

Risico Inventarisatie en evaluatie

Title of document : RIE 2025

Document number : TEAM-NL-SV-RIE

Revision : 00

Date : 06 May 2025

Amount of pages : 38

Prepared by	Released by
Name :  Title : Radiation Protection Expert	Name:  Title: Radiation Protection Expert
Signature : 	
Date : 06-05-2025	Date : 06-05-2025

Samenvatting

Bij Quality Inspection Services B.V. worden handelingen verricht met bronnen van ioniserende straling. Het gaat hierbij om handelingen met ingekapselde bronnen en röntgentoestellen ten behoeve van industriële radiografie.

De handelingen met bronnen van ioniserende straling bij Quality Inspection Services B.V. zijn generiek- en specifiek gerechtvaardigd.

Om aantoonbaar te maken dat de dosislimieten voor de werknemers van Quality Inspection Services B.V. als gevolg van de handelingen met bronnen van ioniserende straling niet overschreden worden, is een integrale analyse gemaakt voor de reguliere - en potentiële jaardosis en vindt een toetsing plaats of voldoende invulling is gegeven aan het ALARA-principe.

In de onderstaande tabel is per werknemer de reguliere - en potentiële jaardosis weergegeven waarbij, indien van toepassing, een onderscheid is gemaakt in de effectieve- en equivalente dosis.

Werknemer	Effectieve dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$]	Equivalente dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$]	
	Lichaam	Oog	Extremiteten
Radiograaf projectlocaties	$1,2 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$	$3,4 \cdot 10^4$
Radiograaf bunker	$1,7 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^3$	$6,9 \cdot 10^3$
Overige werknemers vaste locatie	$2,2 \cdot 10^2$	$2,2 \cdot 10^2$	$2,2 \cdot 10^2$
Interventie medewerker	$2,9 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^3$	$3,1 \cdot 10^4$

Op grond van de berekeningen is het noodzakelijk de radiografen in te delen als blootgestelde werknemer categorie A. Het is niet noodzakelijk de overige werknemers in te delen als blootgestelde werknemer categorie A of categorie B.

Op grond van de berekeningen is het noodzakelijk om de bunkers en de bergplaats op de vaste locatie van Quality Inspection Services B.V. en de stralingslocaties op de wisselende locaties in Nederland te delen als gecontroleerde zone.

Inhoud

Risico Inventarisatie en evaluatie	1
1 Algemeen	5
1.1 Inleiding	5
1.2 Literatuur	5
2 Rechtvaardiging	6
2.1 Ingekapselde bronnen	6
2.2 Toestellen	6
3 Wettelijke status	7
4 Risico-identificatie	8
4.1 Eigenschappen van de bronnen van ioniserende straling	8
4.1.1 Ingekapselde bronnen	8
4.1.2 Röntgentoestellen	8
4.1.3 Dosistempogegevens	9
4.1.4 Bergplaats	9
4.2 Handelingen met de bronnen van ioniserende straling	10
4.2.1 Ingekapselde bronnen	10
4.2.2 Röntgentoestellen	12
4.2.3 Overzicht van de handelingen	12
4.3 Locaties van de handelingen	13
4.4 Blootstellingspaden van ioniserende straling	13
4.5 Voorziene onbedoelde gebeurtenissen	13
4.5.1 Ingekapselde bronnen	13
4.5.2 Röntgentoestellen	14
4.5.3 Ingekapselde bronnen en röntgentoestellen	15
4.5.4 Overzicht voorziene onbedoelde gebeurtenissen	16
4.5.5 Stralingsincident, ongeval of radiologische noodsituatie	17
5 Omschrijving maatregelen tot beperking van de blootstelling	18
5.1 Maatregelen aan de bron	18
5.2 Maatregelen aan de werkplek	19
5.3 Organisatorische maatregelen	19
6 Bepaling van de blootstelling	20
6.1 Dosisberekeningen	20
6.1.1 Externe bestraling	20
6.1.2 Afschermingsfactoren	20
6.2 Dosis ten gevolge van de reguliere blootstelling	20
6.3 Dosis ten gevolge van de potentiële blootstelling	21
6.4 Dosis ten behoeve van zonering	23
7 Risico-evaluatie	24

7.1	Jaardosis voor de individuele werknemer	24
7.2	Identificatie en indeling van de individuele werknemer.....	25
7.3	Identificatie en indeling van ruimtes	25
8	Toetsing aan ALARA.....	26
8.1	Rechtvaardiging	26
8.2	Optimalisatie	26
8.3	Limitering	26
8.4	Dosisbeperking	26
Bijlage 1:	Overzicht vaste locatie Quality Inspection Services B.V.	27
Bijlage 2:	Uitwerkingen berekeningen reguliere blootstelling.....	28
Bijlage 3:	Uitwerkingen berekeningen potentiële blootstelling.....	34
Bijlage 4:	Uitwerking dosis bij interventie	35
Bijlage 5:	Uitwerking identificatie ruimten.....	37
Bijlage 6:	Wettelijke limieten.....	38

1 Algemeen

1.1 Inleiding

Bij Quality Inspection Services B.V. worden handelingen verricht met bronnen van ioniserende straling. Het gaat hierbij om handelingen met ingekapselde bronnen en röntgentoestellen ten behoeve van industriële radiografie binnen de eigen locaties en op wisselende locaties in geheel Nederland.

Om aantoonbaar te maken dat de dosislimieten voor de werknemers van Quality Inspection Services B.V. als gevolg van de handelingen met bronnen van ioniserende straling niet overschreden worden, is een integrale analyse gemaakt voor de reguliere - en potentiële jaardosis en vindt een toetsing plaats of voldoende invulling is gegeven aan het ALARA-principe.

De identificatie van het risico op blootstelling aan ioniserende straling, de bepaling van die blootstelling en de evaluatie van dat risico zijn in overeenstemming met Bijlage A van de Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018 vastgelegd in deze risico-inventarisatie en –evaluatie zoals bedoeld in artikel 7.6 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming en artikel 5 van de Arbeidsomstandighedenwet.

Deze risico-inventarisatie en –evaluatie (RI&E) is tot 5 jaar na of eerder dan de genoemde datum, indien er sprake is van gewijzigde werkmethoden of -omstandigheden of stand van de wetenschap, of dat de professionele dienstverlening daartoe aanleiding geeft.

1.2 Literatuur

1. Kernenergiewet (Kew)
2. Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs)
3. Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Rbs)
4. ANVS-verordening basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Vbs)
5. Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018 (Rsbb)
6. Arbeidsomstandighedenwet
7. Europese overeenkomst voor het internationale vervoer van gevaarlijke goederen over de weg (ADR)
8. IAEA Dangerous quantities of radioactive material (D-values) d.d. augustus 2006
9. Handboek radionucliden, [REDACTED] ISBN 90-75441-02-3
10. Inleiding tot de stralingshygiëne, [REDACTED] ISBN 978 90 12 11 905 4
11. Sentinel™ 880 series, Gamma-Ray source projector & Transport container, QSA Global
12. Oserix, Gamma-Ray source projector
12. British Standard 4094: Recommendation for Data on Shielding from Ionizing Radiation.
 - Part 1. Shielding from gamma radiation, 1966.
 - Part 2. Shielding from X-radiation, 1971

2 Rechtvaardiging

2.1 Ingekapselde bronnen

Er worden handelingen verricht met ingekapselde bronnen ten behoeve van industriële radiografie. Voor deze handelingen is een generieke rechtvaardiging vastgelegd in bijlage 2.1 van de Rbs:

Categorie	Omschrijving
I.A.4	Niet destructief onderzoek (NDO)
I.A.5	Afscherming of ballast met behulp van verarmd uranium

Voor deze handelingen is een specifieke rechtvaardiging vastgelegd:

Voor de handelingen zijn geen alternatieven beschikbaar waarmee eenzelfde of beter resultaat behaald kan worden. De voordelen die de handelingen met zich meebrengen wegen op tegen de potentiële schade voor mens en milieu.

