legemidler til sykehus på Innlandet og Trøndelag av virksomhet B	Ca. 10 timer og 30 minutter	4,7	Skjerming er installert	Måling med både EPD-er og doseratemonitor
[4]	Håndtering på flyplassen av radioaktive legemidler	Kun håndtering på flyplassen	26,7	N/A	Måling med EPD på bryst for flere ansatte

Forsendelse [1] omfattet henting av importerte kolli med radioaktive legemidler fra en flyplassterminal. En sjåfør hos virksomhet A hentet kolliene og leverte dem videre til mottakerstedet. Denne typen transport, som omhandler import av kolli med radioaktive legemidler, er beskrevet nærmere i kapittel 5.2 av denne rapporten.

Under forsendelse [1] var sjåføren delvis involvert i lasting av kolliene i varebilen. Kolliene var plassert på paller, som vist i figur 29. Pallene ble først håndtert med en gaffeltruck av en operatør på flyplassen, og plassert på lastelemmen til varebilen. Sjåføren var kun involvert i å flytte kolliene fra lastelemmen og inn i lasterommet, som vist i figur 30. Varebilen hadde ingen skjerming mellom lasterommet og førerhuset, og hele forsendelsen hadde en samlet TI på 25,7. Etter at kolliene ble lastet inn i varebilen, kjørte sjåføren i ca. 2 minutter for å levere to kolli som allerede var med i bilen. Disse to kolliene hadde en TI på null og var tilordnet transportkategori II-GUL. Deretter kjørte sjåføren videre til endelig destinasjon, hvor godset ble losset ut av varebilen, pakket ut av pallene og overført til et lager på mottakerstedet.



Figur 29 Plassering av kolli med radioaktive legemidler på lastelemmen til varebilen.



Figur 30 Sjøføren overfører kolli med radioaktive legemidler fra lastelemmen til varebilens lasterom.

Selv om det ikke ble rapportert noen forsendelser med en TI høyere enn 7 fra den medisinske industrien i kapittel 5.1, fremkom det gjennom intervjuer og innsamling av transportdokumenter at forsendelser til norske sykehus med TI opptil 10 forekommer jevnlig, og at enda høyere TI kan forekomme ved henting av importerte kolli. Transportoppdrag [2] omfattet levering av kolli med radiofarmaka til tre sykehus i Oslo-området av samme virksomhet A. Forsendelsen hadde en TI på 7,6 og kolliene ble fraktet med en varebil som hadde skjerming installert mellom førerhuset og lasterommet.

Transportoppdrag [3] omfattet transport av kolli med radioaktive legemidler fra grossisten på Østlandet til tre sykehus på Innlandet og i Trøndelag. Alle kolliene ble plassert i samme varebil og transportert i overkant av 10 timer, noe som innebar en lang eksponeringstid for mannskapet. Forsendelse [3] ble utført av et transportselskap B og hadde en TI på 4,7. Varebilen hadde skjerming installert mellom førerhuset og lasterommet.

Varebilene under oppdrag [1] til [3] hadde ulike utforminger og modeller. Under både oppdrag [2] og [3] ble kolliene lastet inn manuelt i varebilene av sjåførene. På hvert leveringssted benyttet sjåførene en tralle for å levere kolliene, som illustrert i figur 31. Kolliene ble først losset av bilen for hånd og plassert på en tralle, før sjåføren leverte dem videre til et egnet lager inne på hvert sykehus.



Figur 31 Levering av radioaktive legemidler til sykehus i Oslo-området.

Siden de fleste av kolliene med radioaktive legemidler importeres til Norge med lufttransport, og siden forsendelsene kan ha en TI som overstiger 20 ved ankomst (jf. kapittel 5.2), gjennomførte DSA målinger av stråledoser til flere ansatte på en flyplassterminal mens de håndterte en forsendelse med radioaktive legemidler. Forsendelsen [4] hadde en TI på 26,7. Under håndteringen ble tre ansatte utstyrt med EPD-er. EPD-ene ble plassert på brystet under oppdraget. Figur 32 viser i blått posisjonen til to av de tre ansatte som bar EPD-ene under lossing fra flyet av en «Unit Load Device» (ULD), som inneholdt kolli med radioaktive legemidler.



Figur 32 Måling av doser til personell som håndterer radioaktive legemidler ved import av radioaktive legemidler.

For å kunne etablere en sammenheng mellom avleste stråledoser som følge av håndtering eller frakt av radioaktive legemidler og TI for kolli, var det nødvendig å samle inn ytterligere data. Derfor ble to sjåførere hos virksomhet A utstyrt med en bryst-EPD hver, over en periode på 2 uker. Sjåførene ble bedt om å registrere avlesningene fra måleutstyret for hvert oppdrag de utførte, herunder håndtering og frakt av kolli, samt opplyse om tidsbruken ved å fylle ut skjemaet som er gjengitt i vedlegg III til denne rapporten. I tillegg ble transportdokumentene innhentet, siden disse inneholder informasjon om TI til kolli som ble håndtert og fraktet av sjåførene.

Det var ønskelig å begrense studiens omfang til forsendelser som hadde en noenlunde høy TI. Forklaringen på dette er at forsendelser med lav TI ville gi måleresultater preget av stor usikkerhet. Dette skyldes både lave doserater ved lave TI, samt begrensninger i oppløsningen på målingene til EPD-ene som sjåførene hadde på seg. EPD-ene var av typen THERMO ELECTRON EPD Mk2.3, med oppløsning på 1 μSv . Derfor ble ikke forsendelser med TI under 1 medregnet i studien. For så lave TI ble dosene for lave til at det var mulig å påvise en sammenheng mellom TI og dose, ettersom EPD-ene ikke måler doser i dette området presist. I noen tilfeller manglet det rapportering av avlesninger fra sjåførene. Disse transportene ble derfor utelatt fra studien. På samme måte ble oppdragene ikke inkludert dersom det ikke ble registrert noen målbar dose ved endelig destinasjon. Tabell 2 beskriver oppdragene som ble rapportert av sjåførene, og som inngikk i studien.

Nesten alle utvalgte transportoppdrag beskrevet ovenfor besto av to transportoperasjoner: håndtering og frakt av kolli med radioaktive legemidler. I kapittel 12 vurderes sammenhengen mellom stråledoser, TI og tid for begge disse transportoperasjonene.

Tabell 2 Beskrivelse av transportoppdrag for virksomhet A, hvor doser ble avlest av sjåførene.

ID-nr.	Beskrivelse	Tid for hele oppdraget	Ti til forsendelsen	Skjerming mellom førerhuset og lasterommet	Beskrivelse av målemetode
[a]	Henting av kolli på flyplassen og levering ved endelig destinasjon	Ca. 1 time	17,8	Ingen skjerming	EPD plassert på brystet
[b]	Levering av radioaktive legemidler til sykehus	Ca. 1 time	6,6	Med skjerming	EPD plassert på brystet
[c]	Henting av kolli på flyplassen og levering ved endelig destinasjon	Ca. 1 time og 20 minutter	27,8	Ingen skjerming	EPD plassert på brystet
[d]	Henting av kolli på flyplassen og levering ved endelig destinasjon	Ca. 1 time	10,6	Ingen skjerming	EPD plassert på brystet
[e]	Henting av kolli på flyplassen og levering ved endelig destinasjon	Ca. 1 time og 10 minutter	25,3	Ingen skjerming	EPD plassert på brystet
[f]	Transport av radioaktive legemidler til sykehus	Ca. 2 timer og 30 minutter	7,7	Med skjerming	EPD plassert på brystet
[g]	Levering av radioaktive legemidler til en flyplass	Ca. 45 minutter	7,3	Med skjerming	EPD plassert på brystet
[h]	Transport av radioaktive legemidler til sykehus	Ca. 1 time og 45 minutter	1,7	Med skjerming	EPD plassert på brystet

11.4 Gjennomføring av målinger

Målingene av persondoser for mannskapet ble utført med elektroniske persondosimetre (EPD). Disse måleinstrumentene registrerer stråledosen i sanntid, noe som gjør det mulig å bestemme mottatte doser under hvert enkelt ledd av transporten.

For å gjennomføre målinger under oppdrag [1] til [4] ble virksomhetene bedt om å samtykke til at en ansatt i DSA kunne observere én eller flere transporter som virksomhetene utførte. Den DSA-ansatte ble definert som mannskap av operasjonelle hensyn, herunder for å måle doser under transport. Den ansatte fra DSA benyttet seg av skjemaet i vedlegg II til denne rapporten for å notere målinger under oppdragene [1] til [3].

Under oppdrag [a] til [h] var det derimot sjåførene hos virksomhet A som utførte målingene. To sjåfører ble utstyrt med EPD-er plassert på brystet i en periode på 2 uker. Sjåførene registrerte avleste doser på hvert omlastningssted sammen med tiden det tok for å gjennomføre hver operasjon (omlastning, levering og kjøring). Til sammen rapporterte sjåførene om åtte transporter som tilfredsstilte kriteriene i denne studien. Det vil si at TI for forsendelsen var minst 1, at fullstendig informasjon forelå, og at dosen på endelig destinasjon ikke var null (jf. kapittel 11.3). Sjåførene benyttet seg av skjemaet i vedlegg III for å rapportere målingene. Disse transportene er beskrevet nærmere i tabell 2.

EPD-er av typen Thermo Scientific EPD TruDose Electronic Dosimeter (figur 33) ble benyttet til å måle doser under oppdrag [1] til [4]. Disse oppdragene er beskrevet i tabell 1 i kapittel 11.3. I tillegg ble doserater målt med Colibri TTC survey meter (figur 34) under oppdrag [1] til [4]. Til sist, for oppdrag [a] til [h] hadde sjåførene på seg EPD-er av typen THERMO ELECTRON EPD Mk2.3 (figur 35). Det kan også nevnes at Thermo Scientific EPD TruDose Electronic Dosimeter har en oppløsning på 0,1 μSv og tilbyr høyere presisjon enn THERMO ELECTRON EPD Mk2.3 med en oppløsning på 1 μSv . Usikkerheten på målingene er derfor større for oppdrag [a] til [h].

Dessuten ble både helkroppsdose $H_p[10]$ og huddose $H_p[0,07]$ til hendene målt for ni ansatte som håndterer forsendelser med radioaktive legemidler på en flyplass. Hver ansatt ble utstyrt med en IPLUS 2 MONTHS helkroppsdosimeter samt en RING 2 MONTHS fingerdosimeter fra Landauer. Alle ansatte måtte loggføre hvilke datoer dosimetrene ble brukt og oppgi en begrunnelse dersom de ikke benyttet seg av dosimetrene på en gitt dag, for å verifisere at dosimetrene faktisk ble brukt.



Figur 33 Thermo Scientific EPD TruDose Electronic Dosimeter.



Figur 34 Colibri TTC survey meter.



Figur 35 THERMO ELECTRON EPD Mk2.3.

I henhold til punkt 7.121 i IAEA Safety Guide GSG-7 om yrkesmessig strålevern gir et persondosimeter plassert på brystet normalt en god tilnærming til effektiv dose under de fleste eksponeringsforhold. Ved eksponering bakfra, slik som under transport av radioaktivt materiale, anbefales det imidlertid at sjåføren bærer dosimeteret på ryggen (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2018). Under håndteringen av kolli er strålefeltet rettet mot brystet til den som håndterer kolliene, og strålefeltet vil derfor ikke gjennomgå vesentlig attenuering før det treffer persondosimetret når dette er plassert foran på kroppen. Et elektronisk persondosimeter (EPD) plassert på brystet vil derfor være i stand til å gi et konservativt anslag for effektiv dose ved håndtering av kolli. Da sier vi at dosimetret er plassert på en posisjon som er representativ for eksponeringssituasjonen.

På den andre siden er strålefeltet under kjøring rettet mot ryggen til den som kjører. Strålingen må gjennom kroppen før det treffer persondosimetret hvis dette er plassert på brystet. Kroppen vil derfor svekke strålingen og skjerme persondosimeteret. Derfor vil et persondosimeter plassert på brystet gi et utslag som underestimerer dosen som faktisk er mottatt under kjøring. Under disse omstendighetene er brystet ikke en representativ posisjon for eksponeringssituasjonen, og dosimetret skal helst være plassert på ryggen under kjøringen.

