PALLAS

UNCLASSIFIED

Risico-inventarisatie en –evaluatie tijdens de oprichtingsfase van PALLAS

Reference	P-00165915	Reviewed			
Author(s)		Current version	{_UIVersionString}	Approved version	1.0
39 pages	Safety Category NC	Approved		14/06/2022	

-

© PALLAS 2022
Subject to agreement with the client, the information contained in this report may not be disclosed to any third party and PALLAS is not liable for any damage arising out of the use of such information.

Amendment record

Issue No	Description	Version Author	Date
1	First issue		20-4-2022

Inhoudsopgave

Samenvatting 7

1 Inleiding 8

2 Risico-inventarisatie en -evaluatie 9

2.1 Inleiding 9
2.2 Risico-identificatie 9
2.2.1 Stralingsbronnen 9
2.2.2 Overzicht van handelingen 10
2.2.3 Detaillering handelingen 11
2.2.4 Locatie handelingen 12
2.2.5 Blootstellingspaden 13
2.2.6 Voorziene onbedoelde gebeurtenissen 13
2.2.7 Maatregelen 13
2.3 Bepaling van de blootstelling 15
2.3.1 Reguliere blootstelling 15
2.3.2 Potentiële blootstelling 16
2.3.3 Kans op voorziene onbedoelde gebeurtenissen 17
2.3.4 Effect van persoonlijke beschermingsmiddelen 17
2.4 Risico-evaluatie 18
2.4.1 Rechtvaardiging en optimalisatie 18
2.4.2 Dosislimieten 18
2.4.3 Dosisbeperkingen 20
2.4.4 Indeling werknemers 20
2.4.5 Indeling ruimten 20
2.4.6 Actualisatie maatregelen 21

3 Blootstelling milieu 22

3.1 Inleiding 22
3.2 Gegevens locatie 22
3.3 Gegevens bronnen 22
3.4 Berekende terreingrensdosis 23
3.5 Toetsing 23
3.5.1 Toetsing aan het Secundair Niveau 23
3.5.2 Mate van onderbouwing van het ALARA criterium 23
3.5.3 Toetsing aan de locatielimiet 23

4 Conclusie 24

A Reguliere dosis werknemers 25

A.1 Reguliere dosis ten gevolge van transport 25
A.2 Reguliere dosis ten gevolge van verblijf nabij de bron 26
A.3 Reguliere dosis ten gevolge van controles van de bron 27
A.4 Reguliere dosis ten gevolge van manipulaties met de bron 28
A.5 Reguliere dosis rondom gebruik röntgentoestellen 29

B Potentiele blootstelling werknemers 30

B.1 Kortere afstand bij transport van de bron 30
B.2 Kortere afstand bij bediening toestel 31
B.3 Kortere afstand bij controle van de bron 32
B.4 Kortere afstand bij manipulatie van de bron 33

C Totale medewerkerdosis per rol 34

D Berekening blootstelling milieu 35

E Plattegrond PALLAS 37

Referenties 39

Samenvatting

1. De Stichting Voorbereiding Pallas-reactor (hierna: PALLAS) heeft de intentie de PALLAS-reactor te ontwikkelen.
   De PALLAS-reactor is een in Nederland nieuw te bouwen reactor, bedoeld voor de productie van medische en industriële radio-isotopen alsook voor medisch en nucleair technologisch onderzoek.
2. Hierbij maakt PALLAS tijdens de oprichtingsfase gebruik van een aantal bronnen van ioniserende straling, zoals niet-bestraalde splijtstofelementen, fission chamber detectoren, kalibratiebronnen en röntgenscanners.
3. Teneinde deze bronnen te mogen gebruiken is conform art. 7.6 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming [1] en de Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018 [2] een risico-inventarisatie en -evaluatie (hierna: RI&E) opgesteld.
4. De conclusie van deze RI&E is dat op basis van de maximaal berekende effectieve dosis van 0,5 mSv per jaar, alsmede de berekende maximale equivalente dosissen, de medewerkers die betrokken zijn bij de handelingen worden ingedeeld als niet-blootgestelde werknemers.
5. Om de blootstelling van het milieu ten gevolge van de handelingen met deze bronnen en toestellen te beoordelen is de dosis aan de terreingrens berekend, op basis van de rekenregels Analyse Gevolgen Ioniserende Straling (AGIS) uit Bijlage 10 van de ANVS-verordening basisveiligheidsnormen stralingsbescherming [3].
6. De maximale Multifunctionele Individuele Dosis (MID) bedraagt 3 μSv per jaar. Hiermee ligt de verwachte milieubelasting ten gevolge van externe straling voor PALLAS in alle gevallen onder het Secundair Niveau van 10 μSv per jaar.
7. Op basis van de hier gepresenteerde resultaten wordt ruimschoots voldaan aan de wettelijke limieten en zijn er geen aanvullende maatregelen nodig.

1 Inleiding

1. De PALLAS-reactor is een in Nederland nieuw te bouwen reactor, bedoeld voor de productie van medische en industriële radio-isotopen alsook voor medisch en nucleair technologisch onderzoek.
2. Deze rapportage geeft een overzicht van de te verwachten stralingsdosis voor medewerkers (de risico-inventarisatie en -evaluatie, RI&E) en het publiek (de milieuanalyse) ten gevolge van de handelingen bij PALLAS gedurende de oprichtingsfase van de reactor. De RI&E is te vinden in Hoofdstuk 2 van dit document, de milieuanalyse in Hoofdstuk 3.

2 Risico-inventarisatie en -evaluatie

2.1 Inleiding

1. De hier voorliggende risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) is opgesteld in het kader van de in art. 7.6 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming beschreven RI&E en omvat een berekening van de dosis waaraan werknemers van PALLAS kunnen worden blootgesteld. De opbouw van dit hoofdstuk sluit aan bij de voorschriften in Bijlage A van de Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018 [2].

2.2 Risico-identificatie

2.2.1 Stralingsbronnen

a. Zijn alle bronnen van ioniserende straling en hun eigenschappen geïnventariseerd?

1. In Tabel 1 tot en met Tabel 3 wordt een overzicht van de stralingsbronnen zoals ze gedurende de oprichtingsfase onder de PALLAS vergunning worden voorzien.
2. De splijtstofelementen zijn onbestraald en hebben daarmee een betrekkelijk laag dosistempo (dit geldt zolang de elementen onderling voldoende afstand hebben en zodoende subkritisch blijven). De informatie over het dosistempo van de splijtstofelementen in Tabel 1 is gebaseerd op ervaringen bij NRG met vergelijkbare bronnen.
3. Naast de splijtstofelementen zal PALLAS ten behoeve van de detectie van neutronen gebruik maken van fission chamber detectoren.
4. Het dosistempo rondom de ruimte waarin de verse splijtstofelementen worden opgeslagen dient maximaal 1 μSv/h te bedragen [3]. De maximale inventaris dat in deze bergplaats kan worden opgeslagen bestaat uit 80 onbestraalde splijtstofelementen en 7680 Mo-99 targets. Op basis van dit inventaris geldt dat gedurende de oprichtingsfase, bij aanwezigheid van maximaal 20 splijtstofelementen, het dosistempo aan de buitenzijde van deze ruimte niet meer dan 0,25 μSv/h bedraagt.

Tabel 1 Beschrijving splijtstoffen

Beschrijving	Gewicht	Nuclide	Aantal	Dosistempo (μSv/uur)	Locatie dosistempo
B1. Splijtstofelementen	485 g	U-235	20	100	Oppervlak
	1940 g	U-238		5	Op 1 m
B2. Splijtstof bevattende fission chamber detectoren	0.01 g	U-235	6	5E-04	1 meter
	1.3 g	U-238	6		

5. Voor het scannen van grote hoeveelheden goederen (niet zijnde handbagage) in het kader van toegangsbeveiliging, zullen palletscanners toegepast worden (maximaal 2).
6. Voor het scannen van handbagage e.d. in het kader van toegangsbeveiliging, zullen handbagagescanners ingezet gaan worden (maximaal 4).
7. De keuze voor beide typen scanners dient nog te worden gemaakt. De informatie van het dosistempo is gebaseerd op het wettelijk maximum van 1 μSv per uur op een afstand van 10 cm van het oppervlak, zoals wordt vereist in art. 4.5 van de ANVS-verordening [3]. ICHOS heeft dit

uitgangspunt bevestigd [4]. Dit is gebruikt als uitgangspunt voor de berekeningen, in combinatie met de aanname dat het oppervlak van de scanner zich op 60 cm van de buis bevindt.