2.2 Toestellen

Er worden handelingen verricht met röntgentoestellen ten behoeve industriële radiografie. Voor deze handelingen is een generieke rechtvaardiging vastgelegd in bijlage 2.1 van de Rbs:

Categorie	Omschrijving
I.C.2	Doorlichten van objecten m.b.v. ioniserende straling

Voor deze handelingen is een specifieke rechtvaardiging vastgelegd:

Voor de handelingen zijn geen alternatieven beschikbaar waarmee eenzelfde of beter resultaat behaald kan worden. De voordelen die de handelingen met zich meebrengen wegen op tegen de potentiële schade voor mens en milieu.

3 Wettelijke status

De handelingen die bij Quality Inspection Services B.V. worden uitgevoerd vallen conform, artikel 3.8 van het Bbs, onder de volgende categorie van vergunningplichtige handelingen:

3.8 tweede lid: Handelingen met een toestel of versneller.

- b. handelingen met een toestel voor industriële radiografie;

3.8 derde lid: Handelingen met radioactieve stoffen.

- d. handelingen met radioactieve stoffen voor industriële radiografie;
- g. handelingen met een hoogactieve bron;

De handelingen bij Quality Inspection Services B.V. hebben betrekking op handelingen waarvoor een vergunningplicht geldt.

4 Risico-identificatie

4.1 Eigenschappen van de bronnen van ioniserende straling

In dit hoofdstuk staan de aanwezige bronnen van ioniserende straling en de specifieke eigenschappen van de bronnen van ioniserende straling omschreven.

4.1.1 Ingekapselfe bronnen

Aantal	Nuclide	Max. activiteit per bron [TBq]	Bronhouder	Transport-index TI per bron	Toepassing	Locatie
5	Ir-192	3	880 Delta / Dual120	1,0	NDO	Vaste locaties QIS: bunkers en bergplaats
10	Se-75	3	880 Delta / RID-4SeP	0,5	NDO	Wisselende locaties in Nederland

De meest relevante uitgezonden straling, met de maximale energie voor gammastraling en gemiddelde energie voor bètastraling, per desintegratie (becquerel):

Selenium-75 (Se-75):

Bèta 96 keV (99,9 %)

Gamma 121 keV (17,7 %)
136 keV (60,6 %)
265 keV (59,4 %)
280 keV (25,2 %)

Halfwaardetijd 119,76 dagen

Bronconstante $0,072 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

Iridium-192 (Ir-192):

161 keV (41,5 %)

209 keV (48,1 %)

206 keV (3,3 %)

296 keV (29,0 %)

308 keV (29,7 %)

316 keV (82,8 %)

468 keV (47,8 %)

485 keV (3,2 %)

604 keV (8,2 %)

73,83 dagen

$0,139 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

4.1.2 Röntgentoestellen

Aantal	Merk	Max. hoogspanning	Max. buisstroom	Buistype	Toepassing	Locatie
9	Divers	300 kV	5 mA	Directioneel/ panoramisch	NDO	Vaste locaties QIS: bunkers en opslag Wisselende locaties in Nederland

4.1.3 Dosistempogegevens

Bronhouder Sentinel 880 Delta⁽¹⁾ / bron Se-75 3 TBq		
Meetpunt	Omschrijving	Dosistempo
1	Primaire bundel op 1m afstand [ref. 11]	165 mSv/uur
2	Stroostraling tijdens opnamen op 1m afstand, max. 5%	8,2 mSv/uur
3	Op 1m afstand van de bronhouder ⁽²⁾	5,0 µSv/uur
4	Ter plaatse van de afzetting op locaties ⁽³⁾	10 µSv/uur

Bronhouder Sentinel 880 Delta⁽¹⁾ / bron Ir-192 3 TBq		
Meetpunt	Omschrijving	Dosistempo
1	Primaire bundel op 1m afstand [ref. 11]	389 mSv/uur
2	Stroostraling tijdens opnamen op 1m afstand, max. 5%	19 mSv/uur
3	Op 1m afstand van de bronhouder ⁽²⁾	10 µSv/uur
4	Ter plaatse van de afzetting op locaties ⁽³⁾	10 µSv/uur

Toestel 300 kV / 5mA		
Meetpunt	Omschrijving	Dosistempo
1	Primaire bundel op 1m afstand [ref. 12] ⁽⁴⁾	7,4 Sv/uur
2	Stroostraling tijdens opnamen op 1m afstand, max. 5%	370 mSv/uur
3	Ter plaatse van de afzetting op locatie ⁽³⁾	10 µSv/uur

Opmerkingen:

- (1): De toegepaste bronhouders bevatten verarmd uranium. De door de fabrikant opgegeven waarden van de bronhouders zijn voor de 880 Delta 15,6 kg verarmd Uranium met een totale activiteit van 200 MBq per bronhouder.
Het dosistempo ten gevolge van de aanwezigheid van verarmd uranium is in de vermelde transportindex en daarmee het dosistempo op 1 meter van de bronhouders inbegrepen. Voor het verarmd uranium worden dan ook geen afzonderlijke berekeningen uitgevoerd.
- (2): Deze afstand wordt voor de berekeningen nog gecorrigeerd met de inwendige afstand tot de bron van straling. Voor de berekeningen wordt aangenomen dat deze afstand 10 cm bedraagt.
- (3): Normaliter is het dosistempo op een afzetting maximaal 10 µSv/uur. Indien dit, ook na aanvullende afschermingsmaatregelen, niet realiseerbaar is mag onder voorwaarden en na toestemming van de stralingsbeschermingsdeskundige hiervan worden afgeweken tot een maximum dosistempo van 40 µSv/uur.
- (4): Uitgaande van het gebruik van een Cu-filter met een dikte van 0,5 mm.

4.1.4 Bergplaats

Het dosistempo op 0,1 m van het bereikbare oppervlak van een bergplaats mag wettelijk gezien 1 µSv/uur bedragen. Voor het berekenen van de dosis zal deze waarde worden gehanteerd.

4.2 Handelingen met de bronnen van ioniserende straling

De gegevens betreffende de handelingen zijn afkomstig van Quality Inspection Services B.V. en geordend door de stralingsbeschermingsdeskundige. Tenzij anders vermeld wordt voor de dosisberekeningen uitgegaan van [REDACTED] werkbare uren per kalenderjaar of 50 werkweken van 5 dagen per week en 8 uur per dag en wordt aangenomen dat eenzelfde werknemer gedurende het gehele kalenderjaar alle handelingen uitvoert.

4.2.1 Ingekapselde bronnen

Bij Quality Inspection Services B.V. worden de volgende handelingen met de ingekapselde bronnen uitgevoerd. Het betreft:

H1: Handelingen met ingekapselde bronnen t.b.v. radiografie op projectlocaties

H2: Handelingen met ingekapselde bronnen t.b.v. radiografie in de bunkers

H3: Handelingen met ingekapselde bronnen t.b.v. opslag

Handeling H1 – Handelingen met ingekapselde bronnen t.b.v. radiografie op projectlocaties

Op projectlocaties wordt in 80 % van de gevallen gebruik gemaakt van de Se-75 bronnen. Voor de berekeningen wordt uitgegaan van Ir-192 (overschatting).

Handeling H1a – Overbrengen bron van bergplaats naar auto

[REDACTED]
[REDACTED], waarbij het lichaam zich op 1 meter afstand van de bronhouder en de handen zich ter plaatse van het handvat (op 15 cm afstand) van de bronhouder bevinden.

Handeling H1b – Vervoer van de bron naar de projectlocatie vv.

De radiograaf vervoert [REDACTED]
[REDACTED], waarbij het lichaam zich op minimaal 3 meter afstand van de bronhouder bevindt.

Handeling H1c – Vervoer van de bron op de projectlocatie

Ten behoeve van het maken van verschillende opnamen op diverse punten op de projectlocatie wordt de bron dagelijks gedurende 1 uur door de radiograaf vervoert over de projectlocatie. De radiograaf bevindt zich dan op 1 meter afstand van de bronhouder.

Handeling H1d – Maken opstelling

De radiograaf maakt 2 keer per dag een opstelling ten behoeve van het maken van opnamen bij de klant. Voor het maken van de opstelling en het aankoppelen van de slangen bevindt de radiograaf zich gedurende 3 minuten op 0,4 meter afstand van de bronhouder. De handen bevinden zich ter plaatse van het handvat van de bronhouder.