Av praktiske grunner plasserer de fleste sjåførene sine persondosimetre på brystet gjennom hele transporten. Dette gjøres fordi det ikke er praktisk å endre posisjonen til et persondosimeter under utførelsen av transportoppdraget. Siden ansatte som deltok i kartleggingen i stor grad er involvert i både håndtering og kjøring av kolli, ble det ansett som hensiktsmessig å skille mellom doser som følge av disse to aktivitetene. Det var ikke mulig å gjøre dette skillet for oppdrag [a] til [h] fordi sjåførene kun hadde brystmonterte EPD-er på seg. Derfor har kun målinger tatt under oppdrag [1] til [3] blitt benyttet for å studere hvordan posisjonen til et persondosimeter påvirker doseavlesningene.

Ansatte ble utstyrt med to EPD-er under oppdrag [1] til [3]. Det ene EPD-et ble plassert på brystet til sjåføren og ga en representativ avlesning av dosen under håndtering av kolli, mens det andre ble plassert på ryggen for å måle dosen under kjøring. Avlesninger av begge dosimetrene ble gjennomført før og etter hver operasjon i transportoppdragene. For eksempel ble avlesninger gjort både ved ankomst og avgang på et omlastningssted. Differansen mellom avlesningene ved de to tidspunktene gir informasjon om håndteringsdosen. På samme måte tilsvarer differansen mellom avlesningene ved start og slutt av en

kjørestrekning dosen mottatt under kjøring. Ut fra målingene kan det også trekkes konklusjon om hvorvidt et persondosimeter plassert på brystet under både kjøring og håndtering av kolli gir riktig avlesning av persondosen. Dette vil bli diskutert nærmere i kapittel 12.4.

En annen parameter som ble målt under oppdrag [1] til [3] var doseraten i førerhuset rettet mot sjåførens sete. Denne målingen ble benyttet for å vurdere om beregning av dose basert på doserate og kjøretid kan gi et konservativt estimat på dosen, noe som drøftes nærmere i kapittel 12.3. Doseraten ble også målt på utsiden av bilen i ulike avstander. Målingene vil bli brukt til å estimere dosen til publikum for ulike eksponeringsscenarier i kapittel 12.6.

Både virksomhet A og B benyttet seg av persondosimetritjenester for å fastslå doser til sine ansatte. Virksomhetene ble derfor bedt om å legge frem opplysninger om doser som ble målt i 2024. Tallene ble brukt for å bekrefte at stråledosene som ble målt i denne kartleggingen, er i samsvar med de årlige dosene som ble målt for sjåførene. Denne sammenlikningen drøftes i kapittel 12.5.

12 Resultater fra kartlegging av stråledoser under et utvalg transportoppdrag med radioaktive legemidler

12.1 Håndteringsdoser fra kolli med radioaktive legemidler

I dette avsnittet skal vi presentere målinger av stråledoser som skyldes håndtering av kolli med radioaktive legemidler. I tillegg vil vi presentere to empiriske modeller basert på TI til håndterte kolli og målinger utført under oppdragene [1] til [3] og [a] til [h]. Modellene viser en tydelig sammenheng mellom håndteringsdose, TI til kolli, samt håndteringstid.

For å kunne vurdere håndteringsdosen ble det foretatt avlesninger av EPD-ene plassert på bryst og rygg, både ved ankomst og avgang på hvert omlastningssted under oppdrag [1] til [3]. Hensikten med å avlese doser fra rygg er å bekrefte at brystposisjonen gir en mer representativ måling av eksponeringssituasjonen under håndtering, samt å kartlegge hvilken betydning plasseringen av persondosimeteret har. Som omtalt i kapittel 11.4 hadde sjåførene kun brystmonterte EPD-er på seg under oppdrag [a] til [h], og derfor ble det kun avlest doser fra bryst-EPD-er. Håndteringsdosen ble beregnet som differansen mellom avlesningene ved avgang og ankomst. I tillegg ble håndteringstiden og TI for de håndterte kolliene notert. Tabell 3 oppsummerer målinger og annen relevant informasjon som ble innsamlet ved håndtering av kolli.

Ved omlastning er det forventet at EPD-en plassert på brystet vil registrere en høyere dose enn EPD-en som er plassert på ryggen. Dette skyldes at strålefeltet under håndtering av kolli i hovedsak er rettet mot personens forside, og kroppen vil dermed skjerme for deler av strålingen før den når EPD-en på ryggen. Denne antakelsen bekreftes ved at høyere doseverdier ble avlest fra de brystmonterte EPD-ene enn de ryggmonterte under samtlige håndteringsoperasjoner. I den syvende kolonnen i tabell 3 er forholds faktoren mellom bryst- og ryggdosen oppgitt for håndteringsoperasjoner, og den varierer mellom 1,3 og 3,7.

Det kan konkluderes på grunnlag av målingene at persondosimetre bør plasseres på brystet under håndteringsoperasjoner, da denne posisjonen gir høyest avlesning og kan anses som den mest representative for eksponeringssituasjonen. I resten av dette kapitlet er kun målinger fra brystmonterte EPD-er under håndtering lagt til grunn.

Basert på de innsamlede dataene i tabell 3 kan det beregnes en teoretisk doseverdi for ekstern eksponering under antakelse av at den yrkeseksponerte arbeidstakeren befinner seg én meter fra kolliene gjennom hele håndteringstiden. Denne teoretiske stråledosen, angitt i μSv , kan beregnes som produktet av TI for håndterte kolli og håndteringstid i timer, ganget med en faktor på ti. Den beregnede stråledosen er oppgitt i den åttende kolonnen i tabell 3.

Tabell 3 Håndteringsdose målt under oppdrag [1] til [3] og [a] til [h]

	Foretatt aktivitet	Estimert håndteringstid i minutter	TI håndtert	Dose målt på bryst i μSv	Dose målt på rygg i μSv	Forholdsfaktor mellom bryst- og ryggdose	Dose beregnet 1 meter fra kolliene i μSv
[1]	Lasting*	21	25,7	4,2	2,8	1,5	90
	Lossing***	6	0	0,6	0,4	1,5	-
	Lossing	17	25,7	10,4	7,9	1,3	72,3
[2]	Lasting	17	7,6	3,4	1,5	2,3	21,5
	Lossing	5	3,9	1,4	0,6	2,4	3,3
	Lossing	12	1,3	1,2	0,5	2,5	2,6
	Lossing	5	2,4	0,7	0,4	1,8	2,0
[3]	Lasting**	15	4,7	7,4	3,2	2,3	11,8
	Lossing	19	2,4	2,5	0,7	3,7	7,6
	Lossing	17	0,7	2,5	0,7	3,7	2
	Lossing	16	1,6	1,7	0,6	2,9	4,3
[a]	Lasting*	10	17,8	1			29,7
	Lossing	13	17,8	8			38,6
[b]	Lasting	15	6,6	4			16,5
	Lossing	7	4,1	2			4,8
[c]	Lasting*	15	27,8	6			69,5
	Lossing	21	27,8	18			97,3
[d]	Lossing	15	10,6	7			26,5
[e]	Lasting*	13	25,3	3			54,8
	Lossing	18	25,3	12			75,9
[f]	Lossing	6	2,9	1			2,9
	Lossing	19	1,9	1			6,0
	Lossing	7	2,9	1			3,4
[g]	Lasting	10	7,3	4			12,2
	Lossing	4	7,3	2			4,9
[h]	Lossing	5	0,2	1			0,2
	Lossing	12	1,5	4			3,0

*Sjåføren var kun delvis involvert i lasting av kolli inn i bilen på flyplassen

** Sjåføren håndterte kolli i et område hvor det befant seg andre kolli som ikke var del av forsendelsen.

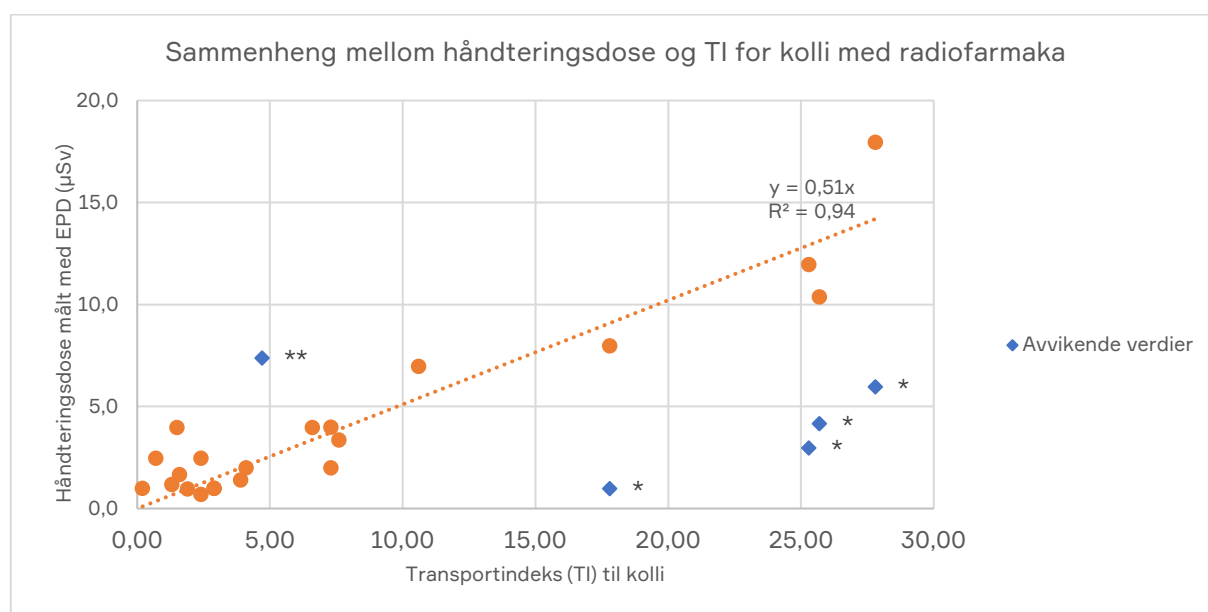
*** TI til kolli er null, og er utelatt fra regresjonen

Basert på dataene i tabell 3 kan det undersøkes om det foreligger en sammenheng mellom de målte håndteringsdosene og TI for kolliene som ble håndtert under de ulike håndteringsoppdragene. Dersom en slik sammenheng kan påvises, kan den brukes til å vurdere doseverdier mottatt ved sammenliknbare håndteringsoperasjoner, forutsatt at informasjon om TI for kolli foreligger.

En forutsetning for å kunne korrelere håndteringsdose og TI er at håndteringsaktivitetene gjennomføres på tilnærmet samme måte. Ettersom de fleste håndteringsoperasjonene ble gjennomført manuelt, enten ved håndbæring eller ved bruk av traller, er analysen begrenset til disse aktivitetene. Målinger utført under lasting av kolli på flyplassen i oppdrag [1], [a], [c] og [e] er utelatt, ettersom kolliene ble overført til bilens lastelem ved hjelp av gaffeltruck operert av en tredjepart. Denne håndteringsmetoden avviker vesentlig fra de øvrige operasjonene og anses derfor ikke som direkte sammenlignbar med resten av datagrunnlaget.

Videre ble kolliene under oppdrag [3] lastet i et område hvor det også befant seg andre kolli som ikke var en del av forsendelsen. Siden deler av den registrerte dosen kan ha stammet fra disse eksterne kolliene, er denne målingen utelatt fra analysen.

Figur 36 viser sammenhengen mellom den målte håndteringsdosen og TI for de håndterte kolliene. Det er påvist en positiv korrelasjon, med en tilnærmet lineær økning i håndteringsdosen som funksjon av TI. Trenden gjelder kun de oransje punktene (målinger fra sammenlignbare håndteringsoperasjoner), mens de blå punktene er utelatt fra regresjonen, da de representerer datapunkter som er ekskludert fra analysen, som beskrevet ovenfor.



* Sjøføren ble kun delvis involvert i lossing av kolli inn på varebilen på flyplassen

** Sjøføren håndterte kolli i ett område hvor det befant seg andre kolli som ikke var del av forsendelsen.

Figur 36 Sammenheng mellom håndteringsdose og TI.