Tabel 2 Overzicht röntgentoestellen

Beschrijving	Max. buisspanning (kV)	Max. dosistempo op 10 cm (µSv/uur)	Aantal
B3. Palletscanners	300	1	2
B4. Bagagescanners	300	1	4

8. Tijdens de oprichtingsfase zullen een aantal ingekapselde bronnen nodig zijn. Concreet gaat het hierbij om het voorhanden hebben en toepassen van ingekapselde bronnen voor het doen van verificaties en kalibraties van stralingsdetectoren.
9. Voor verificaties en kalibratie van stralingsmonitoren zal gebruik gemaakt worden van bronnen met lage activiteit (niet hoger dan 2 MBq, waarschijnlijk minder dan 1 MBq), bijvoorbeeld van de radionucliden ^{90}Sr, ^{241}Am, ^{137}Cs en ^{60}Co. Deze kunnen op verschillende locaties van de site worden toegepast. De daadwerkelijke selectie van deze bronnen is onderdeel van het commissioning plan dat nog moet worden opgesteld (de informatie in Tabel 3 is gebaseerd op de ervaring bij NRG).
10. De ingekapselde bronnen die in Tabel 3 met * aangeduid zullen naar verwachting op zijn vroegst in de operationele fase tot de inventaris gaan behoren en worden verder niet beschouwd. Daarnaast is in deze RI&E uitgegaan van handelingen met één enkele Co-60 kalibratiebron. In principe kunnen alle controles met deze bron plaatsvinden. Het zou kunnen dat er vanwege praktische overwegingen op een gegeven moment gebruik wordt gemaakt van meerdere bronnen, eventueel ook van een Cs-137 bron in plaats van deze Co-60 bron. Door de lagere energie van Cs-137 is de verwachting dat dit de berekende blootstelling van de werknemers niet nadelig zal beïnvloeden.

Tabel 3 Overzicht ingekapselde bronnen gedurende de oprichtingsfase.

Beschrijving	Activiteit	Nuclide	Aantal
B5. Kalibratiebron 1	1 MBq	Co-60	1
Kalibratiebron 2 (beta)*	0.5 kBq	Sr-90	0
Kalibratiebron 3 (alpha)*	0.3 kBq	Am-241	0

2.2.2 Overzicht van handelingen

b. Welke handelingen worden er verricht met deze bronnen?

1. In
2. Tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de handelingen die met de bronnen zullen plaatsvinden. Voor de handelingen zijn de volgende generieke begrippen gebruikt.
   a) Transport: na ontvangst van de bron, dient de bron naar de bergplaats te worden getransporteerd.
   b) Verblijf: bij het verblijf in de buurt van de bron of van de opslag is geen sprake van een feitelijke handeling, maar onder deze handeling wordt de dosis berekend die een werknemer die zich voor langere tijd in de buurt van de bron(opslag) ophoudt, zou kunnen oplopen.
   c) Controle: hierbij kan worden gedacht aan de jaarlijkse veegproef en visuele controle.
   d) Manipulatie van de bron: dat kan in het geval van de fission chamber detectoren het monteren van deze detectoren zijn. Bij de kalibratiebron betreft het de controle van diverse stralingsmonitoren. Daarbij kan worden gedacht aan besmettingsmonitoren,

alarmmonitoren of dosistempo monitoren. Met de splijtstofelementen zijn in de oprichtingsfase geen manipulaties voorzien anders dan de onder c opgenomen controles.

e) Bediening toestel: het gaat hierbij om de bediening van een van de röntgenscanners.

Tabel 4 Overzicht van handelingen met de bronnen.

ID	Handeling	Bron
H1a	Transport	splijtstofelementen
H1b	Verblijf in buurt opslag	splijtstofelementen
H1c	Controle	splijtstofelementen
H2a	Transport	fission chamber detectoren
H2b	Verblijf in buurt opslag	fission chamber detectoren
H2c	Controle	fission chamber detectoren
H2d	Manipulatie met bron	fission chamber detectoren
H3a	Bediening toestel	palletscanner
H3b	Verblijf in buurt	palletscanner
H4a	Bediening toestel	bagagescanner
H4b	Verblijf in buurt	bagagescanner
H5a	Transport	Co-60 kalibratiebron
H5b	Verblijf in buurt opslag	Co-60 kalibratiebron
H5c	Controle	Co-60 kalibratiebron
H5d	Manipulatie met bron	Co-60 kalibratiebron

2.2.3 Detaillering handelingen

c. Hoeveel handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, worden er op jaarbasis verricht en hoeveel en welke werknemers kunnen daarbij blootgesteld worden?

1. De handelingen worden nader getailleerd middels deelhandelingen in Tabel 5. Daarbij wordt ook inzicht gegeven in de frequentie en de blootgestelde personen. Sommige van de aantallen in de tabel zijn op een vermenigvuldiging van de aantallen per dag. In alle gevallen betreft het globale inschattingen op basis van de kennis van nu.
2. In het overzicht wordt een aantal rollen genoemd. Die betreffen de medewerkers die de handelingen uitvoeren. De rol “omstander” betreft een medewerker die vanwege overige werkzaamheden in de buurt kan verblijven, maar geen rechtstreekse betrokkenheid heeft bij de bron. Bij de specificatie van het aantal uren verblijf in omliggende ruimten rondom de opslag van radioactieve stoffen is uitgegaan van 2000 uur per jaar. Voor deze fase volstaat deze conservatieve aanname.

Tabel 5 Aantal handelingen (of bijbehorende duur) per jaar en de daarbij blootgestelde personen.

Handeling	Frequentie (/jaar)	Eenheid	Blootgesteld persoon
H1a. Transport splijtstofelementen	8	transporten	medewerker reactorploeg
H1b. Verblijf in buurt opslag splijtstofelementen	2000	uur	omstander
H1c. Controle splijtstofelementen	20	controles	stralingscontroleur
H2a. Transport fission chamber detectoren	2	transporten	medewerker reactorploeg
H2b. Verblijf in buurt opslag fission chamber detectoren	2000	uur	omstander
H2c. Controle fission chamber detectoren	6	controles	stralingscontroleur
H2d. Manipulatie met fission chamber detectoren	12	manipulaties	installateur
H3a. Bediening toestel palletscanner	1460	scans	medewerker beveiliging
H3b. Verblijf in buurt palletscanner	100	passages	omstander
H4a. Bediening toestel bagagescanner	183960	scans	medewerker beveiliging
H4b. Verblijf in buurt bagagescanner	400	passages	omstander
H5a. Transport Co-60 kalibratiebron	45	uur	stralingscontroleur
H5b. Verblijf in buurt opslag Co-60 kalibratiebron	2000	uur	medewerker SBE
H5c. Controle Co-60 kalibratiebron	2	controles	stralingscontroleur
H5d. Manipulatie met Co-60 kalibratiebron	920	manipulaties	stralingscontroleur

2.2.4 Locatie handelingen

d. Waar worden de handelingen, en in voorkomend geval deelhandelingen, verricht?

1. De PALLAS-reactor is gepland op de Energy & Health Campus (EHC), aan de Westerduinweg nr. 3 te Petten (gemeente Schagen) in de provincie Noord-Holland. De reactor zal circa 675 m van de Noordzeekust liggen, in het duingebied dat tevens functioneert als zeewering en heeft de geografische coördinaten: N 52°47'09.3", E 4°40'43.7". De aan noord-, west- en zuidzijde van de EHC grenzen aan de Natura 2000 gebieden Zwanenwater & Pettemerduinen.
2. De bronnen worden opgeslagen op de volgende plaatsen:
   - Splijtstofelementen: Opslagruimte voor nieuwe splijtstoffen en targets;
   - Fission chamber detectoren: Voorafgaand aan montage in een bergplaats, na montage bevinden deze detectoren zich in de Reactor- en Service Pool;
   - Kalibratiebronnen: Kluis in de Health Physics room.
3. De exacte locatie voor de röntgenscanners gedurende de bouw dient nog te worden bepaald. In een latere fase zullen deze scanners een plek krijgen in de Support Building.
4. De handelingen met kalibratiebronnen vinden op de diverse locaties plaats waar meetsystemen zijn/worden opgesteld.