Handeling H1e – Maken van een opname

Dagelijks maakt de radiograaf [REDACTED] opnamen. Hiertoe wordt de bron door de trekduwslang uit de bronhouder gedraaid, de opname gemaakt en na afloop van de opname wordt de bron weer de bronhouder ingedraaid. Deze handeling duurt in totaal [REDACTED] minuten waarbij de radiograaf op projectlocaties zich ter plaatse van de afzetting bevindt. Voor de berekeningen wordt er van uitgegaan dat de gecontroleerde zone op 12 meter afstand rondom de bron van straling ingesteld dient te worden.

Handeling H1f – Ontmantelen van de opstelling

Na afloop van de opname(n) ontmantelt de radiograaf de opstelling. Tijdens de ontmanteling is de radiograaf gedurende 1 minuut op 40 cm afstand van de bronhouder waarbij de handen zich ter plaatse van het handvat van de bronhouder bevinden.

Handeling H1g – Overbrengen van de bron naar de auto

Vervolgens brengt de radiograaf de bron weer terug naar de auto en sjoert de bron vast in de auto. Deze handeling duurt 2 minuten per keer waarbij het lichaam zich op 1 meter afstand van de bronhouder en de handen zich ter plaatse van het handvat (op 15 cm afstand) van de bronhouder bevinden.

Het vervoer van de bron terug naar de vaste locatie van Quality Inspection Services B.V. is inbegrepen en aangegeven bij handeling H1b.

Overige werknemers zullen normaliter tijdens de handelingen op de projectlocaties niet aanwezig zijn. Werknemers van andere bedrijven zijn leden van de bevolking en worden in deze risico inventarisatie en evaluatie niet meegenomen.

Handeling H2 – Handelingen met ingekapselde bronnen t.b.v. radiografie in de bunkers

In de bunkers wordt in 75 % van de gevallen gebruik gemaakt van de Se-75 bronnen. Voor de berekeningen wordt uitgegaan van Ir-192 (overschatting).

Handeling H2a – Maken opstelling

De radiograaf maakt dagelijks een opstelling ten behoeve van het maken van opnamen. Voor het uit de bergplaats halen van de bron, het maken van de opstelling en het aankoppelen van de slangen bevindt de radiograaf zich gedurende 3 minuten op 0,4 meter afstand van de bronhouder. De handen bevinden zich ter plaatse van het handvat van de bronhouder.

Handeling H2b – Maken van een opname

Dagelijks maakt de radiograaf ■ opnamen. Hiertoe wordt de bron door de trekduwslang uit de bronhouder gedraaid, de opname gemaakt en na afloop van de opname wordt de bron weer de bronhouder ingedraaid. Deze handeling duurt in totaal 4 minuten waarbij de radiograaf zich op een plek ten opzichte van de bunker bevindt zoals aangegeven op de plattegrond in bijlage 1. De afstand van de radiograaf tot de bron van straling is tijdens de opname 12 meter. Voor die posities wordt het stralingsniveau berekend aan de hand van de transmissiegegevens van de toegepaste materialen.

Handeling H2c– Ontmantelen van de opstelling

Na afloop van de opname(n) ontmantelt de radiograaf de opstelling. Tijdens de ontmanteling is de radiograaf gedurende 1 minuut op 40 cm afstand van de bronhouder waarbij de handen zich ter plaatse van het handvat van de bronhouder bevinden.

Handeling H2d – Overbrengen van de bron naar de bergplaats

Vervolgens brengt de radiograaf de bron weer terug naar de bergplaats. Deze handeling duurt 1 minuut per keer waarbij het lichaam zich op 1 meter afstand van de bronhouder en de handen zich ter plaatse van het handvat (op 15 cm afstand) van de bronhouder bevinden.

Handeling H2e – Verblijf in de omgeving van de bron

Overige werknemers bevinden zich gedurende de handelingen op minimaal 5 meter afstand van de bunkers (10 meter van de bron van straling). De overige werknemers worden hoofdzakelijk blootgesteld aan de opgewekte stroostraling (via de grote schuifdeur).

Handeling H3 – Handelingen met ingekapselde bronnen t.b.v. opslag

Handeling H3a – Opslag van de bron in de bergplaats

De radiograaf en overige werknemers bevinden zich gedurende de gehele werktijd op minimaal 5 meter afstand van de bergplaats voor radioactieve stoffen.

4.2.2 Röntgentoestellen

Bij Quality Inspection Services B.V. worden de volgende handelingen met de röntgentoestellen uitgevoerd.

Handeling H4 – Handelingen met röntgentoestellen t.b.v. radiografie in de bunkers

Handeling H4a – Maken van een opname

Dagelijks maakt de radiograaf opnamen. De belichtingstijd per opname is 0,75 minuut. De radiograaf bevindt zich tijdens de opnamen op een plek ten opzichte van de bunker bevindt zoals aangegeven op de plattegrond in bijlage 1. De afstand van de radiograaf tot de bron van straling is tijdens de opname 5 meter. Voor die posities wordt het stralingsniveau berekend aan de hand van de transmissiegegevens van de toegepaste materialen.

Handeling H4b – Verblijf in de omgeving van de toestel

Overige werknemers bevinden zich gedurende de opnamen met het toestel op minimaal 5 meter afstand van de bunkers (10 meter van de bron van straling). De overige werknemers worden hoofdzakelijk blootgesteld aan de opgewekte stroostraling (via de grote schuifdeur).

4.2.3 Overzicht van de handelingen

In de onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van alle handelingen bij Quality Inspection Services B.V.

Handeling	Werknemer	Bron	Werkduur per keer in [uren]	Frequentie per	Afstand tot bron in [m]	
					lichaam	extremiteite
H1a Overbrengen bron van bergplaats naar auto	Radiograaf veld	Ir-192/Se-75	0,017	250	1,1	0,15
H1b Vervoer bron naar projectlocatie vv.			4	250	3,1	3,1
H1c Vervoer bron op de projectlocatie			1	250	1,1	1,1
H1d Maken opstelling			0,05	500	0,5	0,15
H1e Maken van een opname			0,083	7500	12	12
H1f Ontmantelen van de opstelling			0,017	500	0,5	0,15
H1g Overbrengen bron naar de auto			0,033	250	1,1	0,15
H2a Maken opstelling	Radiograaf bunker	Ir-192/Se-75	0,05	150	0,5	0,15
H2b Maken van een opname			0,067	12500	12	12
H2c Ontmantelen van de opstelling			0,017	250	0,5	0,15
H2d Overbrengen van de bron naar de			0,017	150	1,1	0,15
H2e Verblijf in de omgeving van de bron	Overige	Ir-192/Se-75	0,067	3000	10	10
H3a Opslag bron in de bergplaats	Radiograaf bunker /	Ir-192/Se-75	8	250	5	5
H4a Maken van een opname	Radiograaf bunker	Toestel 300 kV	0,013	50000	5	5
H4b Verblijf in de omgeving van het toestel	Overige	/	0,013	50000	10	10

4.3 Locaties van de handelingen

De handelingen vinden plaats binnen de locatie van Quality Inspection Services B.V. gelegen aan Kuisel 11 te Roosendaal en op wisselende locaties door geheel Nederland.

4.4 Blootstellingspaden van ioniserende straling

De handelingen worden verricht met ingekapselde bronnen en röntgentoestellen. Het blootstellingspad voor de reguliere handelingen is externe bestraling. De blootstellingspaden huidbesmetting, ingestie en inhalatie zijn niet aan de orde.

4.5 Voorziene onbedoelde gebeurtenissen

Omdat het ondanks de getroffen maatregelen mogelijk is om een dosis op te lopen zijn de onderstaande voorziene onbedoelde gebeurtenissen vastgelegd.

4.5.1 Ingekapselde bronnen

Gebeurtenis G1 - Opslag van een bron op een onveilige manier

Binnen dit scenario wordt verondersteld dat de radiograaf de bron in de bronhouder opslaat/stand-by houdt op een plaats die daar niet voor bedoeld is, een onveilige en eenvoudig toegankelijke ruimte. Bijvoorbeeld, de opslag van radioactieve bronnen (illegaal) in een geparkeerd voertuig, of in een ruimte die niet behoorlijk is afgeschermd of afgezet.