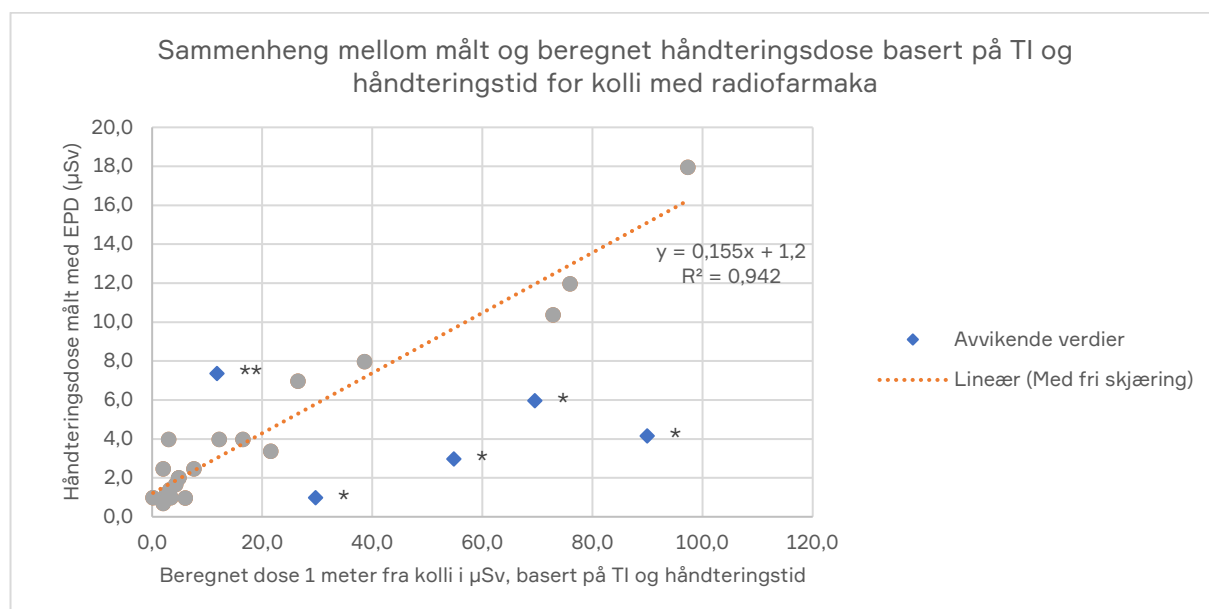
Resultatene indikerer at for sammenliknbare håndteringsforhold, foreligger det en tilnærmet lineær sammenheng mellom håndteringsdosen og TI til kolli med radioaktive legemidler som håndteres. Ifølge IAEA sin publikasjon SSG-68 kan denne korrelasjonen benyttes som grunnlag for vurdering av eksponeringsnivåer ved håndtering av kolli, for eksempel når individuell doseovervåking ikke er nødvendig.

Det er imidlertid viktig å understreke at denne lineære trenden kun gjelder for manuell håndtering (for hånd og ved bruk av traller) av kolli med radioaktive legemidler, og i situasjoner der stråleeksponeringen hovedsakelig stammer fra kolliene som håndteres. Håndteringstiden er ikke inkludert som en variabel i denne modellen, og modellen er derfor ikke egnet for å estimere håndteringsdoser ved operasjoner med lengre varighet enn om lag 20 minutter.

Det kan også etableres en sammenheng mellom den målte håndteringsdosen og den beregnede doseverdien som er oppgitt i den åttende kolonnen i tabell 3. Denne verdien representerer den stråledosen en yrkeseksponert arbeidstaker kan forventes å motta dersom vedkommende oppholder seg én meter fra kolliene under hele håndteringstiden. Den beregnede teoretiske doseverdien i μSv beregnes som produktet av kollienes TI og håndteringstiden multiplisert med 10.

Figur 37 viser håndteringsdosen som funksjon av den beregnede teoretiske doseverdien. Avvikende verdier er markert i blått og representerer de håndteringsoperasjonene som er utelatt fra analysen, som beskrevet tidligere. Figuren viser en sterk korrelasjon mellom målt håndteringsdose og beregnet teoretisk doseverdi for sammenliknbare håndteringsoperasjoner. Denne modellen er mindre sensitiv for variasjoner i håndteringstiden enn modellen basert utelukkende på TI, men de samme forutsetningene og begrensningene for bruk gjelder.

Det fremgår av figur 37 at den beregnede håndteringsdosen, basert på antakelsen om at arbeidstakeren befinner seg én meter fra kolliene under hele håndteringstiden, gir et konservativt estimat av den faktiske målte dosen. Dette kan forklares med at kolliene håndteres enkeltvis eller gruppevis, slik at sjåføren ikke eksponeres for stråling fra samtlige kolli samtidig over hele håndteringstiden. I tabell 3 er det imidlertid rapportert ett unntak fra denne trenden under oppdrag [3], der den målte dosen var $2,5 \mu\text{Sv}$, mens den beregnede dosen var $2 \mu\text{Sv}$. Likevel anses modellen som konservativ, og virksomheter kan bruke en slik tilnærming for å vurdere håndteringsdoser når håndteringsforholdene er sammenliknbare.



* Håndteringen av kolli ble gjort delvis manuelt, og sjåføren var kun delvis involvert i lossing av kolli inn på bilen.

** Sjåføren håndterte kolli i ett område hvor det befant seg andre kolli som ikke var del av forsendelsen.

Figur 37 Sammenheng mellom målt og beregnet håndteringsdose basert på TI og håndteringstid.

En annen observasjon er at enkelte verdier ligger over regresjonslinjene i både figur 36 og 37. Dette tyder på at bruk av slike regresjonsmodeller kan føre til underestimering av håndteringsdosen, med mindre det benyttes en egnet korreksjonsfaktor. Virksomheter bør derfor være varsomme ved bruk av modeller for å fastsette doser til egne ansatte. Dersom slike modeller ønskes tatt i bruk, anbefales det at virksomheter vurderer hvorvidt modellene er tilpasset deres egne håndteringsaktiviteter, og at de benytter en hensiktsmessig sikkerhetsfaktor for å unngå underestimering av dosen. Uansett bør modellene som er presentert her ikke brukes direkte uten at den enkelte virksomhet har bekreftet gjennom målinger at modellene er representative for egne operasjoner. Modellene kan anses som et eksempel på hvordan virksomheter kan utvikle modeller for å anslå håndteringsdoser til sine ansatte når individuell overvåking ikke er påkrevd.

12.2 Stråledoser til sjåfører under kjøring ved transport av kolli med radioaktive legemidler

En annen sentral operasjon ved transport av kolli med radioaktivt materiale som bidrar til at yrkeseksponerte utsettes for stråling, er selve frakten av kolliene under kjøring. I dette avsnittet presenteres stråleverdier som ble målt under kjøring ved transport av kolli med radioaktive legemidler for de utvalgte transportoppdragene beskrevet i kapittel 11.3. I tillegg vurderes hvilke faktorer som bidrar mest til eksponeringen av ansatte under denne typen operasjoner, samt anbefalt plassering av dosimetrene under kjøring.

Til forskjell fra under håndtering er strålefeltet under kjøring hovedsakelig rettet mot ryggen til mannskapet i bilen. I kapittel 11.4 ble det diskutert hvordan retningen på strålefeltet er forventet å påvirke den avleste dosen til mannskapet under ulike transportoppdrag. På bakgrunn av dette ble sjåførene utstyrt med rygg-EPD-er under oppdrag [1] til [3], ettersom denne posisjonen er forventet å være mest representativ for eksponeringssituasjonen under kjøring. Dette kan forklares med at strålefeltet ikke svekkes av kroppen når dosimeteret er plassert på ryggen. Ryggmonterte EPD-er vil derfor registrere høyere doser enn brystmonterte EPD-er.

Varebilene som ble benyttet under oppdrag [1] til [3] var av ulike modeller og utformet på ulike måter. Varebilen som ble benyttet under oppdrag [1], manglet skjerming mellom førerhuset og lasterommet. Dette var i motsetning til varebilene som ble benyttet under oppdrag [2] og [3], hvor skjerming var installert. Under oppdragene ble kolliene med høyest TI plassert bakerst i lasterommet, lengst mulig unna førerhuset der mannskapet befant seg. Dette anses som god praksis, da strålefeltet i førerhuset reduseres som følge av økt avstand til kolliene som avgir mest stråling. Sjåførene bar i tillegg brystmonterte EPD-er for å studere kroppens skjermingseffekt, og for å vurdere hvor representative doseavlesningene blir når dosimetrene bæres på brystet under kjøring.

Målingene som ble tatt av sjåførene hos virksomhet A under oppdragene [a] til [h], ble gjennomført med kun brystmonterte EPD-er. Derfor er det sannsynlig at disse målingene vil underestimere dosen som faktisk ble mottatt av mannskapet ved kjøring. Til tross for at disse målingene ikke så godt representerer eksponeringssituasjonen, er disse brukt i modellen for å vise sammenheng mellom målinger på brystet og den beregnede doseverdien basert på TI og kjøretid i figur 38.

Det er viktig å poengtere at dosen under kjøring ble beregnet ved å avlese dosimetrene først ved avgang og så ved ankomst på neste omlastningssted, tatt i betraktning bakgrunnsnivå. Kjøretiden for hver kjørestrekning ble også notert sammen med TI for kolli i varebilen. Tabell 4 angir datapunkter og målinger under hver kjørestrekning for oppdragene [1] til [3] og [a] til [h]. Under oppdragene [a], [f], [g] og [h] ble det ikke avlest noen målbar dose ved kjøring, og disse oppdragene er derfor ikke tatt med i analysen.

En teoretisk doseverdi ble også beregnet under forutsetning av at mannskapet oppholder seg én meter fra kolliene gjennom hele kjøreperioden uten noen form for skjerming. Den beregnede dosen i μSv er lik produktet av TI og kjøretid multiplisert med 10, og er oppgitt i den niende kolonnen i tabell 4.

Basert på dataene i tabell 4 fremgår det at de målte dosene med ryggmonterte EPD-er ligger betydelig over målingene fra de brystmonterte EPD-ene under kjøring, med en forholdsfaktor som varierer fra 1,9 til 7,2. Resultatene indikerer at et persondosimeter plassert på brystet vil underestimere dosen under kjøring. I dette tilfellet bør dosimeteret derfor helst plasseres på ryggen. Denne anbefalingen står i kontrast til anbefalingen om å plassere persondosimeteret på brystet under håndtering av kolli. Vi kommer tilbake til disse anbefalingene i kapittel 12.4.

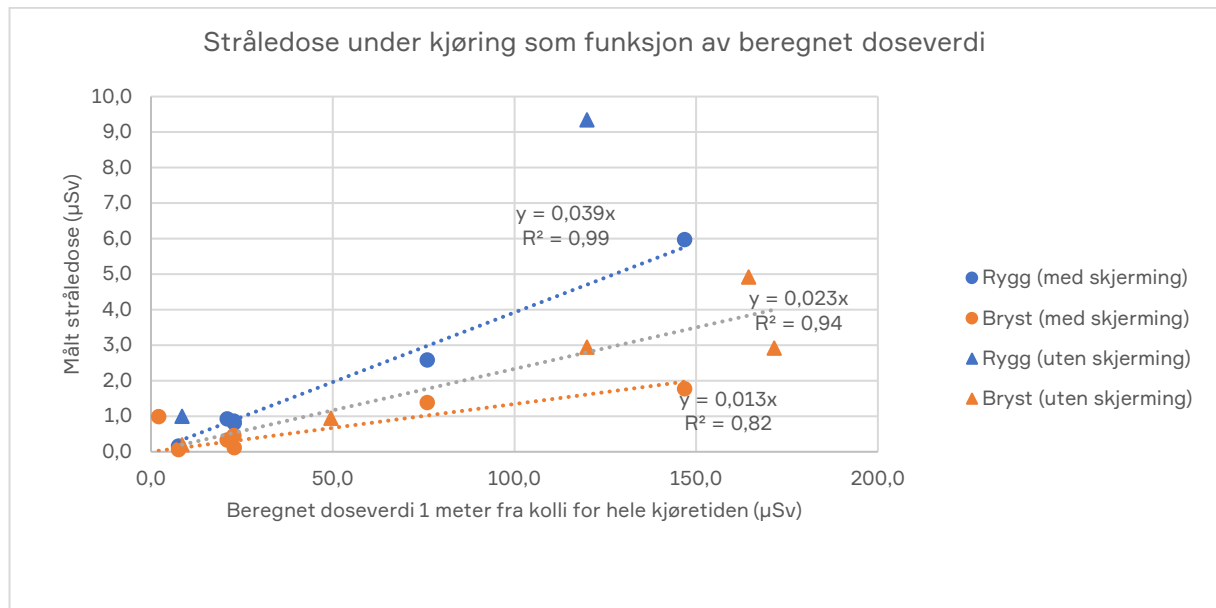
Det ble undersøkt om det forelå en korrelasjon mellom målte doser og TI for kolliene som ble fraktet, tilsvarende figur 36 for håndteringsdoser, men denne gangen uten å finne noen tydelig sammenheng. Dette kan forklares med at kjøretiden varierer vesentlig mellom de ulike kjørestrekningene, noe som gjør det lite hensiktsmessig å etablere en direkte sammenheng mellom målte doser og TI. I stedet ble det etablert en korrelasjon mellom målte doser og teoretiske doser beregnet ut fra produktet av TI og kjøretid.