5. De globale locatie van de opslagplaatsen van de bronnen ten opzichte van de gebouwcontouren is aangeduid op de plattegrond in Bijlage E.

2.2.5 Blootstellingspaden

e. Welke blootstellingspaden zijn aan de orde?

1. Blootstelling tijdens deze handelingen vindt plaats door externe straling. In theorie zou er ook inwendige besmetting kunnen optreden.

2.2.6 Voorziene onbedoelde gebeurtenissen

f. Welke voorziene onbedoelde gebeurtenissen kunnen bijdragen aan de potentiële blootstelling van de werknemers?

1. De volgende voorziene onbedoelde gebeurtenissen zijn denkbaar:
   - kleinere afstand tot de bron dan aangenomen;
   - langer verblijf in nabijheid van de bron dan aangenomen;
   - inwendige besmetting ten gevolge van een lekkende bron;
   - onvoldoende onderlinge afstand/afscherming tussen splijtstofelementen.

2.2.7 Maatregelen

g. Welke technische en organisatorische maatregelen zijn genomen om de blootstelling van werknemers te voorkomen of, indien dat redelijkerwijs niet mogelijk is, zoveel mogelijk te beperken?

❖ Maatregelen gericht op de bron

1. De kalibratiebronnen en bronnen in de fission chamber detector zullen voldoen aan de eisen, zoals beschreven in art. 4.9 van de ANVS-verordening basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (hierna: Vbs) [3], inclusief broncertificaat en de eisen aan de constructie en kwaliteit uit ISO2919 [5]. Hiermee wordt voldaan aan het vereiste in art. 4, lid 2 van het Bkse [6] met betrekking tot constructie en kwaliteit van de bron.
2. De kalibratiebronnen worden als ze niet in gebruik zijn, opgeslagen in hun eigen afgeschermde broncontainer.
3. De splijtstofelementen worden bij de inrichting aangevoerd in transportverpakkingen die zijn gecertificeerd voor het transport over de weg.
4. Aangekomen in de inrichting worden de splijtstofelementen overgeplaatst in een speciaal daarvoor bedoelde transportkar voor intern vervoer. Daarmee worden de splijtstofelementen naar de opslagruimte voor nieuwe splijtstoffen en targets verplaatst. De transportkar kan een maximale splijtstofmassa bevatten die lager is dan de kritische massa. Hiermee wordt subkritikaliteit gewaarborgd ongeacht de aggregatietoestand of de gebruikte geometrie.
5. De verplaatsing van splijtstofelementen van de vrachtwagen naar de transportkar, en van de kar naar de bergplaats vindt serieel plaats, waarbij er slechts één element tegelijk wordt gehanteerd.
6. Binnen de inrichting worden de ongebruikte splijtstofelementen opgeslagen in de daarvoor ontworpen opslagruimte. Deze opslagruimte is voorzien van opslagrekken, die ook tijdens de operationele fase zullen worden gebruikt. Het ontwerp van de opslagrekken garandeert subkritikaliteit onder alle voorziene omstandigheden.
7. Voor zowel de bagagescanners als voor de palletscanners geldt dat het gaat om inherent veilige toestellen, die voldoen aan de criteria in lid 1 van art. 4.5 van de Vbs. De omkasting van deze toestellen is zodanig dat het maximale dosistempo minder dan 1 µSv/h op 10 cm van de bereikbare buitenzijde van de scanner bedraagt

- Maatregelen gericht op de werkplek

1. Wanneer de radioactieve bronnen niet in gebruik zijn, zullen ze worden opgeslagen op een locatie die voldoet aan de eisen van een bergplaats, zoals benoemd in art. 4.8 van de Vbs. Onderdeel van deze eisen zijn strikte toegangsmaatregelen en maatregelen met betrekking tot brandwerendheid.
2. De kalibratiebronnen zullen daarbij tevens worden opgeslagen in hun eigen afgeschermde broncontainer.
3. Voor transport van de radioactieve bronnen wordt gebruik gemaakt van een kar, wat de werknemers in staat stelt om enige afstand tot de bron te houden.
4. De werkplek waar de bediening van de toestellen plaatsvindt is/wordt zodanig gekozen dat de werknemer op voldoende afstand van de bron de nodige handelingen verricht.

- Maatregelen gericht op de persoon

1. De personen die handelingen met radioactieve bronnen verrichten maken gebruik van handschoenen.
2. Bij het testen van monitoren met een kalibratiebron wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van afstandsgereedschap zodat de bron niet direct vastgepakt hoeft te worden.

- Organisatorische maatregelen

1. Bij het transport van splijtstoffen zijn meerdere personen betrokken om te anticiperen op onverwachte situaties en het transport voorzichtig te laten plaatsvinden.
2. Er wordt een bron- en uitgifteregister bijgehouden, zodat het te allen tijde duidelijk is waar of onder wiens toezicht een bron zich bevindt.

2.3 Bepaling van de blootstelling

2.3.1 Reguliere blootstelling

a. Wat is de reguliere blootstelling van de werknemers?

1. In Tabel 6 wordt een overzicht gegeven van de berekende jaardosis per (deel)handeling. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de effectieve, extremiteiten en ooglensdosis. Hierbij is afgerond op 2 cijfers achter de komma. De onderliggende deelberekeningen zijn bijgevoegd in Bijlage A.
2. De hoogst berekende dosis wordt gevonden voor de extremiteiten bij het transport van de splijtstofelementen. Bij gebrek aan detailinformatie is bij deze handelingen uitgegaan van 8 transporten van 5 splijtstofelementen per keer, met elk een transporttijd van 20 minuten (typisch van de vrachtwagen naar de opslagruimte voor nieuwe splijtstoffen en targets). De verwachting is dat dit een overschatting is van de praktijksituatie.
3. In de overzichten van dit rapport wordt ervan uitgegaan dat de extremiteitendosis en de huiddosis ongeveer gelijk zijn aan elkaar. In de praktijk wordt deze bepaald door de blootstelling van de handen.

Tabel 6 Overzicht berekende jaardosis per (deel)handeling

Handeling	Blootgesteld persoon	Effectieve dosis (mSv/j)	Extremiteiten dosis (mSv/j)	Ooglens dosis (mSv/j)
H1a. Transport splijtstofelementen	medewerker reactorploeg	0,27	0,33	0,20
H1b. Verblijf in buurt opslag splijtstofelementen	omstander	0,50	0,50	0,50
H1c. Controle splijtstofelementen	stralingscontroleur	0,00	0,01	0,00
H2a. Transport fission chamber detectoren	medewerker reactorploeg	0,00	0,00	0,00
H2b. Verblijf in buurt opslag fission chamber detectoren	omstander	0,00	0,00	0,00
H2c. Controle fission chamber detectoren	stralingscontroleur	0,00	0,00	0,00
H2d. Manipulatie met fission chamber detectoren	installateur	0,00	0,00	0,00
H3a. Bediening toestel palletscanner	medewerker beveiliging	0,00	0,00	0,00
H3b. Verblijf in buurt palletscanner	omstander	0,00	0,00	0,00
H4a. Bediening toestel bagagescanner	medewerker beveiliging	0,08	0,08	0,08
H4b. Verblijf in buurt bagagescanner	omstander	0,00	0,00	0,00
H5a. Transport Co-60 kalibratiebron	stralingscontroleur	0,01	0,02	0,00
H5b. Verblijf in buurt opslag Co-60 kalibratiebron	medewerker SBE	0,32	0,32	0,32
H5c. Controle Co-60 kalibratiebron	stralingscontroleur	0,00	0,01	0,00
H5d. Manipulatie met Co-60 kalibratiebron	stralingscontroleur	0,02	0,07	0,02

2.3.2 Potentiële blootstelling

b. Wat is de potentiële blootstelling van de werknemers?