Personen die in verband met werkzaamheden in de nabijheid van de bron moeten zijn, kunnen hierdoor worden blootgesteld aan een hoger dosistempo.

Genomen maatregelen voor gebeurtenis G1:

Er is een werkinstructie voor deze handeling aanwezig.

De veilige manier van opslag van radioactieve bronnen dient aantoonbaar gemaakt te worden aan de hand van de gevoerde administratie.

Resterende blootstelling na de genomen maatregelen bij gebeurtenis G1:

De maximale duur van een dergelijke handeling, na genomen maatregelen, wordt geschat op 8 uur, waarbij de werknemer zich op 3 meter afstand van de bron in de bronhouder bevindt.

Gebeurtenis G2 - Het benaderen van de bron als deze niet geheel is teruggedraaid

Het is mogelijk dat de bron net voor de container blijft hangen doordat de uitlooslang niet recht achter de container ligt. De radiograaf bemerkt dit in eerste instantie niet, waardoor hij dichterbij de niet afgeschermd bron komt dan gebruikelijk. De radiograaf wordt hierdoor blootgesteld aan een hoger dosistempo.

Genomen maatregelen voor gebeurtenis G2:

Er is een werkinstructie voor deze handeling aanwezig.

Men dient een werkvergunning te hebben voor deze werkzaamheden.

De radiograaf neemt een dosismeter mee, ter controle van het dosistempo aan de grenzen van de bunker/de gecontroleerde zone, zodat de radiograaf bij het benaderen snel merkt dat het dosistempo te hoog is.

Resterende blootstelling na de genomen maatregelen bij gebeurtenis G2:
De maximale duur van een dergelijke handeling, na genomen maatregelen, wordt geschat op maximaal 5 seconden. Er wordt uitgegaan van een afstand van minimaal 1 meter tot de bron.

Gebeurtenis G3 - Het verwisselen van de film als de bron niet geheel is teruggedraaid

Het is mogelijk dat de radiograaf de film gaat verwisselen terwijl de bron net voor de container is blijven hangen, doordat de uitloopslang niet recht achter de container ligt. De radiograaf bemerkt dit in eerste instantie niet, waardoor hij dichterbij de niet afgeschermd bron komt dan gebruikelijk. De radiograaf wordt hierdoor blootgesteld aan een hoger dosistempo.

Genomen maatregelen voor gebeurtenis G3:

Er is een werkinstructie voor deze handeling aanwezig.

Men dient een werkvergunning te hebben voor deze werkzaamheden.

De radiograaf neemt een dosismeter mee, ter controle van het dosistempo aan de grenzen van de bunker/de gecontroleerde zone, zodat de radiograaf bij het benaderen snel merkt dat het dosistempo te hoog is.

Resterende blootstelling na de genomen maatregelen bij gebeurtenis G3:

Het verwisselen van de film duurt maximaal 1 minuut. Voor het verwisselen van de film verblijft de radiograaf op een grotere afstand van de bron (dan bij G2), waardoor deze later bemerkt dat het dosistempo hoger is. De maximale duur van een dergelijke handeling, na genomen maatregelen, wordt geschat op maximaal 20 seconden waarbij de radiograaf zich op een afstand van 1,5 meter tot de bron bevindt.

4.5.2 Röntgentoestellen

Gebeurtenis G4 - De grote deur van de bunker blijft tijdens een opname open staan

Binnen dit scenario wordt verondersteld dat de grote deur van de bunker tijdens een opname open blijft staan. Hierdoor wordt voornamelijk de tijdens de opname veroorzaakte strooi-straling niet of nauwelijks afgeschermd waardoor werknemers, voornamelijk overige werknemers in belendende werkgebieden, blootgesteld worden aan een significant hoger dosistempo.

Genomen maatregelen voor gebeurtenis G4:

Er is een werkinstructie voor deze handeling aanwezig.

Men dient een werkvergunning te hebben voor deze werkzaamheden.

De schuifdeuren van de bunkers zijn voorzien van faciliteiten die er voor zorgen dat de deuren tijdens opnamen niet van buitenaf geopend kunnen worden.

De radiograaf neemt een dosismeter mee, ter controle van het dosistempo aan de grenzen van de bunker/de gecontroleerde zone, zodat de radiograaf na constatering binnen enkele minuten de opname kan beëindigen.

Resterende blootstelling na de genomen maatregelen bij gebeurtenis G4:

De maximale duur van een dergelijke handeling, na genomen maatregelen, wordt geschat op maximaal 1 minuut. Er wordt uitgegaan van een afstand van minimaal 10 meter (de minimale reguliere werkafstand van overige werknemers) tot de bron. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de totale lichaamsdosis, de ooglensdosis en de hand/huiddosis.

4.5.3 Ingekapselde bronnen en röntgentoestellen

Gebeurtenis G5 - Dosistempo te hoog aan de grenzen van de gecontroleerde zone

Binnen dit scenario wordt verondersteld dat de vooraf bepaalde afmetingen van de gecontroleerde zone te klein zijn, waardoor aan de grenzen van de gecontroleerde zone een dosistempo veroorzaakt wordt dat hoger kan zijn dan 10 µSv/h.

Hierdoor kunnen werknemers in de belerende werkgebieden en radiografen blootgesteld worden aan een significant hoger dosistempo.

Genomen maatregelen voor gebeurtenis G5:

Er is een werkinstructie voor deze handeling aanwezig.

Men dient een werkvergunning te hebben voor deze werkzaamheden.

De radiograaf neemt een dosimeter mee, ter controle van het dosistempo aan de grenzen van de bunker/de gecontroleerde zone, zodat de radiograaf na constatering binnen enkele minuten de opname kan beëindigen.

Resterende blootstelling na de genomen maatregelen bij gebeurtenis G5:

De maximale duur van een dergelijke handeling, na genomen maatregelen, wordt geschat op maximaal ½ uur (ongeveer de maximale opnametijd). Er wordt uitgegaan van een gecontroleerde zone van 15 meter tot de bron met een dosistempo dat 4 keer hoger is als toegestaan. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de totale lichaamsdosis, de ooglensdosis en de hand/huiddosis.

Gebeurtenis G6 - Een persoon betreedt de gecontroleerde zone zonder toestemming

Binnen dit scenario wordt verondersteld dat een persoon ontsnapt aan de aandacht van de radiograaf en daardoor de gecontroleerde zone zonder toestemming betreedt, hetzij om een voorwerp binnen de zone te pakken, hetzij om een alternatieve route naar een andere werklocatie te nemen.

Genomen maatregelen voor gebeurtenis G6:

Er is een werkinstructie voor deze handeling aanwezig.

De radiograaf houdt toezicht op de toegang tot de gecontroleerde zone.

Men dient een werkvergunning te hebben voor deze werkzaamheden.

Resterende blootstelling na de genomen maatregelen bij gebeurtenis G6:

De maximale duur van een dergelijke handeling, na genomen maatregelen, wordt geschat op maximaal 1 minuut, waarbij de persoon op 2 meter afstand van de bron passeert. Voor de berekeningen wordt uitgegaan van blootstelling aan de primaire bundel die afgeschermd wordt door het product. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de totale lichaamsdosis, de ooglensdosis en de hand/huiddosis.

Gebeurtenis G7 - Overlappende gecontroleerde zones

Binnen dit scenario wordt verondersteld dat meerdere ploegen radiografen, zonder afstemming, gecontroleerde zones hebben ingesteld die elkaar overlappen. In deze situatie is het mogelijk dat de radiografen een andere gecontroleerde zone betreden of onwetend deel uitmaken van een andere gecontroleerde zone (bijv. bij diverse verdiepingen in een gebouw). In deze situatie kunnen de radiografen blootgesteld worden aan hoge dosistempowaarden m.n. als ze zich boven of onder de te onderzoeken objecten bevinden.

Genomen maatregelen voor gebeurtenis G7:

Er is een werkinstructie voor deze handeling aanwezig.

Men dient een werkvergunning te hebben voor deze werkzaamheden.