Som det fremgår av figur 38, foreligger det ikke tilstrekkelig med datapunkter til å vurdere sammenhengen mellom målte doser fra ryggmonterte EPD-er og TI for oppdrag gjennomført med varebiler uten skjerming, ettersom kun to datapunkter fra oppdrag [1] er tilgjengelige. Derimot er det tilstrekkelig med datapunkter for oppdrag gjennomført med skjermede biler, slik at det er mulig å undersøke om det kan etableres en sammenheng mellom målte og beregnede stråleverdier. I figur 38 er datapunkter målt med ryggmonterte EPD-er ved bruk av skjermede biler markert i blått. Det er påvist en lineær korrelasjon mellom målte doser fra ryggmonterte EPD-er under kjøring og den beregnede doseverdien basert på TI og kjøretid.

Som forklart tidligere er brystmålinger ikke representativt for eksponeringssituasjonen ved kjøring. Til tross for dette bærer mange sjåfører av praktiske hensyn persondosimetrene på brystet under både håndtering og kjøring. I figur 38 presenteres også datapunkter for brystmålinger under kjøringen. Figuren viser at det er en sterk lineær korrelasjon mellom målte doser og den beregnede doseverdien. Resultatene viser samtidig at et persondosimeter plassert på brystet under kjøring gir en betydelig underestimering av dosen. Dette fremgår tydelig ved sammenligning av målingene fra bryst- og ryggmonterte EPD-er. Dessuten fremkommer det av figur 38 at målinger tatt uten skjerming i bilen generelt viser høyere doseverdier, spesielt for ryggmonterte EPD-er, noe som illustrerer skjermingens betydning for å redusere eksponeringen.

Som nevnt vil ikke modellene som er oppgitt i figur 38 nedenfor kunne overføres direkte til andre transporter av radioaktivt materiale. Dette skyldes at flere faktorer kan påvirke regresjonslinjene, slik som utforming av varebilen, type skjerming som benyttes, hvilke radionuklider som transporteres, samt andre

praktiske forhold. Likevel kan modellene fungere som et eksempel på hvordan virksomheter kan estimere stråledoser for sine egne spesifikke transportoperasjoner, gitt at transportforholdene er sammenliknbare fra gang til gang, basert på en teoretisk beregnet dose. Ved bruk av slike modeller bør det benyttes en korreksjonsfaktor slik at doser ikke underestimeres.



Figur 38 Stråledoser under kjøring som funksjon av beregnet doseverdi for kolli med radiofarmaka.

Tabell 4 Doser målt under kjøring av kolli med radiofarmaka.

	Foretatt aktivitet	Kjøretid i minutter	TI i bilen	Skjerming mellom førerhuset og lasterommet	Dose målt med EPD på brystet i μSv	Dose målt med EPD på ryggen i μSv	Forholdsfaktor mellom rygg- og brystdosen	Dose beregnet 1 meter fra kolliene i μSv
[1]	Kjøring til omlastningssted 1	2	25,7	Nei	0,2	1	5,0	8,6
	Kjøring til endelig destinasjon	28	25,7	Nei	2,9	9,3	3,2	119,9
[2]	Kjøring til omlastningssted 1	18	7,6	Ja	0,5	0,9	1,9	22,8
	Kjøring til omlastningssted 2	34	3,7	Ja	0,3	0,9	2,8	21,0
	Kjøring til endelig destinasjon	19	2,4	Ja	0,1	0,2	2,7	7,6
[3]	Kjøring til omlastningssted 1	97	4,7	Ja	1,4	2,6	1,9	76,0
	Kjøring til omlastningssted 2	383	2,3	Ja	1,8	6,0	3,4	146,8
	Kjøring til endelig destinasjon	86	1,6	Ja	0,1	0,8	7,2	22,9
[b]	Kjøring til endelig destinasjon	5	2,5	Ja	1,0	-	-	2,1
[c]	Kjøring til endelig destinasjon	37	27,8	Nei	2,9	-	-	171,4
[d]	Kjøring til endelig destinasjon	28	10,6	Nei	0,9	-	-	49,5
[e]	Kjøring til endelig destinasjon	39	25,3	Nei	4,9	-	-	164,5

12.3 Stråledoser under kjøring beregnet ut ifra doserate og kjøretid

En alternativ metode for å estimere stråledoser ved kjøring er å beregne produktet av doseraten i førerhuset og kjøretiden. Dette produktet gir et estimat på dosen som mannskapet forventes å motta under transport. Målingene kan da utføres direkte ved sjåførsetet, på ryggposisjonen, ved bruk av en doseratemåler.

Det er viktig å presisere at metoden kun gjelder for doser som oppstår under kjøring av kolli, og at håndteringsdosen ikke inngår i beregningen. I tabell 5 presenteres målinger av doserater under oppdrag [1] til [3]. Målingene ble utført ved avgang og på hvert omlastningssted etter at kolliene var losset.

Forholdet mellom dosen estimert ut fra doseraten og den dosen som ble målt med ryggmonterte EPD-er varierer fra 1,1 til 2,4. Basert på resultatene kan det konkluderes med at det er konservativt å estimere dosen ved kjøring ut fra doseraten målt ved sjåførsetet og kjøretiden.

Tabell 5 Doser under kjøring av kolli med radiofarmaka, beregnet ut fra stråledoserater og kjøretid

	Foretatt aktivitet	Kjøretid i minutter	TI i bilen	Skjerming mellom førerhuset og lasterommet	Doserate i $\mu\text{Sv/t}$ målt mot setet til sjåfør	Beregnet dose ut ifra doserate og kjøretid i μSv	Dose målt med EPD på ryggen i μSv	Forholdet mellom dose estimert ut ifra doserate og kjøretid og dose målt med EPD på ryggen
[1]	Kjøring til omlastningssted 1	2	25,7	Nei	32,6	1,1	1	1,1
	Kjøring til endelig destinasjon	28	25,7	Nei	29,6	13,8	9,3	1,5
[2]	Kjøring til omlastningssted 1	18	7,6	Ja	3,6	1,1	0,9	1,2
	Kjøring til omlastningssted 2	34	3,7	Ja	2,4	1,4	0,9	1,5
	Kjøring til endelig destinasjon	19	2,4	Ja	1,2	0,4	0,2	2,4
[3]	Kjøring til omlastningssted 1	97	4,7	Ja	2,4	3,8	2,6	1,5
	Kjøring til omlastningssted 2	383	2,3	Ja	1,3	8,1	6,0	1,4
	Kjøring til endelig destinasjon	86	1,6	Ja	1,1	1,5	0,8	1,9

12.4 Stråledoser målt med EPD-er under utvalgte transportoppdrag og effekten av bestrålingsretning

I dette avsnittet sammenfattes resultatene fra kapittel 12.1 og 12.2, og effekten av bestrålingsretning ved ulike eksponeringssituasjoner under transport vurderes på bakgrunn av målinger utført under oppdrag [1] til [3]. Deretter forsøkes det å trekke en konklusjon om hvor det er mest hensiktsmessig å plassere et persondosimeter under transport, samt hvordan man kan unngå at doser underestimeres.

Ettersom det ikke foreligger målinger på ryggen for oppdrag [a]–[f], lar det seg ikke gjøre å vurdere effekten av ulike bestrålingsretninger fra disse oppdragene. De er derfor utelatt fra denne diskusjonen.

Doser som ble målt under oppdrag [1] til [3] er oppsummert i tabell 6 med bakgrunnsnivå trukket fra målingene. Andre og tredje kolonne viser doser avlest fra EPD-er plassert henholdsvis på bryst og rygg, avlest etter at oppdragene ble avsluttet.

For å kunne studere effekten av bestrålingsretning for ulike eksponeringssituasjoner, ble summen av dosene målt med brystplasserte EPD-er under håndteringsoperasjoner (jf. kapittel 12.1) og summen av dosene målt med ryggplasserte EPD-er under kjøring (jf. kapittel 12.2) beregnet for hvert av oppdragene. Disse summene er oppgitt i henholdsvis den fjerde og femte kolonnen i tabell 6. Summene anses å gjenspeile dosen som mannskapet ville mottatt dersom persondosimetrene til enhver tid ble båret på den posisjonen som er mest representativ for eksponeringssituasjonen. Ved å summere doseverdiene fra den fjerde og femte kolonnen i tabell 6 kan man utlede en samlet doseverdi som er representativ for den faktiske eksponeringssituasjonen. For enkelhets skyld omtales denne verdien i rapporten som «dose korrigert for variasjon i bestrålingsretning».

I tabell 3 ble det for oppdrag [1] rapportert håndteringsdoser på henholdsvis 4,2 μSv , 0,6 μSv og 10,4 μSv målt med EPD båret på brystet. Det minnes om at brystet er den posisjonen som er mest representativ for eksponeringen ved håndtering av kolli. Den totale håndteringsdosen for oppdrag [1] var dermed 15,2 μSv . Derimot ble det målt doser under kjøring på 1,0 μSv og 9,3 μSv fra en EPD båret på ryggen, noe som gir en samlet dose fra kjøring på 10,3 μSv . Ved å summere håndteringsdosen og dosen fra kjøring får man en total dose på 25,5 μSv for oppdrag [1]. Denne dosen er korrigert for variasjon i bestrålingsretning og representerer den dosen som ville blitt registrert dersom dosimetret hadde vært båret på den mest representative posisjonen for eksponeringen gjennom hele oppdraget. Siden den brystplasserte EPD-en ga en avlesning på kun 18,2 μSv under hele oppdraget, kan det konkluderes med at et dosimeter båret på brystet underestimerte dosen med om lag 40 %.

Under oppdrag [2] ble det målt henholdsvis 3,4, 1,4, 1,2 og 0,7 μSv fra den brystplasserte EPD-en under fire ulike håndteringsoperasjoner. Ved å summere målingene får man håndteringsdosen for hele oppdrag [2], som er på ca. 6,7 μSv . Når det gjelder dosen under kjøring, ble det fra den ryggplasserte EPD-en avlest doser på henholdsvis 0,9, 0,9 og 0,2 μSv under de tre ulike kjørestrekningene, noe som gir en samlet dose under kjøring på 2 μSv . Dette gir en dose korrigert for variasjon i bestrålingsretning på 8,6 μSv . Denne dosen er noe høyere enn den som ellers ville blitt målt dersom dosimetret hadde vært plassert på brystet gjennom hele oppdraget, med et avvik på 16 %.

For transportoppdrag [3] ble det målt doser på henholdsvis 7,4, 2,5, 2,5 og 1,7 μSv fra den brystmonterte EPD-en under håndteringsoperasjonene. Den samlede håndteringsdosen var dermed 14,1 μSv .

Transportoppdrag [3] kjennetegnes av lengre kjøretider for hver kjørestrekning enn de to øvrige oppdragene. Doser på henholdsvis 2,6, 6,0 og 0,8 μSv ble målt med EPD båret på ryggen for de tre kjørestrekningene, noe som ga en samlet dose fra kjøring på 9,4 μSv . Den samlede dosen korrigert for variasjon i bestrålingsretning var dermed 23,5 μSv . Denne dosen var 36 % høyere enn den som ble målt med EPD båret kontinuerlig på brystet.