1. Een overzicht van berekende dosis voor de belangrijkste potentiële blootstellingen en de bijbehorende dosis per gebeurtenis is te vinden in Tabel 7. Deze tabel bevat de berekende extra dosis voor de handelingen waarbij de afstand tot de bron kleiner is dan bedoeld. Daarbij is gebruik gemaakt van de volgende aannames:
   - controle of manipulatie van de bron met de positie van het lichaam op 0,2 i.p.v. 0,4 m;
   - transport van de bron met de positie van het lichaam op 0,2 i.p.v. 0,4 m (voor splijtstoffen wordt dit niet realistisch geacht);
   - bediening (verblijf tijdens stralen van) van het toestel op 1 i.p.v. 1,5 m.
2. Voor een volledige onderbouwing van de afstanden (ook voor ooglens en extremiteiten), alsmede de berekende dosis wordt verwezen naar de tabellen in Bijlage B.
   Gezien de marginale kans op inwendige besmetting (par. 2.3.3) wordt de hierbij behorende dosis hier niet nader uitgewerkt. Hetzelfde geldt voor de blootstelling ten gevolge van een kriticiteitsincident. De potentiële blootstelling van werknemers bij een dergelijke situatie kan gepaard gaan met dusdanig hoge dosistempi dat er deterministische effecten zullen optreden. De maatregelen zijn er dus op gericht om deze kans tot het absolute minimum te beperken.

Tabel 7 Extra dosis van werknemers per handeling ten gevolge van de voorziene onbedoelde gebeurtenis waarbij (in alle gevallen) een kortere afstand wordt aangenomen dan normaal.

Gebeurtenis	Handeling	Effectieve dosis (µSv/j)	Extremiteitendosis (µSv/j)	Ooglensdosis (µSv/j)
G1	Controle splijtstofelementen	0,7	0,6	0,2
G2a	Transport fission chamber detectoren	4E-03	2E-02	1E-03
G2b	Manipulatie met fission chamber detectoren	6E-03	0,1	2E-03
G2c	Controle fission chamber detectoren	7E-05	3E-04	2E-05
G3	Bediening toestel palletscanner	1,3	1,3	1,3
G4	Bediening toestel bagagescanner	82	82	82
G5a	Transport Co-60 kalibratiebron	0,7	1,0	0,2
G5b	Manipulatie met Co-60 kalibratiebron	0,75	12	0,2

2.3.3 Kans op voorziene onbedoelde gebeurtenissen

c. Wat is de kans op het zich voordoen van de voorziene onbedoelde gebeurtenissen.

1. In paragraaf 2.2.6 is een overzicht gegeven van de voorziene onbedoelde gebeurtenissen die denkbaar zijn. Het gaat om de volgende gebeurtenissen:
   1) kleinere afstand tot de bron dan aangenomen;
   2) langer verblijf in nabijheid van de bron dan aangenomen;
   3) inwendige besmetting ten gevolge van een lekkende bron;
   4) onvoldoende onderlinge afstand/afscherming tussen splijtstofelementen.
2. In deze RI&E is ervoor gekozen de dosis ten gevolge van eventueel langer verblijf (item 2) conservatief te verrekenen in de standaard aannames voor de reguliere blootstelling. Het is onwaarschijnlijk dat de handelingen langer zullen duren dan hier aangenomen.
3. Op basis van de ervaringen bij NRG is de kans op een inwendige besmetting bij handelingen (item 3) met ingekapselde bronnen onwaarschijnlijk (1 : 1000) of zelfs kleiner dan dat. Gezien het beperkte aantal handelingen met dergelijke bronnen, is de kans aanzienlijk minder dan 1x per jaar en wordt in deze RI&E niet nader beschouwd. Mocht een dergelijke besmetting optreden, dan dient deze als stralingsincident te worden behandeld.
4. Bij de vierde gebeurtenis is sprake van een kriticiteitsincident. Gezien de ernstige gevolgen van een dergelijk incident, zijn alle maatregelen erop gericht om deze kans tot het absolute minimum te beperken, zie tevens de in paragraaf 2.2.7 genoemde maatregelen. De kans op een dergelijk incident heeft daarmee de laagste categorie, bijna niet denkbaar (1 : 1 000 000).
   Voor het op een kleinere afstand van de bron zijn dan aangenomen bij het verrichten van handelingen (item 1) wordt uitgegaan van een kans van 1 : 100 (ongewoon) op een kleinere afstand dan aangenomen. Voor de controle van de kalibratiebron is gezien de kleine kans uitgegaan van een frequentie van 0x per jaar, voor de andere bronnen bij de controle een frequentie van 1x per jaar. De aantallen komen terug in Bijlage B.

2.3.4 Effect van persoonlijke beschermingsmiddelen

d. Wat is het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen.

1. De enige persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's) die worden gebruikt zijn handschoenen wanneer er een verplaatsing, manipulatie of (veeg)controle van de ingekapselde bronnen plaatsvindt.
2. Deze PBM's leveren, met betrekking tot externe straling, geen noemenswaardige dosisreductie op. Hierdoor zal er geen separate blootstellingsberekening worden gemaakt om de effectiviteit van deze PBM aan te tonen.
3. Wel wordt hiermee de kans op een inwendige besmetting nog verder gereduceerd,.

2.4 Risico-evaluatie

2.4.1 Rechtvaardiging en optimalisatie

Wordt voldaan aan het bij of krachtens het besluit gestelde met betrekking tot:

a. de basisprincipes met betrekking tot rechtvaardiging en optimalisatie;

1. De in deze RI&E beschreven handelingen vallen onder de volgende generieke rechtvaardigingscategorieën:
2. Ingekapselde bronnen (inclusief fission chamber detectoren) ten behoeve van:
   - I.A.1. Meet- en regeltechniek
   - I.A.2. IJking
   - I.A.3. Analyse
3. Open bronnen (splijtstofelementen) ten behoeve van:
   - I.B.3. Onderzoek en experimenten
   - I.B.5. Productie van onderzoeks- en therapeutische middelen
4. Toestellen ten behoeve van:
   - I.C.2. Doorlichten van objecten m.b.v. röntgenstraling
5. Alle in deze RI&E beschreven handelingen hebben als hoger doel om uiteindelijk de randvoorwaarden te creëren om te zijner tijd de PALLAS-reactor op een veilige wijze te bedrijven. Deze reactor zal worden gebruikt voor productie van medische en industriële isotopen en voor wetenschappelijk onderzoek. Voor een uitgebreidere beschouwing van de rechtvaardiging wordt verwezen naar de vergunningsaanvraag.
6. Met betrekking tot de specifieke rechtvaardiging voor de handelingen gedurende de oprichtingsfase geldt:
7. Het doel van de opslag van splijtstoffen is om tijdverlies (in verband met een lange leveringstermijn) te beperken bij de overgang van de oprichtingsfase naar de operationele fase. Vertraging in het moment waarop de reactor in werking treedt heeft directe invloed op het moment waarop de reactorproducten beschikbaar zullen komen en de maatschappij hier dus beschikking over krijgt. Dit kan van belang zijn als er op dat moment een probleem is met de leveringszekerheid van reactorproducten door andere partijen.
8. Het doel van het voorhanden hebben en toepassen van ingekapselde bronnen voor analysedoeleinden, meet- of regeltechniek en kalibratiewerkzaamheden is om verificaties en kalibraties van stralingsdetectoren te kunnen verrichten. Hiervoor zullen algemeen toegepaste kalibratiebronnen worden gebruikt. Het goed functioneren van meetapparatuur voor de controle van stralingsniveaus moet geborgd zijn voorafgaand aan het in gebruik nemen van de reactor.
9. De handelingen met toestellen die worden voorzien gedurende de oprichtingsfase, zijn noodzakelijk om het terrein te beveiligen. Dit is een belangrijke schakel om te voorkomen dat personen en of materialen ongeoorloofd het terrein op komen dan wel verlaten.

2.4.2 Dosislimieten

Wordt voldaan aan het bij of krachtens het besluit gestelde met betrekking tot:

b. dosislimieten;

1. In Tabel 8 wordt een overzicht gegeven van de collectieve effectieve, extremiteiten- en ooglensdosis ten gevolge van alle handelingen gedurende de oprichtingsfase bij PALLAS. De berekende totale dosis ligt ruimschoots onder de dosislimieten voor blootgestelde werknemers uit het Bbs.