De radiograaf neemt een dosimeter mee, wanneer deze handelingen uitgevoerd worden, zodat de radiograaf binnen enkele minuten de gecontroleerde zone kan verlaten. Hiermee wordt de tijdsduur aanzienlijk verkort.

Resterende blootstelling na de genomen maatregelen bij gebeurtenis G7:

De maximale duur van een dergelijke handeling, na genomen maatregelen, wordt geschat op maximaal ½ minuut, waarbij de persoon op 3 meter afstand van de bron verkeert. Voor de berekeningen wordt uitgegaan van blootstelling aan de strooistraling. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de totale lichaamsdosis, de ooglensdosis en de hand/huiddosis.

Gebeurtenis G8 – Vastgelopen/losse bron

Binnen dit scenario wordt verondersteld dat een bron is uitgedraaid in de voorloopslang maar niet op correcte manier terug in de container gebracht kan worden. Dit kan gebeuren doordat de voorloopslang ingeklemd is door een object, of door een disconnect van de source assembly aan de drive cable.

Genomen maatregelen voor gebeurtenis G8:

Broncontainer en equipment wordt jaarlijks onderhouden.

Er is een werkinstructie voor deze handeling aanwezig.

Alleen bevoegd personeel mag handelingen verrichten bij een retrieval.

Bevoegd personeel is getraind door fabrikant.

Jaarlijks heeft bevoegd personeel een interne training.

Er is een retrieval kit aanwezig (noodhulpmiddelen).

Dosimetrie en logboekcontrole na afloop.

Communicatie met ANVS bij falen procedure.

Resterende blootstelling na de genomen maatregelen bij gebeurtenis G8:

Het probleem vaststellen gebeurt op een afstand van 12 meter voor een periode van 1 minuut. Het lokaliseren van de bron duurt 2 minuten en gebeurt op een afstand van 4 meter. Afscherming plaatsen duurt 30 seconden op een afstand van 50 cm. Extremiteten is 10cm voor 15 seconden. De reparatie duurt 5 minuten en gebeurt op een afstand van 1m, door afscherming een dosistempo van 50µSv/h. Het ontmantelen is een normale handeling zoals H1f.

4.5.4 Overzicht voorziene onbedoelde gebeurtenissen

In de onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de voorziene onbedoelde gebeurtenissen bij Quality Inspection Services B.V.

Gebeurtenis	Werknemer	Werkduur per keer in [uren]	Frequentie per jaar	Afstand tot bron in [m]	
				lichaam	extremiteten
G1 Opslag bron op onveilige manier	Radiograaf /	8,000	2	3,0	3,0
G2 Benaderen bron die niet geheel is teruggedraaid	Radiograaf	0,0014	5	1,0	1,0
G3 Verwisselen film als bron niet (geheel) is teruggedraaid	Radiograaf	0,0056	< 1	1,5	1,5
G4 Grote deur bunker is open tijdens een opname	Radiograaf / Overige	0,017	10	10	10
G5 Dosistempo te hoog aan grenzen gecontroleerde zoe	Radiograaf /	0,5	2	5,0	5,0
G6 Betreden gecontroleerde zone zonder toestemming	Overige	0,017	< 1	2,0	2,0
G7 Overlappende gecontroleerde zones	Radiograaf	0,0083	1	3,0	3,0
G8 Vastgelopen bron / losgekoppelde bron	Retrieval		< 1		

4.5.5 Stralingsincident, ongeval of radiologische noodsituatie

De te voorziene ongewenste gebeurtenissen zijn nog uit te breiden met storingen en incidenten die de radiograaf niet zelf op kan lossen. Voor deze gebeurtenissen dient de radiograaf dit te melden bij een hogere deskundige van Quality Inspection Services B.V., in eerste instantie een van de aangewezen en gemandateerde toezichthoudend medewerkers stralingsbescherming / stralingsbeschermingsdeskundige.

De radiografen worden wel ingezet om assistentie te verlenen. Indien dit gecontroleerd gebeurt, zal de dosis ten gevolge van de hiervoor genoemde beschreven gebeurtenissen lager zijn.

De volgende storingen en incidenten zijn bij Quality Inspection Services B.V. niet eerder opgetreden:

- Lekke broncapsule;
- De container is gevallen en de bron komt vrij.

Blootstellingssituaties die niet onder de reguliere handelingen en/of voorziene onbedoelde gebeurtenissen vallen worden gezien als een incident.

Bij een stralingsincident worden direct zodanige maatregelen getroffen, dat (verdergaande) besmetting en/of blootstelling van personen wordt tegengegaan.

Een stralingsincident, ongeval of radiologische noodsituatie wordt direct gemeld bij: het Meld- en informatiecentrum (088-4890500), dat 24 uur per bereikbaar is. Meldingen kunnen ook via de volgende website worden gedaan: <http://www.autoriteitnvs.nl/aanvragen-en-melden/melden-van-incident>

Een overmatige bestraling of een besmetting wordt binnen 24 uur gemeld aan Nederlandse Arbeidsinspectie (0800-5151).

5 Omschrijving maatregelen tot beperking van de blootstelling

Om de reguliere- en potentiële blootstelling zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te beperken zijn bij Quality Inspection Services B.V. de volgende maatregelen getroffen.

5.1 Maatregelen aan de bron

De constructie van de bronhouder met de ingekapselde radioactieve stoffen is van dien aard dat de stralingsbelasting naar de omgeving zo laag als redelijkerwijs mogelijk is. Deze voldoen aan de ISO 3999 norm.

De bronhouders zijn voorzien van een slot. Hierdoor kan de vergrendeling gesloten blijven wanneer er niet mee gewerkt wordt.

Er is een indicatie op het sluitmechanisme aanwezig om te zien of het venster van de bronhouder open of dicht staat.

De constructie van alle ingekapselde bronnen voldoet aan de eisen gesteld in de internationale norm ISO 2919:1999.

De broncapsules bevinden zich normaliter in de S-kanalen van de bronhouders en kunnen door middel van aangekoppelde slangen van en naar de opstelling worden gedraaid. De constructie van de bronhouder en de uitdraaislangen is zodanig dat een potentieel lek beperkt zal zijn tot het inwendige van de S-kanalen, koppelingen en de uitdraaislangen. Hierdoor zal een dosisbelasting voor de radiografen als gevolg van huidbesmetting en ingestie zoveel mogelijk worden beperkt.

Door het uitvoeren van jaarlijkse lekcontroles zal het begin van een potentiële besmetting "snel" worden opgemerkt en in omvang worden beperkt. Indien een besmetting aan de buitenzijde van de bronhouder wordt opgemerkt zal dit als incident gemeld worden.

De bediening van de röntgentoestellen is voorzien van een sleutel/noodstop die de bron van ioniserende straling kan in- en uitschakelen. Tevens is een indicatie op de röntgentoestellen aanwezig om te zien of het toestel wel of niet is ingeschakeld.

De primaire bundel is/wordt dusdanig afgeschermd dat het niet mogelijk is om met de extremiteiten de primaire bundel te bereiken.

Wanneer de bronnen en toestellen niet in gebruik zijn worden deze in een afgesloten bergplaats/opslag opgeslagen op de vaste locatie van Quality Inspection Services B.V.

Om de lekstraling naar de omgeving zoveel mogelijk te beperken worden tijdens de opnamen de bronnen toegepast in collimators. De toestellen zijn voorzien van een afscherming

5.2 Maatregelen aan de werkplek

Op de bronnen en toestellen zijn waarschuwingssymbolen aangebracht.

Jaarlijks vindt een controle van de bronnen en toestellen plaats op een deugdelijke werking plaats. Daarbij worden de afscherming en de stralingsniveaus op diverse posities rondom de bron gecontroleerd.

De bunker op de vaste locatie van Quality Inspection Services B.V. en de delen van de projectlocaties door heel Nederland waar opnamen gemaakt worden, zijn ingedeeld als gecontroleerde zones. Bij de toegang tot een gecontroleerde zone zijn waarschuwingssymbolen aangebracht. Tevens is er toezicht op de toegangen om ongewenste betreding van deze zones te voorkomen.