Tabell 6 Stråledoser målt under oppdrag [1], [2] og [3].

Oppdrag	Målt dose med EPD på brystet i μSv	Målt dose med EPD på ryggen i μSv	Summen av doser målt under håndtering med EPD på brystet	Summen av doser målt under kjøring med EPD på ryggen	Dose korrigert for variasjon i bestrålingsretning i μSv	Forholdsfaktor mellom dose korrigert for variasjon i bestrålingsretning og dose målt på brystet
[1]	18,2	21,3	15,2	10,3	25,5	1,40
[2]	7,5	4,9	6,7	2	8,7	1,16
[3]	17,3	14,5	14,1	9,4	23,5	1,36

En annen observasjon er at det største dosebidraget oppstod ved håndtering av kolli under de tre observerte oppdragene. Denne observasjonen gjelder spesielt når sjåføren selv er involvert i håndtering av kolli, og ved bruk av god strålevernpraksis under transport, som for eksempel å plassere kolliene med høyest TI bakerst i lasterommet og lengst unna førerhuset for å redusere dosen under kjøring.

Resultatene tyder på at avlesninger fra brystmonterte EPD-er eller persondosimetre ikke er tilstrekkelig konservative. Dette innebærer at dosen kan underestimeres når dosimetrene bæres på én enkelt posisjon gjennom et helt transportoppdrag. Korreksjonen for variasjon i bestrålingsretning gir en betydelig høyere dose enn den som er målt på brystet alene.

Dersom kolli er plassert bakerst i kjøretøyet og det foreligger skjerming mot lasterommet, vil dosen under kjøring normalt være lav ved korte kjørestrekninger sammenlignet med håndteringsdosen. Et godt eksempel er oppdrag [2], der kjøretiden for to påfølgende kjørestrekninger var kort, og det var installert skjerming mellom førerhuset og lasterommet. I slike tilfeller forventes det at effekten av bestrålingsretning blir liten siden håndteringsdosen vil være dominerende. Da kan dosimetrene fortsatt bæres på brystet, og virksomheten kan vurdere å benytte en korreksjonsfaktor for de avleste dosene, på samme måte som det er gjort i denne studien.

Hvis bidraget fra dosen under kjøring er vesentlig, for eksempel ved manglende skjerming mot lasterommet som under oppdrag [1], eller ved lange kjørestrekninger som under oppdrag [3], bør virksomhetene vurdere å plassere dosimeteret på ryggen under kjøring. Én mulighet er at

persondosimeteret flyttes fra bryst til rygg under kjøring, og tilbake igjen under håndtering. Alternativt kan virksomheter kartlegge differansen mellom bryst- og ryggplasserte dosimetre, og deretter etablere en korreksjonsfaktor for å korrigere avlesningene, på samme måte som det ble gjort i denne studien.

12.5 Estimerte årlige stråledoser for sjåførere som transporterer radiofarmaka

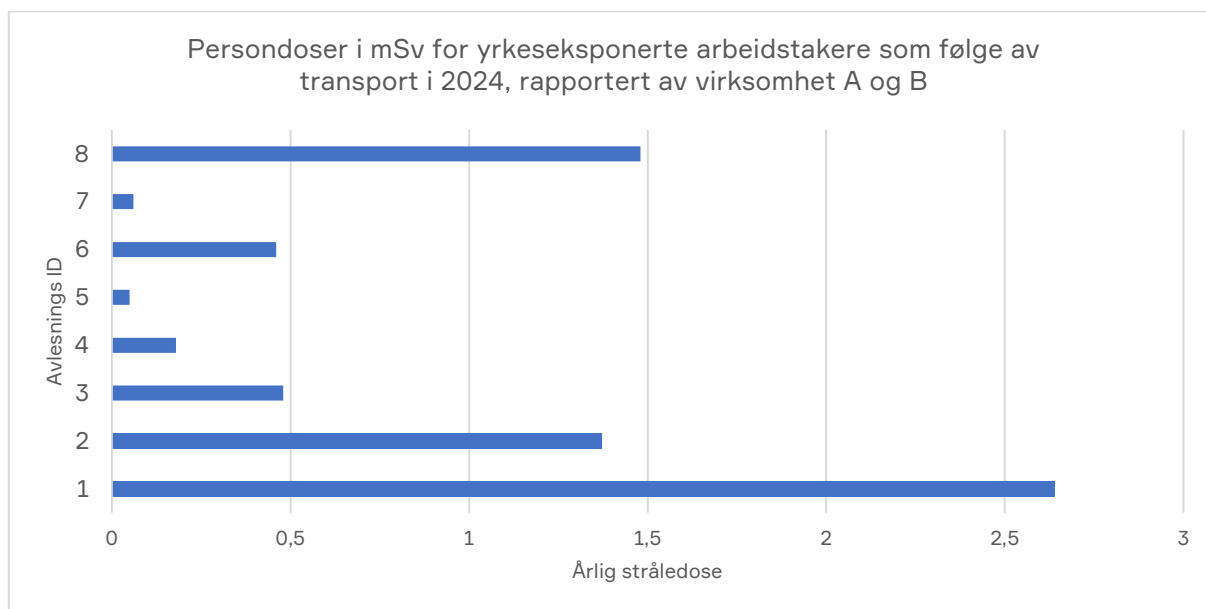
I dette kapittelet estimeres forventede årlige stråledoser for ansatte hos både virksomhet A og virksomhet B i forbindelse med transport av radioaktivt materiale. I tillegg presenteres avlesninger fra individuelle persondosimetre hos begge virksomheter for 2024, som ble benyttet som del av deres program for individuell doseovervåking.

Med tanke på at oppdrag [1] til [3] gjennomføres ukentlig, kan det beregnes en estimert årlig dose som oppstår som følge av hver av disse oppdragene. I den fjerde kolonnen i tabell 7 er den beregnede årlige dosen for ansatte oppgitt. Denne er estimert på grunnlag av avlesninger fra brystplasserte EPD-er. I tillegg viser den femte kolonnen den årlige dosen korrigert for variasjon i bestrålingsretning. Under antakelse av at én sjåfør har som fast oppdrag enten oppdrag [1] eller [3], vil sjåførens årlige effektive dose overstige 1 mSv per år, som er grensen som utløser krav om et program for å anslå dosen basert på overvåking av arbeidsplassen eller individuell overvåking i henhold til regelverket.

Tabell 7 Estimerte årlige stråledoser som følge av oppdrag [1] til [3].

Oppdrag	Målt dose med EPD på brystet i µSv	Dose korrigert for variasjon i bestrålingsretning i µSv	Estimert årlig dose i mSv, beregnet ut ifra dose målt på brystet	Estimert årlig dose i mSv, beregnet ut ifra dose korrigert for variasjon i bestrålingsretning
[1]	18,2	25,5	0,95	1,33
[2]	7,5	8,7	0,39	0,45
[3]	17,3	23,5	0,90	1,22

Både virksomhet A og virksomhet B benyttet individuell overvåking for å fastsette doser til sine ansatte. På forespørsel la virksomhetene frem avlesningene fra persondosimetrene til sine ansatte for 2024. Disse er oppgitt i figur 39. Figuren viser at tre ansatte mottok doser over 1 mSv i løpet av året, henholdsvis 1,37, 1,48 og 2,64 mSv.



Figur 39 Persondoser i mSv for yrkeseksponerte arbeidstakere som følge av transport i 2024, rapportert av virksomhet A og B.

Det kan konkluderes med at dosene til sjåførere som transporterer radioaktive legemidler i Norge generelt er lave. Både beregnede doser og avlesninger fra persondosimetre gir indikasjon på at sjåførene ikke vil motta effektive doser over 6 mSv per år, noe som ville utløst krav om individuell overvåking. Resultatene i tabell 7 tyder på at dosene fremdeles vil være lavere enn 6 mSv per år også når det korrigeres for variasjon i bestrålingsretning.

12.6 Estimerte doser til allmennheten som følge av transport av radioaktive legemidler

Det følger av kravene i transportregelverket at kolli med radioaktivt materiale under transport skal holdes atskilt fra befolkningen i områder som publikum normalt har adgang til. Publikum skal ikke motta en årlig stråledose over 1 mSv ved konservativ beregning.

For å estimere den årlige dosen til publikum som skyldes transport av radioaktive legemidler, ble doseraten målt rundt varebilene under oppdrag [1] til [3]. Målingene ble utført på hvert avreisested etter at alle kolli var lastet inn i varebilene. På denne måten anses doseratene å være konservative, siden varebilene inneholder høyest TI rett før avgang og derfor forventes å gi de høyeste strålenivåene under oppdragene.

For å kunne angi et konservativt estimat av stråledosen til befolkningen, ble det forsøkt å måle den høyeste doseraten før avreise. Målinger ble derfor utført på tre ulike posisjoner på utsiden av lasterommet. Doseraten ble målt på både venstre og høyre side samt ved døren til lasterommet. På hver av disse tre posisjonene ble doseraten målt først direkte på overflaten av lasterommet, og deretter 1 og 2 meter unna.

På grunnlag av målingene beregnes dosen til allmennheten under ulike scenarier, basert på sannsynligheten for at personer befinner seg i en gitt avstand fra varebilen under transport. De høyeste doseratene som ble målt før avgang er oppsummert i tabell 8 for hvert oppdrag.

Tabell 8 Høyeste doserater målt før avreise under oppdrag [1], [2] og [3].

Oppdrag	Høyeste doserate målt på overflaten i $\mu\text{Sv/t}$	Høyeste doserate i $\mu\text{Sv/t}$ målt 1 m unna	Høyeste doserate i $\mu\text{Sv/t}$ målt 2 m unna
[1]	196	58,1	26,1
[2]	145	19	8,2
[3]	120	14	6,3

Et sentralt aspekt ved estimering av doser til befolkningen er å konkretisere hvilke eksponeringsscenarier som kan oppstå under transport. I denne studien begrenses vurderingene til eksponeringssituasjoner der transporten foregår uten svikt i kollikonstruksjonen, utslipp eller andre ulykker og unormale hendelser. Med andre ord vurderes kun ekstern strålingseksponering under transport. Det legges dessuten til grunn at de radioaktive legemidlene er korrekt emballert. To scenarier er antatt å være sannsynlige basert på observasjoner gjort under oppdragene [1] til [3]. Disse scenariene anses som sannsynlige og konservative ved vurdering av stråledoser til allmennheten i forbindelse med transport av radioaktive legemidler.

I det første scenariet er det antatt at varebilen står parkert på en bensinstasjon i 10 minutter ved siden av en annen bil der en person befinner seg. Personen er antatt å oppholde seg 1 meter fra varebilen. Stråledosen til denne personen er estimert til 10 μSv under oppdrag [1], og henholdsvis 3 μSv og 2 μSv under oppdrag [2] og [3].

I det andre scenariet sitter varebilen fast i trafikkø som følge av en bilulykke. Det er antatt at en annen bil står 2 meter unna varebilen over en periode på fire timer. Stråledosen til allmennheten i dette scenariet er estimert til 104 μSv under oppdrag [1], og henholdsvis 33 μSv og 25 μSv under oppdrag [2] og [3].

Det vurderes derfor som lite sannsynlig at stråledosen til allmennheten vil kunne overstige 1 mSv per år under vanlige transportforhold.

12.7 Stråledoser til personell som håndterer kolli med radioaktivt materiale på en flyplassterminal

Flyplassterminaler utgjør viktige knutepunkt for kolli med radioaktivt materiale ved import og eksport. På flyplassterminalene blir forsendelsene lastet på eller losset av luftfartøy, noe som medfører stråleeksponering av ansatte under håndteringsoperasjonene. Det er i hovedsak radioaktive legemidler som fraktes med fly, siden ca. 90 % av kolliene med radioaktivt materiale som ble fraktet med lufttransport i 2023 i Norge inneholdte radiofarmaka.

DSA besøkte i 2025 en flyplassterminal for å observere håndteringen av en forsendelse med radioaktive legemidler, samt måle stråledosen til ansatte som håndterer denne typen last. Forsendelsen hadde en TI på 26,7, og transportoppdraget dreide seg om håndtering av importerte kolli med radioaktive legemidler. Som beskrevet i kapittel 5 har denne typen forsendelser ofte en relativt høy TI.