Tabel 8 Berekende totaaldosis werknemers (handeling: H; gebeurtenis: G, zie Tabel 6 en Tabel 7)

	Handeling	Blootgesteld persoon	Effectieve dosis (mSv/j)	Extremiteiten dosis (mSv/j)	Ooglens dosis (mSv/j)
H1a	Transport splijtstofelementen	medewerker reactorploeg	0,27	0,33	0,20
H1b	Verblijf in buurt opslag splijtstofelementen	omstander	0,50	0,50	0,50
H1c	Controle splijtstofelementen	stralingscontroleur	3E-03	1E-02	2E-03
H2a	Transport fission chamber detectoren	medewerker reactorploeg	1E-05	5E-05	8E-06
H2b	Verblijf in buurt opslag fission chamber detectoren	omstander	1E-03	1E-03	1E-03
H2c	Controle fission chamber detectoren	stralingscontroleur	1E-07	2E-06	7E-08
H2d	Manipulatie met fission chamber detectoren	installateur	2E-05	1E-03	2E-05
H3a	Bediening toestel palletscanner	medewerker beveiliging	1E-03	1E-03	1E-03
H3b	Verblijf in buurt palletscanner	omstander	2E-04	2E-04	2E-04
H4a	Bediening toestel bagagescanner	medewerker beveiliging	8E-02	8E-02	8E-02
H4b	Verblijf in buurt bagagescanner	omstander	4E-04	4E-04	4E-04
H5a	Transport Co-60 kalibratiebron	stralingscontroleur	8E-03	2E-02	5E-03
H5b	Verblijf in buurt opslag Co-60 kalibratiebron	medewerker SBE	0,32	0,32	0,32
H5c	Controle Co-60 kalibratiebron	stralingscontroleur	3E-05	1E-02	2E-05
H5d	Manipulatie met Co-60 kalibratiebron	stralingscontroleur	2E-02	7E-02	2E-02
G1	Controle splijtstofelementen	stralingscontroleur	7E-04	6E-04	2E-04
G2a	Transport fission chamber detectoren	medewerker reactorploeg	4E-06	2E-05	1E-06
G2b	Manipulatie met fission chamber detectoren	installateur	6E-06	1E-04	2E-06
G2c	Controle fission chamber detectoren	stralingscontroleur	7E-08	3E-07	2E-08
G3	Bediening toestel palletscanner	medewerker beveiliging	3E-05	3E-05	3E-05
G4	Bediening toestel bagagescanner	medewerker beveiliging	2E-03	2E-03	2E-03
G5a	Transport Co-60 kalibratiebron	stralingscontroleur	7E-04	1E-03	2E-04
G5b	Manipulatie met Co-60 kalibratiebron	stralingscontroleur	8E-04	1E-02	2E-04
	Totaal (regulier+potentieel) in (mSv/jaar)		1,20	1,37	1,13

Wanneer deze dosiswaarden worden verdeeld over de verschillende rollen, dan wordt de volgende verdeling gevonden (Tabel 9):

Tabel 9 Totale medewerkerdosis voor verschillende rollen.

Blootgesteld persoon	Effectieve dosis (mSv/j)	Extremiteiten dosis (mSv/j)	Ooglens dosis (mSv/j)
installateur	2E-05	1E-03	2E-05
medewerker beveiliging	8E-02	8E-02	8E-02
stralingscontroleur	0,03	0,13	0,03
medewerker reactorploeg	0,27	0,33	0,20
omstander (maximale waarde)	0,50	0,50	0,50

Op basis hiervan is blijft de verwachte medewerkerdosis beperkt tot 0,5 mSv per jaar. Voor een nadere onderbouwing wordt verwezen naar Bijlage C. De voor de omstander gerapporteerde waarde is gebaseerd op de aanname dat de omstanders niet dezelfde persoon zullen zijn.

2.4.3 Dosisbeperkingen

Wordt voldaan aan het bij of krachtens het besluit gestelde met betrekking tot:

c. de dosisbeperkingen;

1. Met oog op de oprichtingsfase van PALLAS zijn, gezien het geringe risico van de handelingen, geen dosisbeperkingen geformuleerd.
2. Voor de operationele fase zijn dergelijke dosisbeperkingen overigens wel reeds geformuleerd.

2.4.4 Indeling werknemers

Wordt voldaan aan het bij of krachtens het besluit gestelde met betrekking tot:

d. de identificatie van blootgestelde werknemers op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling;

1. De in deze RI&E berekende reguliere en potentiële blootstelling leidt tot een totale medewerkerdosis zoals is weergegeven in Tabel 9. De belangrijkste dosisbijdragen in het totaal zijn (voor de omstander) toe te schrijven aan een conservatieve schatting van de dosis bij 2000 uur verblijf in de buurt van de verschillende bergplaatsen voor radioactieve stoffen. Daarnaast dient de berekende dosis verdeeld te worden over de verschillende medewerkers die handelingen verrichten behorende bij de beschreven rollen.
2. Op basis van deze totalen blijkt dat de blootstelling in de praktijk ruimschoots onder de dosislimieten voor niet-blootgestelde werknemers valt (o.a. de waarde van 1 mSv per jaar voor de effectieve dosis).
3. Op grond van de berekende dosis behorend bij de in deze RI&E beschouwde handelingen worden alle betrokken medewerkers ingedeeld als niet-blootgestelde medewerkers.

e. de indeling van blootgestelde werknemers in categorie A of B op basis van de bepaalde reguliere en potentiële blootstelling;

4. Op grond van de berekende dosis behorend bij de in deze RI&E beschouwde handelingen is er geen aanleiding om medewerkers in te delen als blootgesteld medewerker categorie A of B.

2.4.5 Indeling ruimten

Wordt voldaan aan het bij of krachtens het besluit gestelde met betrekking tot:

f. de identificatie en indeling van ruimten in gecontroleerde zone of bewaakte zone;

1. Op grond van de in deze RI&E beschouwde handelingen en de berekende dosiswaarden is er geen directe aanleiding om ruimtes als gecontroleerde of bewaakte zones in te richten.
2. Hoewel het verblijf van werknemers in de opslagruimte voor nieuwe splijtstoffen en targets in de praktijk beperkt is, wordt er op grond van het dosistempo rondom de splijtstofelementen voor gekozen deze ruimte voor de oprichtingsfase als bewaakte zone in te delen.

2.4.6 Actualisatie maatregelen

Wordt voldaan aan het bij of krachtens het besluit gestelde met betrekking tot:

g. de noodzaak tot actualisering van getroffen maatregelen.

1. De berekende dosiswaarden geven geen directe aanleiding tot het actualiseren van de maatregelen. Echter, deze RI&E is geruime tijd voor het daadwerkelijk starten van de handelingen opgesteld ten behoeve van de vergunningsaanvraag. Hierbij is in veel gevallen gebruik gemaakt van generieke aannames en de ervaring bij NRG met zekere handelingen. Wanneer er meer informatie beschikbaar komt over de daadwerkelijke bronnen, locaties, afschermingen en handelingen zal er een actualisatie van deze RI&E plaats moeten vinden.
2. Wettelijk gezien dient de RI&E minimaal eens per 5 jaar opnieuw te worden beoordeeld. De RI&E dient ook te worden gewijzigd als er wijzigingen optreden in de situatie, bijvoorbeeld bij de start van de operationele fase.