Handelingen met de bronnen van straling in een vrij stralende positie worden uitgevoerd door of onder direct toezicht van een radiograaf met het diploma toezichthoudend medewerker stralingsbescherming of vergelijkbaar.

5.3 Organisatorische maatregelen

De radiografen die de handelingen uitvoeren in de bunkers zijn opgeleid tot toezichthoudend medewerker stralingsbescherming. De handelingen op de projectlocaties worden uitgevoerd in ploegen van in ieder geval 2 radiografen, waarvan te allen tijde één radiograaf is opgeleid tot TMS.

Aan alle werknemers die met de bron werken, worden instructies verstrekt. Deze zijn toegespitst op de te verrichten handelingen en op de werkplek. Dit geldt voor werknemers die de handeling uitvoeren en voor werknemers die daarbij betrokken zijn en voor werknemers die door de handelingen kunnen worden blootgesteld. Hiervoor dient door de werknemer te worden getekend voor ontvangst en begrepen. De registratie hiervan wordt in een Kernenergiewet dossier opgeslagen.

Medewerkers die de handelingen met de bron uitvoeren zijn voorzien van een persoonlijk dosiscontrolemiddel van een erkende dosimetriedienst.

Tijdens het vervoer worden de bronhouders met de bron vastgezet, waarbij een afstand van de bron tot aan de bestuurder zo groot als redelijkerwijs mogelijk is.

Quality Inspection Services B.V. heeft een opgeleide en gemandateerde toezichthoudend medewerker stralingsbescherming in dienst die ook de functie van geregistreerde stralingsdeskundige vervult.

Voor het gebruik van de bronnen van ioniserende straling op zowel de vaste locatie van Quality Inspection Services B.V. als de projectlocaties wordt een administratie bijgehouden met betrekking tot het aantal handelingen, de betrokken personen en de locatie van de handelingen. De registratie hiervan wordt in een Kernenergiewetdossier opgeslagen.

6 Bepaling van de blootstelling

6.1 Dosisberekeningen

De dosis als gevolg van de reguliere- en potentiële blootstelling worden bepaald aan de hand van de formules in dit hoofdstuk. De blootstellingspaden worden per bron (nuclide/toestel/etc.) bepaald en wanneer nodig gesommeerd.

6.1.1 Externe bestraling

De dosis als gevolg van externe bestraling wordt berekend aan de hand van de onderstaande formule:

$$E_{\text{extern}} = H_{(10)}^* \cdot t_x \cdot f_x \cdot T \cdot \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

Waarbij:

$H_{(10)}^*$	Omgevingsdosisequivalenttempo op punt r_1 in μSv per uur
t_x	Tijdsduur per handeling in uur
f_x	Frequentie van de handeling per jaar
T	Afschermingsfactor van vaste afscherming
r_1	afstand tot de bron in meter
r_2	afstand van de bron tot aan de werknemer

6.1.2 Afschermingsfactoren

In het kader van de identificatie van de blootgestelde werknemers en van de indeling van blootgestelde werknemers in categorie A of B wordt de afschermende werking van persoonlijke beschermingsmiddelen m.b.t. externe straling niet meegenomen bij de bepaling van de reguliere en potentiële blootstelling van de werknemer.

6.2 Dosis ten gevolge van de reguliere blootstelling

De volledige uitwerking van de berekeningen als gevolg van de reguliere blootstelling staat in bijlage 2. In onderstaande tabellen zijn de resultaten van de berekeningen voor de reguliere blootstelling samengevat.

Radiograaf projectlocaties			
Handeling	Effectieve dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$]		Equivalentente dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$]
	Lichaam	Oog	Extremiteiten
H1a			
H1b			
H1c			
H1d			
H1e			
H1f			
H1g			
Totaal	$1,2 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^5$

Radiograaf bunker			
	Effectieve dosis [$\mu\text{Sv/jaar}$]	Equivalentente dosis [$\mu\text{Sv/jaar}$]	
Handeling	Lichaam	Oog	Extremiteten
H2a			
H2b			
H2c			
H2d			
H3a			
H4a			
Totaal	$9,7 \cdot 10^2$	$9,7 \cdot 10^2$	$10,0 \cdot 10^3$

Overige werknemers vaste locatie			
	Effectieve dosis [$\mu\text{Sv/jaar}$]	Equivalentente dosis [$\mu\text{Sv/jaar}$]	
Handeling	Lichaam	Oog	Extremiteten
H2e			
H3a			
H4b			
Totaal	$1,1 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$

6.3 Dosis ten gevolge van de potentiële blootstelling

De volledige uitwerking van de berekeningen als gevolg van de potentiële blootstelling staan in bijlage 3.

Zoals aangegeven in paragraaf 4.5 wordt alleen de kans op de voorziene onbedoelde gebeurtenissen G1, G4, G5 en G7 geschat op minimaal 1 maal per jaar. G8 wordt geschat op minimaal 1 maal per 5 jaar.

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de berekeningen voor de potentiële blootstelling samengevat.

Radiograaf projectlocaties / bunkers en overige werknemers			
	Effectieve dosis [$\mu\text{Sv/jaar}$]	Equivalentente dosis [$\mu\text{Sv/jaar}$]	
Handeling	Lichaam	Oog	Extremiteten
G1			
G4			
G5			
G7			
Totaal	$1,2 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$

Interventiemedewerker			
	Effectieve dosis [$\mu\text{Sv/jaar}$]	Equivalentente dosis [$\mu\text{Sv/jaar}$]	
Handeling	Lichaam	Oog	Extremiteten
G8A			
G8B			
G8C			
G8D			
G8E			
Totaal G8	$2,9 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^3$	$3,1 \cdot 10^4$

Om het risico te bepalen kent men aan de waarschijnlijkheid van de onbedoelde gebeurtenis een waarde toe.

Het blijkt dat de voorziene onbedoelde gebeurtenis eens per jaar of meer kan voorkomen en een effectieve dosis kan veroorzaken die minder is dan fractie 0,1 van de jaarlimiet voor niet blootgestelde werknemers. Het is niet noodzakelijk de beschermende maatregelen te actualiseren.

6.4 Dosis ten behoeve van zonering

Om vast te stellen of de omgeving van een bron of handeling ingedeeld dient te worden als bewaakte of gecontroleerde zone is de jaardosis op 1 meter afstand van de bron of handeling berekend. De volledige uitwerking van de berekeningen met betrekking tot de identificatie van de ruimte staan in bijlage 4.

In onderstaande tabel zijn de resultaten van deze berekeningen weergegeven.

Zonering		
Omschrijving bron/ruimte	H*(max) mSv	Conclusie
Ir-192 bunkers en projectlocaties	7,8E+05	Gecontroleerde zone
Se-75 bunkers en projectlocaties	3,3E+05	Gecontroleerde zone
Toestel bunkers	1,5E+07	Gecontroleerde zone

7 Risico-evaluatie

7.1 Jaardosis voor de individuele werknemer

In onderstaande tabellen zijn de resultaten van de berekeningen voor de reguliere- en potentiële blootstelling samengevat en gesommeerd.

Radiograaf projectlocaties			
Handeling	Effectieve dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$]	Equivalentente dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$]	
	Lichaam	Oog	Extremiteiten
H1a			
H1b			
H1c			
H1d			
H1e			
H1f			
H1g			
G1			
G4			
G5			
G7			
Totaal	$1,2 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^5$

Radiograaf bunker			
Handeling	Effectieve dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$]	Equivalentente dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$]	
	Lichaam	Oog	Extremiteiten
H2a			
H2b			
H2c			
H2d			
H3a			
H4a			
G1			
G4			
G5			
G7			
Totaal	$1,7 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^4$

Overige werknemers vaste locatie			
Handeling	Effectieve dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$]	Equivalentente dosis [$\mu\text{Sv}/\text{jaar}$]	
	Lichaam	Oog	Extremiteiten
H2e			
H3a			
H4b			
G1			
G4			
G5			
Totaal	$2,2 \cdot 10^2$	$2,2 \cdot 10^2$	$2,2 \cdot 10^2$

7.2 Identificatie en indeling van de individuele werknemer

Omdat de dosislimiet van 6 mSv/jaar voor de radiograaf wordt overschreden is het noodzakelijk de radiograaf in te delen als blootgestelde werknemer categorie A.