Før håndteringen startet, ble tre ansatte på terminalen utstyrt med brystmonterte EPD-er. Disse ansatte ble vurdert å være mest utsatt for stråling under denne typen oppdrag. Figurene 40 og 41 viser posisjonene der de ansatte oppholdt seg under mesteparten av håndteringsoperasjonene.

Den første ansatte oppholdt seg i posisjon 1 ved lossingen av containeren fra flyet, som illustrert i figur 40. Lossingen ble gjennomført med en automatisert varelift, slik at kontakten mellom den ansatte i posisjon 1 og containeren varte kun noen få minutter. Den ansatte i posisjon 1 fikk en dose på 1,2 μSv under oppdraget.

Etter at containeren ble losset fra flyet, ble den overført til en container-/palletransporter, som er en lastebil med rullesystem. Deretter kjørte den ansatte i posisjon 2 containeren fra rullebanen til en cargoterminal i nærheten. Den ansatte i posisjon 2 fikk en dose på 0,2 μSv under hele oppdraget.

Den tredje ansatte, i posisjon 3, hadde ansvar for å ta kolliene ut av containeren og overføre dem til et egnet område. Den ansatte tok først ut noen få kolli fra containeren for hånd. Deretter benyttet vedkommende en gaffeltruck til å ta de resterende kolliene ut av containeren og overføre dem til et oppbevaringsområde. Kolliene var plassert på paller, som vist i figur 41. Den ansatte i posisjon 3 fikk registrert en dose på 3,5 μSv under oppdraget. Den samme ansatte hadde også som oppgave å utlevere kolliene til eksterne transportører for videre distribusjon. Utleveringen ble gjennomført med gaffeltruck, noe som reduserer avstanden til kolliene. Av praktiske grunner ble det ikke tatt målinger av stråledosen under utleveringen av kolliene. Dette innebærer at den faktiske dosen kan være høyere enn den målte dosen på 3,5 μSv , og den målte dosen bør derfor tolkes som et minimumsestimat av dosen som ble mottatt av den ansatte.

Operatøren på flyplassterminalen opplyste om at det ble håndtert forsendelser med en total TI på 66,4 i en uke i 2025. Disse forsendelsene omfattet også andre typer radioaktivt materiale enn radioaktive legemidler. Med et hypotetisk scenario der den samme terminalen skulle håndtere forsendelser med en samlet TI på 66,4 ukentlig, kan man skalere avlesningene og beregne en estimert årlig dose for hver av disse tre ansatte. Basert på dette er det estimert at den ansatte i posisjon 1 vil motta 0,15 mSv i løpet av ett år, mens den ansatte i posisjon 2 vil motta 0,03 mSv. Det ble også opplyst at det er flere ansatte som lossar kolli fra flyet, slik at den estimerte årlige dosen fordeles mellom flere.

For den ansatte i posisjon 3, som lossar kolliene fra containeren, er den minste årlige dosen estimert til 0,45 mSv. Operatøren opplyste at det er samme person som utfører arbeidsoppgaver knyttet til håndtering av radioaktivt materiale på terminalen. Som omtalt tidligere er det forventet at den reelle stråledosen er enda høyere enn estimert her, siden det manglet avlesning ved utlevering av kolliene.

Målingene tyder på at stråledosen til ansatte på flyplassterminalen er under 1 mSv, og at det er lite sannsynlig at denne grensen overskrides under de samme transportforholdene. Et unntak er den ansatte i posisjon 3, siden målingene var ufullstendige. En ny vurdering bør gjennomføres dersom TI til kolli som håndteres på terminalen øker, eller ved innføring av nye arbeidsrutiner som påvirker eksponeringssituasjonen.

For å bekrefte at ansatte ved flyplassterminalen, spesielt den ansatte i posisjon 3, ikke forventes å motta en årlig stråledose over 1 mSv, ble det gjennomført en tilleggsstudie med kartlegging av stråledoser til

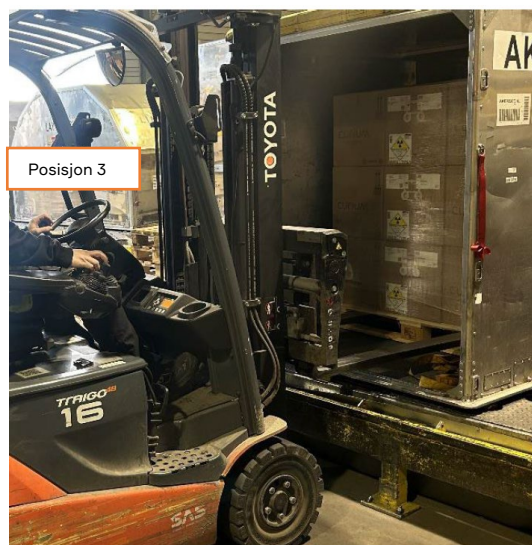
personell på flyplassen. Totalt ble ni ansatte utstyrt med både person- og fingerdosimetre over en periode på 2 måneder. Blant disse deltok også de ansatte som hadde båret EPD-ene under besøket.

Hver ansatt ble bedt om å loggføre hvilke datoer dosimetrene ble båret. Persondosimeter IPLUS 2 MONTHS og fingerdosimeter RING 2 MONTHS fra Landauer ble benyttet for å gjennomføre målingene. Av praktiske hensyn foregikk studien fra 5. mai 2025 til og med 25. juni 2025. Ett persondosimeter og to fingerdosimetre ble mistet i løpet av studien. Det kan bemerkes at den ansatte som lastet ut kolli fra containeren under besøket, hadde både båret og levert inn dosimetrene sine.

Ingen stråledoser over rapporteringsgrensene, som er henholdsvis 0,05 mSv for Persondosimeter IPLUS 2 MONTHS og 0,1 mSv for fingerdosimeter RING 2 MONTHS, ble målt. Resultatene indikerer at personell på flyplassen ikke forventes å motta doser over 1 mSv per år under de gjeldende transportforholdene.



Figur 40 Lossing av en Unit Load Device (ULD), som inneholder kolli med radioaktive legemidler, fra flyet.



Figur 41 Utlasting av kolli med radioaktive legemidler fra ULD-en.

13 Konklusjon

Mer enn 25 000 kolli med radioaktivt materiale ble sendt av norske avsendere i 2023. Transport av radioaktive legemidler dominerte, og utgjorde ca. 78 % av kolliene som ble sendt. Transport av radioaktive legemidler utgjorde også en stor andel (ca. 58,2 %) av samlet TI. Transport av asfaltmålere (16,4 %), transporter innen olje- og gassindustrien (15,8 %) og transporter av industrielt radiografiutstyr (4 %) utgjorde også betydelige andeler av totalt transportert TI i Norge i 2023.

Transport av radioaktive legemidler forventes å gi en større eksponeringsrisiko enn transporter fra andre typer industri. Dette skyldes at disse transportene har en høyere gjennomsnittlig TI per forsendelse, en høyere samlet TI for alle forsendelser, et stort antall kolli som fraktes, samt at operasjoner knyttet til blant annet lasting og lossing ofte utføres manuelt. I denne studien ble det derfor lagt særlig vekt på å kartlegge doser mottatt av yrkeseksponerte under transport av radioaktive legemidler, der forventet eksponering er størst.

Kartleggingen har vist at persondoser til norske sjåfører og operatører på flyplassterminaler, som enten frakter eller håndterer radioaktive legemidler, generelt er forventet å være lave. Dosene til denne gruppen yrkeseksponerte ligger godt under grensen på 20 mSv per år. Målingene som har blitt utført viser at dosene mest sannsynlig også vil være under 6 mSv per år, selv om denne gruppen yrkeseksponerte håndterer forsendelser med de høyeste TI i Norge. Måleresultatene tyder videre på at dosene til både operatører på flyplasser og til allmennheten fra transport av radioaktive legemidler er svært lave, og i praksis ubetydelige.

Resultatene fra kartleggingen indikerer at regelverket for transport av radioaktivt materiale fungerer etter hensikten i Norge, og at det gir et godt vern av både arbeidstakerne og befolkningen mot skadelige virkninger av ioniserende stråling ved transport.

Generelt er det påvist at det kan etableres en lineær sammenheng mellom doser målt med persondosimetre og doser beregnet ut fra produktet $TI \times tid$, der tid er enten håndteringstid eller kjøretid. Slike modeller kan etableres og benyttes av virksomheter for å vurdere om det er behov for overvåking av arbeidsplassen eller individuell overvåking dersom dosen forventes å ligge mellom 1 og 6 mSv per år, eller individuell overvåking med persondosimetritjeneste dersom dosen forventes å overstige 6 mSv per år. Modellene kan også brukes til å fastsette doser når overvåking av arbeidsplassen eller annet program for dosevurdering er påkrevd. Virksomheter bør imidlertid være varsomme ved bruk av slike modeller, da de kun gjelder under spesifikke transportforhold. En korreksjonsfaktor bør benyttes for å unngå underestimering av doser.

Doser som registreres på persondosimetre plassert på brystet, kan underestimere reell dose i tilfeller der sjåføren får en betydelig del av sin totaldose under kjøring. Dette skyldes at under kjøring er sjåførens rygg vendt mot strålekildene slik at kroppen skjermer persondosimeteret. Målinger utført i forbindelse med denne studien indikerer at dersom persondosimeteret bæres på brystet under både kjøring og håndtering av kolli, kan den totale dosen som registreres være opptil 40 % for lav. Effekten kan være enda større for andre typer transportoppdrag enn de som inngikk i denne studien. Denne effekten bør derfor hensyntas i virksomheters program for doseovervåking. Underestimeringen er størst i tilfeller der skjerming mangler mellom førerhuset og lasterommet, og når kjøretiden er betydelig lengre enn håndteringstiden.

14 Referanser

A. L. Jones and T. Cabianca. (2017). *Survey into the radiological impact of the normal transport of radioactive material in the UK by road and rail*. London: Public Health England.

Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection. (2014). *Étude sur les flux de transport de substances radioactives à usage civil*.

Den internasjonale kommisjon for strålevern (ICRP). (2007). *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Publication 103)*. Elsevier.

Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet. (2019). *Veileder nummer 9 om industrielle kontrollkilder*. Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet.

Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet. (2025). *Nukleærmedisinske undersøkelser og behandlinger i 2023, DSA-info nummer 2*.

ENCO. (2019). *Comprehensive Examination and Analyses of the Situation of Transport of Nuclear Materials*. EUROPEAN COMMISSION.

G. Schwarz, H.-J. Fett, F. Lange. (2003). OCCUPATIONAL AND PUBLIC EXPOSURES ARISING FROM THE NORMALTRANSPORT OF RADIOACTIVE MATERIAL: EXPERIENCE IN GERMANY. *International Conference on the Safety of Transport of Radioactive Material* (ss. 97-100). Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA).

IAEA. (2023). *Radiation Protection Programmes for the Transport of Radioactive Material*. Vienna.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. (2018). *Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7*. Vienna: IAEA.

Statens Strålevern. (2017). *Veileder nummer 1 om industriell radiografi*. Statens Strålevern.

Statistisk sentralbyrå. (u.d.). 10495: *Godstransport med jernbane. Farlig gods 2011 - 2024*. Hentet 2025 fra <https://www.ssb.no/statbank/table/10495>

T. Godås. (2013). *Kartläggning av transportflödet samt doser till personal och allmänhet vid transport av radioaktiva ämnen i Sverige*. Stockholm: Strålsäkerhetsmyndigheten.

Vedlegg I: Utsendelsesbrev og spørreskjema



Direktoratet for
strålevern og atomikkerhet

Norwegian Radiation
and Nuclear Safety Authority

Etter liste

Ref.:
24/00842-1 / 2.5.2

Dato:
09.09.2024

Saksbehandler:
Joe Moussa

Svarfrist 10. mai 2024:

Kartlegging av transport av radioaktivt materiale for 2023

Direktoratet for strålevern og atomikkerhet (DSA) fører tilsyn med at bestemmelser fastsatt i strålevernloven, eller i medhold av den, overholdes, jf. strålevernloven § 18 første ledd. Strålevernlovens virkeområde omfatter blant annet enhver transport av radioaktive strålekilder, jf. § 2 første ledd. DSA er også utpekt som fag- og tilsynsmyndighet for transport av klasse 7 radioaktivt materiale etter forskrift om landtransport av farlig gods § 30 andre ledd.