3 Blootstelling milieu

3.1 Inleiding

1. Wanneer een ondernemer handelingen met ioniserende straling verricht, dient er een analyse te worden gemaakt van de maximale totale effectieve dosis die een representatief persoon in een kalenderjaar kan ontvangen op enig punt buiten de locatie waar de handelingen plaatsvinden, zowel ten gevolge van lozingen van radioactieve stoffen in lucht en water als ten gevolge van externe straling. Dit is beschreven in ANVS-verordening basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Vbs), art. 3.2, lid 1.d [3].
2. Voor de dosisschattingen en de toetsing aan limieten moeten in principe de rekenregels uit Vbs, Bijlage 10 ('Bijlage AGIS') worden gebruikt (Vbs, art. 4.37, 4.39 en 4.40).
3. Bij evaluatie van de dosis worden de volgende dosisniveaus gehanteerd (alles wordt op jaarbasis uitgedrukt):
    - een locatielimiet van 100 µSv in een jaar, waarboven geen vergunning wordt verleend (Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs) [1], art. 3.7, onder b);
    - een Secundair Niveau (SN) van 1 µSv voor lucht- en waterlozingen;
    - een SN van 10 µSv voor externe straling.
4. Onder het SN is erop grond van de blootstelling van het publiek aan ioniserende straling nooit bezwaar tegen vergunningverlening. Het SN is een niveau waaronder de invulling van het ALARA-beginsel geen prioriteit heeft en de verantwoordelijkheid voor het toepassen hiervan bij de vergunninghouder wordt gelegd. De vergunninghouder heeft de verplichting om het ALARA-beginsel in de praktijk door te voeren.
5. Dit hoofdstuk beschrijft de berekening van de geschatte dosis aan de PALLAS inrichtingsgrens ten gevolge van alle handelingen met ioniserende straling die worden beoogd in de oprichtingsfase van de PALLAS-reactor.
6. Gedurende de oprichtingsfase vinden geen lozingen plaats van radioactieve stoffen, aangezien er geen handelingen plaatsvinden waarbij deze vrij kunnen komen, daarom wordt in dit hoofdstuk enkel de bijdrage aan de blootstelling van het milieu ten gevolge van externe straling beschouwd.

3.2 Gegevens locatie

1. Voor meer informatie over de locatie van de handelingen wordt verwezen naar paragraaf 2.2.4.
2. De globale locatie van de opslagplaatsen van de bronnen ten opzichte van de gebouwcontouren en de terreingrens is aangeduid op de plattegrond in Bijlage E.
3. Voor de röntgenscanners is een minimale afstand van 4 meter tot de terreingrens verondersteld. Dit is bij gebrek aan detailinformatie voor de oprichtingsfase. Bij selectie van de uiteindelijke locatie van de scanners zal de verwachte dosis aan de terreingrens en de minimale afstand daartoe worden meegenomen.

3.3 Gegevens bronnen

1. Voor een beschrijving van de stralingsbronnen en hun aantal wordt verwezen naar paragraaf 2.2.1.
2. Voor de terreingrensberekening is van een aantal vereenvoudigde aannames uitgegaan.
3. Voor de bronnen die in een bergplaats zijn opgeslagen is het maximale dosistempo aan de buitenzijde van de bergplaats van 1 µSv/h als uitgangspunt gebruikt.
4. Voor de röntgenscanners is het maximale dosistempo op 10 cm van de buitenzijde van de kast van 1 µSv/h als uitgangspunt gebruikt.

5. Voor de fission chamber detectoren is in MicroShield het dosistempo berekend en als uitgangspunt gebruikt (zie paragraaf 2.2.1).

3.4 Berekende terreingrensdosis

1. Om de jaardosis ten gevolge van externe straling aan de terreingrens te bepalen is de kortste afstand van elke bron tot de terreingrens bepaald.
2. Voor de bronnen in de opslagruimte voor nieuwe splijtstoffen en targets is een aanvullende afscherming verondersteld van minimaal 30 cm beton in de richting van de terreingrens. Op basis van de gebouwstructuren is dat een conservatieve aanname.
3. De berekening van de terreingrensdosis ten gevolge van externe straling is te vinden in Bijlage D en resulteert in een maximale Individuele Dosis (ID_{ext}) van 11 μSv per jaar.

3.5 Toetsing

3.5.1 Toetsing aan het Secundair Niveau

1. Op grond van de Individuele Dosis van 11 μSv per jaar wordt een Multifunctionele Individuele Dosis (MID_{ext}) van maximaal 11*0,25 = 3 μSv per jaar gevonden.
2. Daar er geen andere belastingpaden zijn, staat de MID_{ext} gelijk aan de MID. De berekende MID blijft ruimschoots onder het Secundair Niveau van 10 μSv per jaar.
3. Op basis hiervan zijn geen aanvullende maatregelen met oog op het milieu nodig.

3.5.2 Mate van onderbouwing van het ALARA criterium

1. Er is geen sprake van overschrijding van het SN, dus verdere onderbouwing is niet nodig.

3.5.3 Toetsing aan de locatielimiet

1. Aangezien de berekende terreingrensdosis onder het SN ligt, blijft de dosis ook onder de locatielimiet van 100 μSv per jaar.

4 Conclusie

1. De berekende medewerkerdosis ten gevolge van de handelingen gedurende de oprichtingsfase bedraagt per werknemer maximaal 0,5 mSv per jaar. Hiermee wordt ruimschoots voldaan aan de dosislimieten en blijft de medewerkerdosis gedurende de oprichtingsfase zeer beperkt. Er hoeven dus voor de oprichtingsfase geen medewerkers als blootgestelde werknemers te worden ingedeeld.
2. De opslagruimte voor nieuwe splijtstoffen en targets wordt ingedeeld als bewaakte zone.
3. De blootstelling van het milieu ten gevolge van de handelingen met de bronnen en toestellen van PALLAS tijdens de oprichtingsfase blijft aan de terreingrens ruimschoots onder het Secundair Niveau van 10 µSv voor externe straling. Op basis hiervan zijn er geen verdere maatregelen nodig en worden de wettelijke limieten niet overschreden.

A Reguliere dosis werknemers

A.1 Reguliere dosis ten gevolge van transport

		Transport van bron			
Effectieve lichaamsdosis					
			H1a	H2a	H5a
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren	Co-60 kalibratiebron
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	25	5E-04	1
Tijd	t	h	0,33	0,33	45
Frequentie	f	aantal/jaar	8	12	1
Afstand dosistempo	r1	m	1	1	0,2
Afstand rekenpunt	r2	m	0,5	0,4	0,4
Dosis		µSv/jaar	267	1E-02	8
Extremiteitendosis					
			H1a	H2a	H5a
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren	Co-60 kalibratiebron
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	500	5E-04	1
Tijd	t	h	0,33	0,33	45
Frequentie	f	aantal/jaar	8	12	1
Afstand dosistempo	r1	m	0,1	1	0,2
Afstand rekenpunt	r2	m	0,2	0,2	0,25
Dosis		µSv/jaar	333	5E-02	20
Ooglensdosis					
			H1a	H2a	H5a
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren	Co-60 kalibratiebron
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	25	5E-04	1
Tijd	t	h	0,33	0,33	45
Frequentie	f	aantal/jaar	8	12	1
Afstand dosistempo	r1	m	1	1	0,2
Afstand rekenpunt	r2	m	0,6	0,5	0,5
Dosis		µSv/jaar	196	8E-03	5

A.2 Reguliere dosis ten gevolge van verblijf nabij de bron

		Verblijf in de buurt van de bron			
Effectieve lichaamsdosis					
			H1b	H2b	H6b
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren	Alle kaliberatiebronnen
Verblijfplaats			Opslag	Evt. opslag	Kluis HP room
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	0,25	5E-04	1
Tijd	t	h/jaar	2000	2000	2000
Afstand dosistempo	r1	m	1	1	0,4
Afstand rekenpunt	r2	m	1	1	1
Dosis		µSv/jaar	500	1,0	320
Extremiteitendosis					
			H1b	H2b	H6b
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren	Alle kaliberatiebronnen
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	0	5E-04	1
Tijd	t	h/jaar	2000	2000	2000
Afstand dosistempo	r1	m	1	1	0,4
Afstand rekenpunt	r2	m	1	1	1
Dosis		µSv/jaar	500	1	320
Ooglensdosis					
			H1b	H2b	H6b
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren	Alle kaliberatiebronnen
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	0	5E-04	1
Tijd	t	h/jaar	2000	2000	2000
Afschermingsfactor	µ	/m			
	d	m		0	0
Transmissie	exp(-µd)		0%	1	1
Afstand dosistempo	r1	m	1	1	0,4
Afstand rekenpunt	r2	m	1,0	1,0	1,0
Dosis		µSv/jaar	500	1	320