Omdat de dosislimiet van 1 mSv/jaar voor de overige werknemers niet wordt overschreden is het niet noodzakelijk deze in te delen als blootgestelde werknemer.

7.3 Identificatie en indeling van ruimtes

Op basis van de resultaten is het noodzakelijk ruimtes in te delen als bewaakte- of gecontroleerde zone.

Het is theoretisch gezien mogelijk om per kalenderjaar met [REDACTED] werkbare uren in de buurt te verblijven van de bron. Daarom wordt de omgeving waar werknemers met regelmaat kunnen verblijven met een dosistempo $\geq 3 \mu\text{Sv}/\text{uur}$ een gecontroleerde zone ingericht. Dit betreft de bunkers en de bergplaats op de vaste locatie van Quality Inspection Services B.V., Kuisel 11 te Roosendaal en de projectlocaties door heel Nederland.

8 Toetsing aan ALARA

8.1 Rechtvaardiging

De handelingen met bronnen van ioniserende straling bij Quality Inspection Services B.V. zijn zowel generiek- als specifiek gerechtvaardigd.

8.2 Optimalisatie

Gezien de dosiswaarden, de genomen maatregelen en veiligheidsprocedures is voldoende invulling gegeven aan de optimalisatie van de handelingen met de bronnen van ioniserende straling. Er is geen noodzaak om de reeds getroffen maatregelen, die in hoofdstuk 5 zijn beschreven, verder aan te passen.

8.3 Limitering

Op basis van de resultaten is het noodzakelijk om de radiografen in te delen als blootgestelde werknemer categorie A. De overige werknemers hoeven niet ingedeeld te worden als blootgestelde werknemers.

Op basis van de resultaten is het niet te verwachten dat de wettelijke limieten voor enerzijds de blootgestelde werknemers categorie A (radiografen) en anderzijds de niet betrokken werknemers die niet worden ingedeeld als blootgestelde werknemers, worden overschreden.

De radiografen dienen jaarlijks een radiologische keuring te ontvangen door een (bij de ANVS) geregistreerde stralingsarts.

8.4 Dosisbeperking

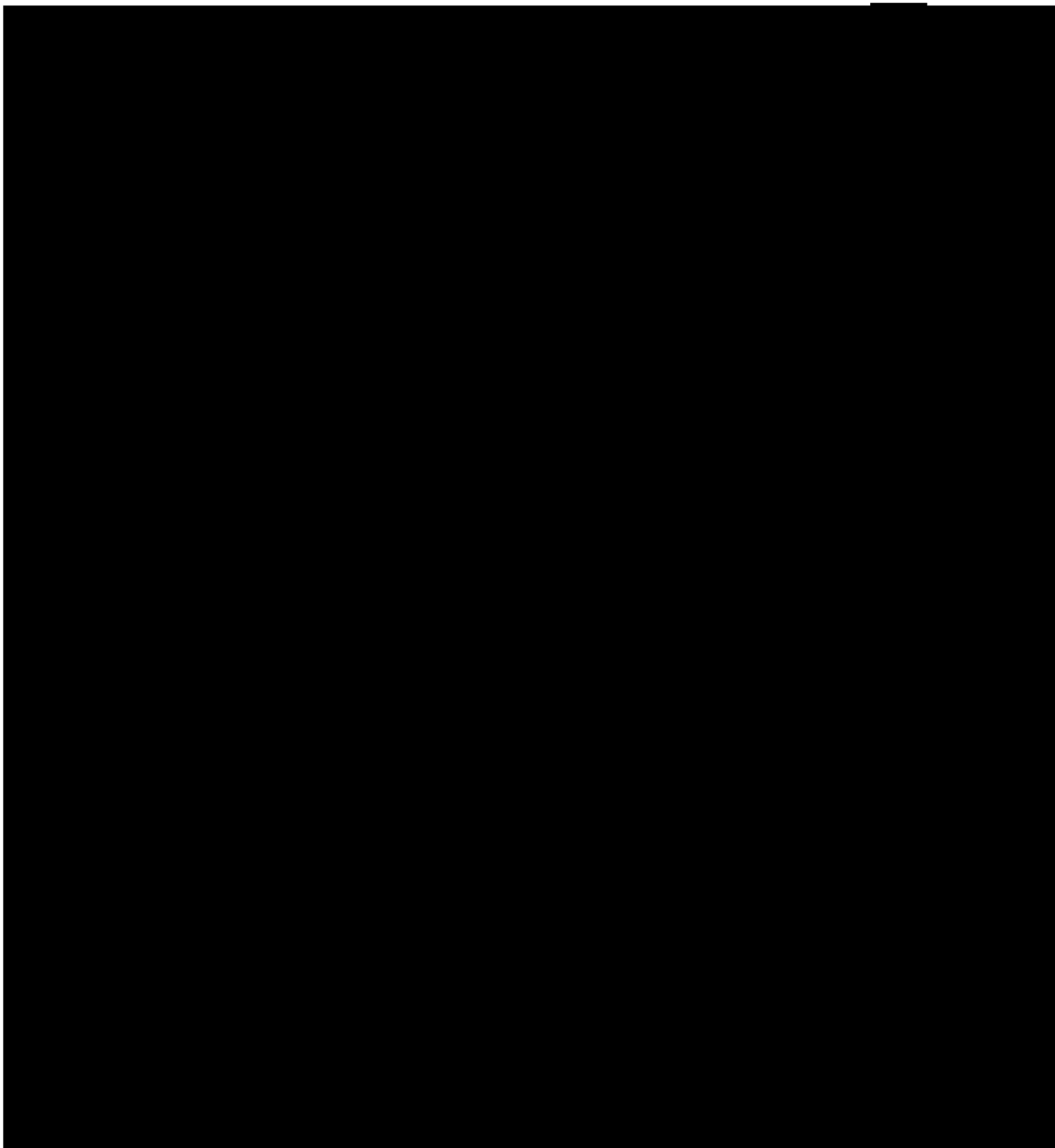
Maatregelen m.b.t. dosisbeperking zijn vastgelegd in de werkinstructies betreffende de handelingen met bronnen en toestellen ten behoeve van radiografie en ook het vervoer van de bronnen "TEAM-NL-SV-Stralingsveiligheidshandboek".

Door Quality Inspection Services B.V. is een actiewaarde gesteld voor de equivalente - en effectieve dosis (op TLD oppervlakedosis en diepte dosis) van 0,5 mSv per maand. Boven deze actiewaarde wordt een intern onderzoek gestart naar de mogelijke oorzaak van de overschrijding.



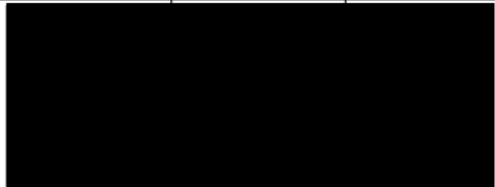
Industrial Services
Inspections Netherlands

TEAM Industrial Services Inspections Netherlands
Kuisel 11 4703 RL Roosendaal
T +31 (0) 165 55 48 49
E info@qis-ndt.com www.qis-ndt.com



Bijlage 2: Uitwerkingen berekeningen reguliere blootstelling

Handeling H1a : Overbrengen bron van bergplaats naar auto

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			4,3E+01	4,3E+01	2,3E+03

Handeling H1b : Vervoer bron naar projectlocatie vv.