Nasjonal kartlegging

Som tilsynsmyndighet for transport av radioaktivt materiale skal DSA gjennomføre en nasjonal kartlegging av slik transport. Hensikten med kartleggingen er å etablere omfanget av transport av radioaktivt materiale i Norge. Resultatene vil danne grunnlag for analyser som DSA vil bruke i det forebyggende arbeidet på området, herunder tilsynsaktivitet, samt benyttes som grunnlag for å vurdere stråledoser til yrkeseksponerte og til allmenheten som følge av transport av radioaktivt materiale.

Vi ber dere returnere det ferdig utfylte spørreskjemaet per e-post til transport@dsa.no innen **10. mai 2024**. E-posten merkes med saksnummer 24/00842.

DSA minner om plikt til å svare innen 10. mai 2024

Som tilsynsmyndighet skal DSA gis fri adgang til å foreta tilsyn og skal gis de opplysninger som er nødvendige for at tilsynsmyndigheten skal kunne ivareta sine gjøremål etter loven, jf. strålevernloven § 18 tredje ledd.

Virksomheten deres er dermed pliktige til å svare på spørsmålene i kartleggingen.

Gjennomføring av kartleggingen

Kartleggingen omfatter alle virksomheter som kan ha vært involvert i transport av radioaktivt materiale i Norge i 2023, enten som avsender, mottaker, transportør eller virksomheter som yter støttejenester knyttet til slik transport.

Undersøkelsen gjennomføres ved at dere fyller ut spørreskjemaet som er vedlagt dette brevet, og returnerer det ferdig utfylte spørreskjemaet til DSA.

Gjennom spørreskjemaet ber DSA dere opplyse om blant annet følgende temaer:

- Om virksomheten deres er avsender, mottaker og/eller transportør av radioaktivt materiale, eller har en støttefunksjon tilknyttet transporten.
- Spørsmål til type kolli, antall kolli og transportmåter.
- Antall forsendelser.
- Navn og adresse til andre virksomheter (avsendere, transportører, mottakere og støttefunksjoner) som bidrar til transportaktivitetene som virksomheten deres er involvert i.

Postadresse Postal address:
Postboks 329 Skøyen
NO-0213 Oslo, Norway
T +47 67 16 25 00
F +47 67 14 74 07

Besøksadresse Office:
Grini næringspark 13
1361 Østerås, Norway
dsa.no
dsa@dsa.no

Swift address: UNBANDKK
Bankkonto Bank account:
8276 01 00494
IBAN: NO76 8276 01 00494
Org.nr.: 867 668 292

- Spørsmål til stråledoser og doseovervåking.

Dersom virksomheten deres ikke har vært involvert i transport av radioaktivt materiale i 2023, oppgir dere dette i spørreskjemaet.

Den nasjonale kartleggingen er viktig for DSAs innsikt, forebyggende arbeid og tilsynsaktiviteter knyttet til transport av radioaktivt materiale. For at kartleggingen skal bli så nøyaktig som mulig, er DSA avhengig av samarbeid fra alle virksomheter som er involvert i transport av radioaktivt materiale.

Mottakere av dette brevet og ev. spørsmål til DSA

Dette brevet samt det vedlagte spørreskjemaet har blitt sendt til aktuelle virksomheter per e-post. Dersom DSA har registrert en strålevernkoordinator eller annen kontaktperson (for eksempel sikkerhetsrådgiver) for virksomheten, blir e-posten med kopi av brevet og spørreskjemaet sendt direkte til strålevernkoordinatoren/kontaktpersonen.

Eventuelle spørsmål knyttet til spørreskjemaet eller dette brevet kan rettes til DSA på e-post til transport@dsa.no. E-posten bør merkes med saksnummer 24/00842.

Med hilsen
Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet

Håvar Andreas Sollund
fungerende seksjonssjef

Joe Moussa
rådgiver

Dokumentet er godkjent elektronisk.

Vedlegg:

Spørreskjema transport av radioaktivt materiale

SPØRRESKJEMA OM TRANSPORT AV RADIOAKTIVT MATERIALE I NORGE I 2023

Merk at alle spørsmålene dreier seg kun om 2023.

DEL 1: GENERELL INFORMASJON

(Fyll inn kontaktinformasjon for virksomheten deres.)

Virksomhetens navn:	Adresse:
E-post:	Telefonnummer:
Organisasjonsnummer (kun dersom virksomheten er registrert i Norge):	

Velg hvilken kategori virksomheten faller innunder for 2023 (flere valg er mulig). Definisjonene står under.

- ☐ Avsender¹
☐ Mottaker²
☐ Transportør³
☐ Støttefunksjon⁴
☐ Ikke involvert i transport i 2023

¹ Avsender er enhver person, virksomhet eller etat som gjør klar en forsendelse for transport.

² Mottaker er enhver person, virksomhet eller etat som mottar en forsendelse.

³ Transportør er enhver person, virksomhet eller etat som utfører transporten av radioaktivt materiale, uavhengig av transportmiddel.

⁴ Støttefunksjon er enhver person eller virksomhet som yter støttetjenester ved transport av radioaktivt materiale. Dette kan være en speditør, havneoperatør, terminaloperatør, rådgiver innen strålevern, rådgiver innen farlig gods, akter som lager eller selger emballasje m.m.

Vennligst merk:

- Hvis dere har krysset av for at dere ikke var involvert i transport i 2023, trenger dere ikke besvare resten av spørreskjemaet.
- Hvis dere kun har krysset av for støttefunksjon, trenger dere bare besvare del 7 og 8 av spørreskjemaet.

Velg bransjen som best beskriver hvilken type aktivitet virksomheten deres var involvert i i 2023?

- ☐ Helse og medisin (f.eks. radiofarmasiproduksjon, sykehus, veterinærmedisin ...)
 ☐ Forskning, undervisning og utvikling (f.eks. universiteter, forskningsinstitutter ...)
 ☐ Kjernefysisk (f.eks. forskningsreaktorer ...)
 ☐ Industri og ikke kjernefysiske anvendelser (f.eks. olje og gass, gruvedrift, offentlig sektor, ...)
 ☐ Tjenesteleverandør (transportører, speditører og andre støttefunksjoner)

DEL 2: DEFINISJONER

- **Kolli:** består av emballasje med innhold (radioaktivt materiale), klargjort for transport.
- **Forsendelse:** er ett eller flere kolli, eller last med farlig gods, som en avsender overleverer til transport.

DEL 3: EKSEMPLER PÅ UTFYLING AV SPØRRESKJEMAET

Del 4, 5 og 6 av spørreskjemaet inneholder tabeller hvor avsendere, mottakere og transportører skal oppgi antallet kolli som deres virksomhet var involvert i. For at de rapporterte dataene skal gi mening til slutt, er det viktig at alle virksomhetene rapporterer likt. Vi definerer derfor noen regler for rapportering. I fem eksempler under viser vi hvordan tabellene skal fylles ut i ulike situasjoner.

I spørreskjemaet grupperer vi de mulige UN-numrene på følgende måte:

- **Unntakskolli** - UN 2908; UN 2909; UN 2910; UN 2911; UN 3507.
- **LSA og SCO** - UN 2912; UN 3321; UN 3322; UN 2913.
- **Type A ikke-spaltbart** - UN 2915; UN 3332.
- **Type B/C ikke-spaltbart** - UN 2916; UN 2917; UN 3323.
- **Spaltbart, transport under særordning og UF₆** - UN 3324; UN 3325; UN 3326; UN 3327; UN 3333; UN 3328; UN 3329; UN 3330; UN 2919; UN 3331; UN 2977; UN 2978.

EKSEMPEL 1: En virksomhet A sender 2 kolli, hvorav 1 kolli er UN 2910 og 1 kolli er UN 2915. Transporten gjennomføres på vei av et transportselskap før kolliene sendes ut av Norge som sjøtransport.

Virksomhet A er avsenderen. I Tabell 4A registrerer virksomheten 1 kolli under «vei + sjø» som «Unntakskolli» og 1 kolli under «vei + sjø» som «Type A ikke-spaltbart». Transport utenlands skal ikke inkluderes i skjemaet, men det er riktig å registrere på sjø her fordi deler av sjøtransporten foregår på norsk sokkel.

EKSEMPEL 2: En virksomhet B sender 1 unntakskolli med UN-nummer UN 2911 til en mottaker. Transporten gjøres på vei av den samme virksomhet B (med andre ord gjennomføres transporten av en sjåfør som er ansatt i virksomhet B).

Virksomhet B er både avsenderen og transportøren. Både i tabellene 4A og 6A registrerer virksomheten 1 kolli under kolonne «vei» som «Unntakskolli».

EKSEMPEL 3: En virksomhet C i Norge mottar 1 forsendelse med 3 kolli med UN-nummer UN 2916 fra en utenlandsk avsender. Transporten gjøres først med jernbane til en havn i utlandet. Deretter fraktes kolliene med skip til en norsk havn og videre på vei i Norge til mottakeren. Alle transporter gjennomføres av et transportselskap.

Virksomhet C er mottakeren. Det er kun transportmåter i Norge som teller med. I Tabell 5A registrerer virksomheten 3 kolli under kolonne «vei + sjø» som «Type B/C ikke-spaltbart».

EKSEMPEL 4: En virksomhet D transporterer på vei 1 kolli med UN-nummer UN 2915 på vegne av en avsender. Transporten gjøres først på vei til en havn. På havnen avleverer virksomhet D kolliet til en annen virksomhet, som transporterer kolliet ut av Norge som sjøtransport.

Virksomhet D er transportøren på vei. Det er kun transporter som virksomheten selv utfører, som virksomhet D skal føre inn i tabellene. I tabell 6A registrerer virksomhet D 1 kolli under kolonnen «vei» som «Type A ikke-spaltbart».

EKSEMPEL 5: En virksomhet E sender 1 kolli med UN-nummer UN 2916 på kort oppdrag til en kunde eller et arbeidssted. Deretter frakter den samme virksomheten E kolliene tilbake igjen etter at oppdraget er fullført. Transportene foretas på vei i Norge.

Virksomhet E regnes som avsender, mottaker og transportør¹. I tabellene 4A, 5A og 6A registrerer virksomheten 1 kolli under kolonne «vei» som «Type B/C ikke-spaltbart».

¹ På tur ut til kunden, er virksomhet E avsender og transportør før de overleverer kolliet til kunden. På tur tilbake til virksomhet E er virksomhet E transportør og mottaker, mens kunden er avsender.

DEL 4: AVSENDER

Dere fyller ut del 4 bare hvis dere definerte dere som avsender i del 1. Hvis dere ikke er avsender, gå videre til del 5.

I tabellene skal dere kun telle transporter som foregår i Norge i 2023. Dersom deler av transporten er i utlandet (til utenlandsk mottaker), er det kun transportmåten i Norge som teller med.

Hvis dere ikke har data for hele 2023, vennligst oppgi tidsperioden for dataene som dere rapporterer i del 4:

Fra dato (dd/mm/åååå):

til dato (dd/mm/åååå):

NB! Eksempler på hvordan tabellen 4A fylles ut finner dere i del 3. Disse eksemplene bør dere sette dere inn i før dere fyller ut tabellen.

Ved utfylling av tabellene under grupperer vi de mulige UN-numrene på følgende måte:

- **Unntakskolli** - UN 2908; UN 2909; UN 2910; UN 2911; UN 3507.
- **LSA og SCO** - UN 2912; UN 3321; UN 3322; UN 2913.
- **Type A ikke-spaltbart** - UN 2915; UN 3332.
- **Type B/C ikke-spaltbart** - UN 2916; UN 2917; UN 3323.
- **Spaltbart, transport under særordning og UF₆** - UN 3324; UN 3325; UN 3326; UN 3327; UN 3333; UN 3328; UN 3329; UN 3330; UN 2919; UN 3331; UN 2977; UN 2978.

TABELL 4A: Fyll inn tabellen nedenfor med antall kolli sendt av virksomheten deres i 2023 ved de ulike transportmåtene.