A.3 Reguliere dosis ten gevolge van controles van de bron

		Controle van (onafgeschermde) bron			
Effectieve lichaamsdosis					
			H1c	H2c	H6c
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren	Co-60 kalibratiebron
Dosistempoconstante		µSv/h per MBq			0,36
Activiteit		MBq			1
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	5	5E-04	0,36
Tijd	t	h	5,6E-03	5,6E-03	5,6E-03
Frequentie	f	aantal/jaar	20	6	2
Afstand dosistempo	r1	m	1	1	1
Afstand rekenpunt	r2	m	0,4	0,4	0,4
Dosis		µSv/jaar	3,5	1E-04	3E-02
Extremiteitendosis					
			H1c	H2c	H6c
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren	Co-60 kalibratiebron
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	100	5E-04	1200
Tijd	t	h	5,6E-03	5,6E-03	5,6E-03
Frequentie	f	aantal/jaar	20	6	2
Afstand dosistempo	r1	m	contact	1	contact
Afstand rekenpunt	r2	m	contact	0,1	contact
Dosis		µSv/jaar	11	2E-03	13
Ooglensdosis					
			H1c	H2c	H6c
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren	Co-60 kalibratiebron
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	5	5E-04	0,36
Tijd	t	h	5,6E-03	5,6E-03	5,6E-03
Frequentie	f	aantal/jaar	20	6	2
Afstand dosistempo	r1	m	1	1	1
Afstand rekenpunt	r2	m	0,5	0,5	0,5
Dosis		µSv/jaar	2,2	7E-05	2E-02

A.4 Reguliere dosis ten gevolge van manipulaties met de bron

				medewerker reactorploeg	
Effectieve lichaamsdosis					
			H2d	H5d	H6d
Bron:			FC detectoren	Co-60 kalibratiebron	Co-60 kalibratiebron
Dosistempoconstante		µSv/h per MBq		0,36	0,36
Activiteit		MBq		1	1
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	5E-04	0,36	0,36
Tijd	t	h	0,50	0,008	0,008
Frequentie	f	aantal/jaar	12	520	400
Afstand dosistempo	r1	m	1	1	1
Afstand rekenpunt	r2	m	0,4	0,4	0,4
Dosis		µSv/jaar	2E-02	9,8	7,5
Extremiteitendosis					
			H2d	H5d	H6d
Bron:			FC detectoren	Co-60 kalibratiebron	Co-60 kalibratiebron
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	5E-04	0,36	0,36
Tijd	t	h	0,50	0,01	0,01
Frequentie	f	aantal/jaar	12	520	400
Afstand dosistempo	r1	m	1	1	1
Afstand rekenpunt	r2	m	0,05	0,2	0,2
Dosis		µSv/jaar	1,2	39	30
Ooglensdosis					
			H2d	H5d	H6d
Bron:			FC detectoren	Co-60 kalibratiebron	Co-60 kalibratiebron
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	5E-04	0,36	0,36
Tijd	t	h	0,50	0,01	0,01
Frequentie	f	aantal/jaar	12	520	400
Afstand dosistempo	r1	m	1	1	1
Afstand rekenpunt	r2	m	0,4	0,4	0,4
Dosis		µSv/jaar	2E-02	9,8	7,5

A.5 Reguliere dosis rondom gebruik röntgentoestellen

Effectieve lichaamsdosis			Bediening	Bediening	Verblijf	Verblijf
			H3a	H4a	H3b	H4b
Bron:			B4. Palletscanner	B3. Bagagescanner	B4. Palletscanner	B3. Bagagescanner
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	1	1	1	1
Tijd	t	min	0,33	0,17	0,33	0,17
Frequentie		scans/d	4	504	0,3	1,1
Frequentie	f	scans/j	1460	183960	100	400
Afstand dosistempo	r1	m	0,6	0,6	0,6	0,6
Afstand rekenpunt	r2	m	1,5	1,5	1	1
Dosis		µSv/jaar	1	82	0,2	0,4
Extremiteitendosis						
			H3a	H4a	H3b	H4b
Bron:			B4. Palletscanner	B3. Bagagescanner	B4. Palletscanner	B3. Bagagescanner
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	1	1	1	1
Tijd	t	min	0,33	0,17	0,33	0,17
Frequentie	f	scans/j	1460	183960	100	400
Afstand dosistempo	r1	m	0,6	0,6	0,6	0,6
Afstand rekenpunt	r2	m	1,5	1,5	1	1
Dosis		µSv/jaar	1	82	0,2	0,4
Ooglensdosis						
			H3a	H4a	H3b	H4b
Bron:			B4. Palletscanner	B3. Bagagescanner	B4. Palletscanner	B3. Bagagescanner
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	1	1	1	1
Tijd	t	min	0,33	0,17	0,33	0,17
Frequentie	f	scans/j	1460	183960	100	400
Afstand dosistempo	r1	m	0,6	0,6	0,6	0,6
Afstand rekenpunt	r2	m	1,5	1,5	1	1
Dosis		µSv/jaar	1	82	0,2	0,4

B Potentiele blootstelling werknemers

B.1 Kortere afstand bij transport van de bron

	Transport van bron			
Effectieve lichaamsdosis				
			G2a	G5a
Bron:			FC detectoren	Co-60 kalibratiebron
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	4,9E-04	1
Tijd	t	h	0,33	1
Frequentie	f	aantal/jaar	1	1
Afstand dosistempo	r1	m	1	0,2
Afstand rekenpunt	r2	m	0,2	0,2
Dosis		µSv/jaar	4E-03	0,7
Extremiteitendosis				
			G2a	G5a
Bron:			FC detectoren	Co-60 kalibratiebron
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	4,9E-04	1
Tijd	t	h	0,33	1
Frequentie	f	aantal/jaar	1	1
Afstand dosistempo	r1	m	1	0,2
Afstand rekenpunt	r2	m	0,1	0,2
Dosis		µSv/jaar	2E-02	1,0
Ooglensdosis				
			G2a	G5a
Bron:			FC detectoren	Co-60 kalibratiebron
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	4,9E-04	1
Tijd	t	h	0,33	1
Frequentie	f	aantal/jaar	1	1
Afstand dosistempo	r1	m	1	0,165
Afstand rekenpunt	r2	m	0,4	0,4
Dosis		µSv/jaar	1E-03	0,2

B.2 Kortere afstand bij bediening toestel

Effectieve lichaamsdosis			Bediening	Bediening
			G3	G4
Bron:			B4. Palletscanner	B3. Bagagescanner
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	1	1
Tijd	t	min	0,33	0,17
Aantal gebeurtenissen		scans/j	15	1840
Afstand dosistempo	r1	m	0,6	0,6
Afstand rekenpunt	r2	m	1	1
Dosis		µSv/jaar	0,03	2
Extremiteitendosis				
			H3a	H4a
Bron:			B4. Palletscanner	B3. Bagagescanner
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	1	1
Tijd	t	min	0,33	0,17
Aantal gebeurtenissen		scans/j	15	1840
Afstand dosistempo	r1	m	0,6	0,6
Afstand rekenpunt	r2	m	0,6	0,6
Dosis		µSv/jaar	0,1	5
Ooglensdosis				
			H3a	H4a
Bron:			B4. Palletscanner	B3. Bagagescanner
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	1	1
Tijd	t	min	0,33	0,17
Frequentie	f	scans/j	15	1840
Afstand dosistempo	r1	m	0,6	0,6
Afstand rekenpunt	r2	m	0,6	0,6
Dosis		µSv/jaar	0,1	5

B.3 Kortere afstand bij controle van de bron

		Controle van (onafgeschermde) bron		
Effectieve lichaamsdosis				
			G1	G2c
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren
Dosistempoconstante		µSv/h per MBq		
Activiteit		MBq		
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	5	4,92E-04
Tijd	t	h	5,56E-03	6E-03
Frequentie	f	aantal/jaar	1	1
Afstand dosistempo	r1	m	1	1
Afstand rekenpunt	r2	m	0,2	0,2
Dosis		µSv/jaar	0,7	7E-05
Extremiteitendosis				
			G1	G2c
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	100	0,000492
Tijd	t	h	5,56E-03	6E-03
Frequentie	f	aantal/jaar	1	1
Afstand dosistempo	r1	m	contact	1
Afstand rekenpunt	r2	m	contact	0,1
Dosis		µSv/jaar	0,6	3E-04
Ooglensdosis				
			G1	G2c
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	5	0,000492
Tijd	t	h	5,56E-03	6E-03
Frequentie	f	aantal/jaar	1,00E+00	1
Afstand dosistempo	r1	m	1	1
Afstand rekenpunt	r2	m	0,4	0,4
Dosis		µSv/jaar	2E-01	2E-05