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			1,3E+03	1,3E+03	1,3E+03

Handeling H1c : Vervoer bron op de projectlocatie

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			2,5E+03	2,5E+03	1,3E+05

Handeling H1d : Maken opstelling

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalententtempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			6,1E+02	6,1E+02	6,7E+03

Handeling H1e : Maken van een opname

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalententtempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			6,2E+03	6,2E+03	6,2E+03

Handeling H1f : Ontmantelen van de opstelling

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalententtempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			4,1E+02	4,1E+02	4,6E+03

Handeling H1g : Overbrengen van de bron naar de auto

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalententtempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			8,3E+01	8,3E+01	4,4E+03

Handeling H2a : Maken opstelling

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	µSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			6,1E+02	6,1E+02	6,7E+03

Handeling H2b : Maken van een opname

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	µSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			2,5E+01	2,5E+01	2,5E+01

Handeling H2c : Ontmantelen van de opstelling

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	µSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			2,1E+02	2,1E+02	2,3E+03

Handeling H2d : Overbrengen van de bron naar de bergplaats

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	µSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			2,6E+01	2,6E+01	1,4E+03

Handeling H2e

: Verblijf in de omgeving van de bron

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Overige werknemers		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			2,5E+01	2,5E+01	2,5E+01

Handeling H3a

: Opslag bron in de bergplaats

Omschrijving Bron			Radiograaf / Overige werknemers		
: Bron Ir-192 / Se-75			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			8,0E+01	8,0E+01	8,0E+01

Handeling H4a : Maken van een opname

Omschrijving Bron : Toestel			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	µSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			5,2E+00	5,2E+00	5,2E+00

Handeling H4b : Verblijf in de omgeving van de bron

Omschrijving Bron : Toestel			Overige werknemers		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	µSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			1,8E+00	1,8E+00	1,8E+00

Bijlage 3: Uitwerkingen berekeningen potentiële blootstelling

Gebeurtenis G1 : Opslag bron op onveilige manier

Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf / Overige werknemers		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			2,2E+01	2,2E+01	2,2E+01

Gebeurtenis G4 : Grote deur bunker is open tijdens een opname

Omschrijving Bron : Bron Ir-192 / toestel			Radiograaf / Overige werknemers		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			3,3E+01	3,3E+01	3,3E+01

Gebeurtenis G5 : Dosistempo te hoog aan grenzen gecontroleerde zone

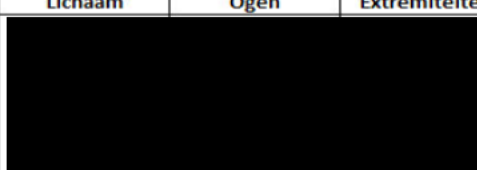
Omschrijving Bron : Bron Ir-192 / toestel			Radiograaf / Overige werknemers		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			4,0E+01	4,0E+01	4,0E+01

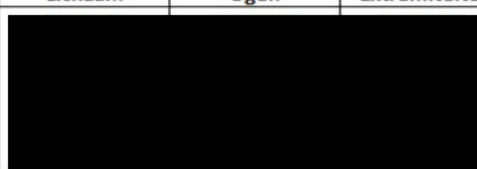
Gebeurtenis G7 : Overlappende gecontroleerde zones

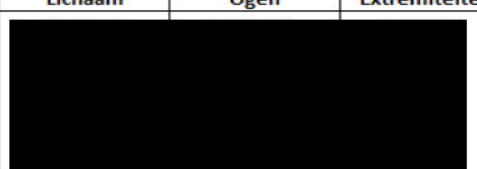
Omschrijving Bron : Bron Ir-192			Radiograaf		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosisequivalenttempo	H*(1)	μSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			1,8E+01	1,8E+01	1,8E+01

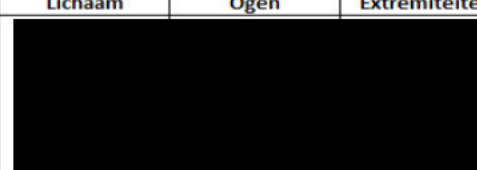
Bijlage 4: Uitwerking dosis bij interventie

Gebeurtenis G8A			Retrieval - Probleem vaststellen		
Omschrijving Bron			: Bron Ir-192		
			Inteventie medewerker		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosis-equivalententempo	H*(1)	µSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			µSv	9,5E+00	9,5E+00

Gebeurtenis G8B			Retrieval - Bron lokaliseren		
Omschrijving Bron			: Bron Ir-192		
			Inteventie medewerker		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosis-equivalententempo	H*(1)	µSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			µSv	1,7E+02	1,7E+02

Gebeurtenis G8C			Retrieval - Afscherming toepassen		
Omschrijving Bron			: Bron Ir-192		
			Inteventie medewerker		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosis-equivalententempo	H*(1)	µSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			µSv	2,7E+03	3,0E+04

Gebeurtenis G8D			Retrieval - Reparatie uitvoeren		
Omschrijving Bron			: Bron Ir-192		
			Inteventie medewerker		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosis-equivalententempo	H*(1)	µSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			µSv	8,3E-01	8,3E-01

Gebeurtenis G8E			Retrieval - Bron Ontmantelen		
Omschrijving Bron			: Bron Ir-192		
			Inteventie medewerker		
			Effectieve dosis	Equivalente dosis	
			Lichaam	Ogen	Extremiteten
Omgevingsdosis-equivalententempo	H*(1)	µSv/uur			
Tijdsduur	t	uur			
Frequentie	f	aantal per jaar			
Afschermingsfactor	T	-			
Afstand H*(10)	r1	meter			
Afstand tot de bron	r2	meter			
Dosis			µSv	1,3E-01	1,5E+00

	Effectieve dosis	Equivalente dosis	
	Lichaam	Ogen	Extremiteiten
G8A			
G8B			
G8C			
G8D			
G8E			
Dosis G8 Totaal in μSv	2924,75	2924,75	30659,09

Bijlage 5: Uitwerking identificatie ruimten

Zonering							
Omschrijving bron/ruimte	H*(10,r) μSv/uur	r meter	l meter	F -	T uur	H*(max) μSv	Conclusie
Ir-192 bunkers en projectlocaties	3,89E+05	1	1	1		7,8E+08	Gecontroleerde zone
Se-75 bunkers en projectlocaties	1,65E+05	1	1	1		3,3E+08	Gecontroleerde zone
Toestel bunkers	7,40E+06	1	1	1		1,5E+10	Gecontroleerde zone

Bijlage 6: Wettelijke limieten

Bewaakte zone

Een ruimte wordt aangemerkt als bewaakte zone, indien:

- 1°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen effectieve dosis groter is dan 1 millisievert in een kalenderjaar en kleiner of gelijk is aan 6 millisievert in een kalenderjaar;
- 2°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen equivalente dosis voor de huid, gemiddeld over enig blootgesteld huidoppervlak van 1 cm², groter is dan 50 millisievert in een kalenderjaar en kleiner of gelijk is aan 150 millisievert in een kalenderjaar; of
- 3°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen equivalente dosis voor de extremiteiten groter is dan 50 millisievert in een kalenderjaar en kleiner of gelijk is aan 150 millisievert in een kalenderjaar.

Gecontroleerde zone

Een ruimte wordt aangemerkt als gecontroleerde zone, indien:

- 1°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen effectieve dosis groter is dan 6 millisievert in een kalenderjaar;
- 2°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen equivalente dosis voor de ooglensdosis groter is dan 15 millisievert in een kalenderjaar;
- 3°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen equivalente dosis voor de huid, gemiddeld over enig blootgesteld huidoppervlak van 1 cm², groter is dan 150 millisievert in een kalenderjaar;
- 4°. de mogelijke door een werknemer in de ruimte te ontvangen equivalente dosis voor de extremiteiten groter is dan 150 millisievert in een kalenderjaar; of
- 5°. er een mogelijkheid is van verspreiding van radioactieve stoffen vanuit de ruimte zodanig dat personen een dosis hoger dan de effectieve of equivalente dosis, genoemd in artikel 7.3, eerste lid, kunnen ontvangen.

Blootgestelde werknemer

Een A-werknemer is een blootgestelde werknemer, die:

- 1°. een effectieve dosis kan ontvangen die groter is dan 6 millisievert in een kalenderjaar;
- 2°. een equivalente dosis kan ontvangen die groter is dan 15 millisievert in een kalenderjaar voor de ooglens;
- 3°. een equivalente dosis kan ontvangen die groter is dan 150 millisievert in een kalenderjaar voor de huid, gemiddeld over enig blootgesteld huidoppervlak van 1 cm²; of
- 4°. een equivalente dosis kan ontvangen die groter is dan 150 millisievert in een kalenderjaar voor de extremiteiten.

Een B-werknemer is een blootgestelde werknemer die niet als A-werknemer wordt ingedeeld.