	Vei	Sjø	Vei + Jernbane	Vei + Luft	Vei + Sjø	Vei + Jernbane + Sjø	Vei + Sjø + Luft	Vei + Jernbane + Luft
Unntakskolli								
LSA og SCO								
Type A ikke-spaltbart								
Type B/C ikke-spaltbart								
Spaltbart, transport under særordning eller UF ₆								

TABELL 4B: Fyll Inn tabellen nedenfor med antall kolli sendt av virksomheten deres i 2023, fordelt på kategoriene I-HVIT, II-GUL eller III-GUL. Kategoriene anvendes ikke for unntakskolli.

Kategori	I-Hvit	II-Gul	III-Gul
Antall kolli			

TABELL 4C: Fyll Inn tabellen nedenfor med antall kolli sendt av virksomheten deres i 2023, fordelt på intervaller av transportindeks (TI).

Intervall av TI-indeks	[0 - 0,1]	[0,2 - 1]	[1,1 - 2]	[2,1 - 5]	[5,1 - 7,5]	Mer enn 7.5
Antall kolli						

Hvor mange forsendelser med klasse 7-kolli har deres virksomhet sendt totalt i 2023?
(En forsendelse kan inneholde flere kolli):

TABELL 4D: Fyll Inn tabellen nedenfor med antall forsendelser sendt av virksomheten deres i 2023, fordelt på intervaller av transportindeks (TI). Transportindeksen av en forsendelse består av summen av transportindeksene for de enkelte kollene som utgjør forsendelsen.

TI-indeks intervall	[0 - 0,1]	[0,2 - 1]	[1,1 - 5]	[5,1 - 7]	[7,1 - 10]	[10,1 - 15]	[15,1 - 20]	Mer enn 20
Antall forsendelser								

DEL 5: MOTTAKER

Dere fyller ut del 5 bare hvis dere definerte dere som mottaker i del 1. Hvis dere ikke er mottaker, gå videre til del 6.

I tabellene skal dere kun telle transporter som foregår i Norge i 2023. Dersom deler av transporten er i utlandet (til utenlandsk mottaker), er det kun transportmåten i Norge som teller med.

Hvis dere ikke har data for hele 2023, vennligst oppgi tidsperioden for dataene som dere rapporterer i del 5:

Fra dato (dd/mm/åååå):

til dato (dd/mm/åååå):

NB! Eksempler på hvordan tabellen 5A fylles utfinner dere i del 3. Disse eksemplene bør dere sette dere inn i før dere fyller ut tabellen.

Ved utfylling av tabellene under grupperer vi de mulige UN-numrene på følgende måte:

- **Unntakskolli** - UN 2908; UN 2909; UN 2910; UN 2911; UN 3507.
- **LSA og SCO** - UN 2912; UN 3321; UN 3322; UN 2913.
- **Type A Ikke-spaltbart** - UN 2915; UN 3332.
- **Type B/C Ikke-spaltbart** - UN 2916; UN 2917; UN 3323.
- **Spaltbart, transport under særordning og UF₆** - UN 3324; UN 3325; UN 3326; UN 3327; UN 3333; UN 3328; UN 3329; UN 3330; UN 2919; UN 3331; UN 2977; UN 2978.

TABELL 5A: Fyll inn tabellen nedenfor med antall kolli mottatt av virksomheten deres i 2023 ved de ulike transportmåtene.

	Vei	Sjø	Vei + Jernbane	Vei + Luft	Vei + Sjø	Vei + Jernbane + Sjø	Vei + Sjø + Luft	Vei + Jernbane + Luft
Unntakskolli								
LSA og SCO								
Type A ikke-spaltbart								
Type B/C ikke-spaltbart								
Spaltbart, transport under særordning eller UF ₆								

Hvor mange forsendelser med klasse 7-kolli har deres virksomhet mottatt totalt i 2023?
(En forsendelse kan inneholde flere kolli):

DEL 6: TRANSPORTØR

Dere fyller ut del 6 bare hvis dere definerte dere som transportør i del 1. Hvis dere ikke er transportør, gå videre til del 7.

I tabellene skal dere kun telle transporter som foregår i Norge i 2023. Dersom deler av transporten er i utlandet (til utenlandsk mottaker), er det kun transportmåten i Norge som teller med.

Hvis dere ikke har data for hele 2023, vennligst oppgi tidsperioden for dataene som dere rapporterer i del 6:

Fra dato (dd/mm/åååå):

til dato (dd/mm/åååå):

I tillegg skal dere kun telle antall kolli som deres virksomhet frakter selv. For eksempel hvis virksomhet A frakter kolli på vei til en flyplass, og deretter utfører et flyselskap resten av transporten i luften, skal virksomhet A kun telle og rapportere antall kolli fraktet på vei.

Dersom deres virksomhet transporterer med flere transportmåter, oppgir dere antall kolli for hver enkelt transportmåte separat i tabell 6A. For eksempel hvis en virksomhet frakter 1 kolli på vei og deretter frakter den samme virksomheten kolliet til sjøs, rapporteres 1 kolli på vei og 1 kolli til sjøs.

NB! Eksempler på hvordan tabellen 6A fylles ut finner dere i del 3. Disse eksemplene bør dere sette dere inn i før dere fyller ut tabellen.

Ved utfylling av tabellene under grupperer vi de mulige UN-numrene på følgende måte:

- **Unntakskolli** - UN 2908; UN 2909; UN 2910; UN 2911; UN 3507.
- **LSA og SCO** - UN 2912; UN 3321; UN 3322; UN 2913.
- **Type A Ikke-spaltbart** - UN 2915; UN 3332.
- **Type B/C Ikke-spaltbart** - UN 2916; UN 2917; UN 3323.
- **Spaltbart, transport under særordning og UF₆** - UN 3324; UN 3325; UN 3326; UN 3327; UN 3333; UN 3328; UN 3329; UN 3330; UN 2919; UN 3331; UN 2977; UN 2978.

TABELL 6A: Fyll inn tabellen nedenfor med antall kolli transportert av virksomheten ved de ulike transportmåtene i 2023.

	Vei	Sjø	Jernbane	Luft
Unntakskolli				
LSA og SCO				
Type A ikke-spaltbart				
Type B/C ikke-spaltbart				
Spaltbart, transport under særordning eller UF ₆				

Hvor mange forsendelser med klasse 7-kolli har deres virksomhet fraktet totalt i 2023?
(En forsendelse kan inneholde flere kolli):

Hvis virksomheten deres transporterer radioaktivt materiale, brukte dere i 2023 elektriske kjøretøy?

☐ Ja ☐ Nei

Anslagsvis hvor stor andel av transportene dere utfører på vei, benytter elektriske kjøretøy?

DEL 7: ANDRE VIRKSOMHETER

TABELL 7A: Fyll inn tabellen nedenfor med informasjon om norske virksomheter som på én eller annen måte bidrar til transportaktivitetene som deres virksomhet er involvert i.

Virksomhetens navn	Virksomhetens adresse	Avsender	Mottaker	Transportør	Støtte-funksjon
		☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐
		☐	☐	☐	☐

DEL 8: ESTIMERTE DOSER

Oppgi antallet ansatte i virksomhetens deres som er involvert i transport av radioaktivt materiale:

TABELL 8A: Fyll inn tabellen nedenfor med antall ansatte i hver kategori ut fra hvor stor effektiv dose i mSv (milli-Sievert) de sannsynligvis mottar i løpet av ett år. Summen av antall ansatte i tabellen skal bli likt som antallet ansatte oppgitt i forrige spørsmål.

Effektiv dose	Mindre enn 1 mSv per år	Mellom 1 mSv og 6 mSv per år	Mer enn 6 mSv per år
Antall ansatte			

Hvordan overvåker virksomheten stråledosen til ansatte som er yrkeseksponerte som følge av transport av radioaktivt materiale (flere valg er mulig)?

- ☐ Persondosimeter
- ☐ Overvåking av arbeidsplassen/arbeidsoperasjoner ved hjelp av målinger
- ☐ Doseberegninger
- ☐ Kombinasjon av doseberegninger og målinger
- ☐ Utfører ingen overvåkning
- ☐ Annet (fyll inn):

Beskriv kort rutinene/prosedyrer til virksomheten deres for å overvåke eller vurdere stråledosen til ansatte som er yrkeseksponerte som følge av transport av radioaktivt materiale. (Hvis dere ikke vurderer det som nødvendig med rutiner/prosedyrer for doseovervåking, beskriver dere kort hvorfor ikke):

Dersom dere har estimert eller målt maksimal og gjennomsnittlig effektiv dose i mSv/år (milli-Sievert per år) til ansatte som er yrkeseksponerte som følge av transport av radioaktivt materiale, oppgi dette i tabellen nedenfor:

MAKSIMAL:	GJENNOMSNITTLIG:

KOMMENTARER

Har dere noen utfyllende opplysninger, tilbakemeldinger eller forslag? Vennligst skriv dem her:

Vedlegg II: Skjemaet benyttet under oppdrag [1] til [3]

Avreisested:

Ankomststed:

Omlastningssteder underveis:

Navn på sjåfør (eller identifikasjonsnummer):

Forsendelsesdato (dd/mm/åååå):

☐ F-18 ☐ Ge-68 ☐ Se-75 ☐ Mo-99 ☐ In-111

Radionuklider som er lastet i kjøretøyet:

☐ I-123 ☐ I-125 ☐ I-131 ☐ Lu-177 ☐ Ra-223

☐ Ra-224 ☐ Annen (spesifiser): _____

Er det skjerming mellom førerhuset og lasterom?

☐ Ja ☐ Nei

Type kjøretøy:

The diagram shows a side view of a vehicle with several measurement points indicated by boxes and lines. The vehicle has a red box labeled 'KOLL' on the side and a red box labeled 'KOLLI' on the top. The measurement points are as follows:

- Top (Overflaten):** Avlesning doserate (μSv/h) 1 m fra bilen: 2 m fra bilen:
- Left (Overflaten):** Avlesning doserate **når lasterom er lukket** (μSv/h) 1 m fra bilen: 2 m fra bilen:
- Right (Førerhus):** Avlesning doserate (μSv/h) Førerhus (setet til sjåfør på ryggnivå **etter lasting**):
- Bottom (Innvendig):** Avlesning doserate **når lasterom er åpent** (μSv/h) Innvendig ved lasteluke:
- Back (Bakgrunn):** Bakgrunn (nSv/h):

	Klokkeslett ved ankomst	Avlesning (μSv) ved ankomst <u>bryst</u>	Avlesning (μSv) ved ankomst <u>rygg</u>	Klokkeslett ved avgang	Avlesning (μSv) ved avgang <u>bryst</u>	Avlesning (μSv) ved avgang <u>rygg</u>	Avlesning ($\mu\text{Sv/t}$) ved avgang brystnivå	Avlesning ($\mu\text{Sv/t}$) ved avgang ryggnivå	Transport indeks i kjøretøyet etter avgang (summer av TI for hvert kolli)	Bakgrunnsnivå (nSv/t)
Avreisested:										
Omlastningssted 1:										
Omlastningssted 2:										
Omlastningssted 3:										
Omlastningssted 4:										
Omlastningssted 5:										
Endelig destinasjon:										

Vedlegg III: Skjemaet benyttet av sjåfører hos virksomhet A under oppdrag [a] til [h]

FØR AVREISE:

Navn på sjåfør (eller identifikasjonsnummer):	
Forsendelsdato (dd/mm/åååå)	
Er det skjerming mellom førerhuset og lasterommet?	☐ Ja ☐ Nei

MÅLINGER UNDER TRANSPORT UTFØRT AV SJÅFØRER

	Klokkeslett ved ankomst	Avlesning (µSV) ved ankomst <i>bryst</i>	Klokkeslett ved avgang (etter omlastning)	Avlesning (µSV) ved avgang <i>bryst</i>
Avreisested:(omlastningssted 1) _____				
Omlastningssted 2: _____				
Omlastningssted 3: _____				
Omlastningssted 4: _____				
Omlastningssted 5: _____				
Omlastningssted 6: _____				
Omlastningssted 7: _____				
Endelig destinasjon: _____				

(Vedlegge fraktedokumentene)