B.4 Kortere afstand bij manipulatie van de bron

	Manipulatie van de bron			
Effectieve lichaamsdosis				
			G2b	G5b
Bron:			FC detectoren	Co-60 kalibratiebron
Dosistempoconstante	µSv/h per MBq			0,36
Activiteit		MBq		1
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	5E-04	0,36
Tijd	t	h	0,50	0,008
Frequentie	f	aantal/jaar	1	10
Afstand dosistempo	r1	m	1	1
Afstand rekenpunt	r2	m	0,2	0,2
Dosis		µSv/jaar	6E-03	0,8
Extremiteitendosis				
			G2b	G5b
Bron:			FC detectoren	Co-60 kalibratiebron
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	5E-04	0,36
Tijd	t	h	0,50	0,01
Frequentie	f	aantal/jaar	1	10
Afstand dosistempo	r1	m	1	1
Afstand rekenpunt	r2	m	0,05	0,05
Dosis		µSv/jaar	0,10	12
Ooglensdosis				
			G2b	G5b
Bron:			FC detectoren	Co-60 kalibratiebron
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	5E-04	0,36
Tijd	t	h	0,50	0,01
Frequentie	f	aantal/jaar	1	10
Afstand dosistempo	r1	m	1	1
Afstand rekenpunt	r2	m	0,4	0,4
Dosis		µSv/jaar	2E-03	0,2

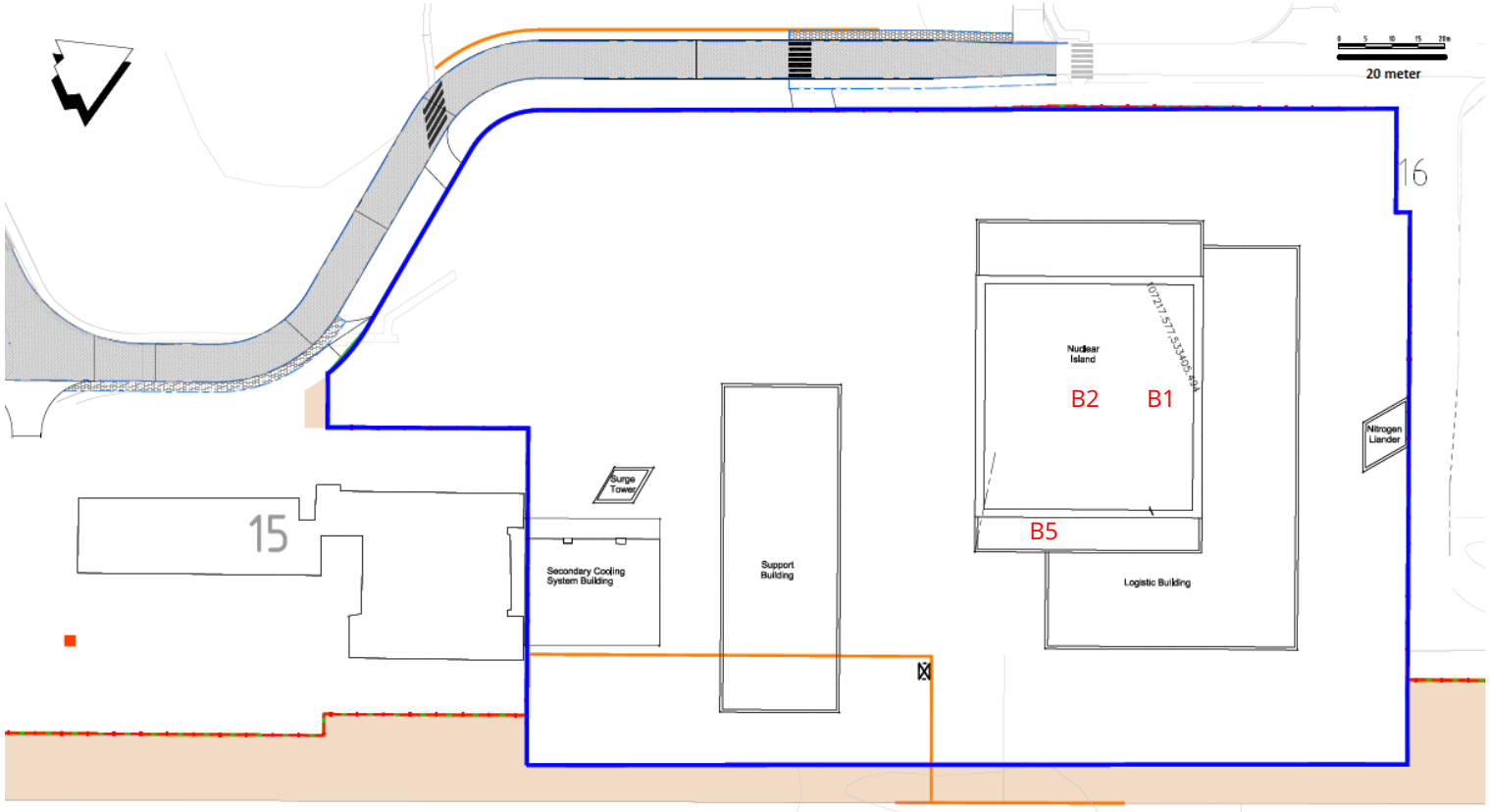
C Totale medewerkerdosis per rol

	medewerker beveiliging	Effectieve dosis (mSv/j)	Extremiteiten dosis (mSv/j)	Ooglens dosis (mSv/j)
H3a	Bediening toestel palletscanner	1E-03	1E-03	1E-03
H4a	Bediening toestel bagagescanner	8E-02	8E-02	8E-02
G3	Bediening toestel palletscanner	3E-05	3E-05	3E-05
G4	Bediening toestel bagagescanner	2E-03	2E-03	2E-03
	Totaal	8E-02	8E-02	8E-02
	medewerker reactorploeg	Effectieve dosis (mSv/j)	Extremiteiten dosis (mSv/j)	Ooglens dosis (mSv/j)
H1a	Transport splijtstofelementen	0,27	0,33	0,20
H2a	Transport fission chamber detectoren	1E-05	5E-05	8E-06
G2a	Transport fission chamber detectoren	4E-06	2E-05	1E-06
	Totaal	0,27	0,33	0,20
	omstander	Effectieve dosis (mSv/j)	Extremiteiten dosis (mSv/j)	Ooglens dosis (mSv/j)
H1b	Verblijf in buurt opslag splijtstofelementen	0,5	0,5	0,5
H2b	Verblijf in buurt opslag fission chamber detectoren	1E-03	1E-03	1E-03
H3b	Verblijf in buurt palletscanner	2E-04	2E-04	2E-04
H4b	Verblijf in buurt bagagescanner	4E-04	4E-04	4E-04
H5b	Verblijf in buurt opslag Co-60 kalibratiebron	0,32	0,32	0,32
	stralingscontroleur	Effectieve dosis (mSv/j)	Extremiteiten dosis (mSv/j)	Ooglens dosis (mSv/j)
H1c	Controle splijtstofelementen	3E-03	1E-02	2E-03
H2c	Controle fission chamber detectoren	1E-07	2E-06	7E-08
H5a	Transport Co-60 kalibratiebron	8E-03	2E-02	5E-03
H5c	Controle Co-60 kalibratiebron	3E-05	1E-02	2E-05
H5d	Manipulatie met Co-60 kalibratiebron	2E-02	7E-02	2E-02
G1	Controle splijtstofelementen	7E-04	6E-04	2E-04
G2c	Controle fission chamber detectoren	7E-08	3E-07	2E-08
G5a	Transport Co-60 kalibratiebron	7E-04	1E-03	2E-04
G5b	Manipulatie met Co-60 kalibratiebron	8E-04	1E-02	2E-04
	Totaal	0,03	0,13	0,03
	installateur	Effectieve dosis (mSv/j)	Extremiteiten dosis (mSv/j)	Ooglens dosis (mSv/j)
H2d	Manipulatie met fission chamber detectoren	2E-05	1E-03	2E-05
G2b	Manipulatie met fission chamber detectoren	6E-06	1E-04	2E-06
	Totaal	2E-05	1E-03	2E-05

D Berekening blootstelling milieu

			B1	B2	B3	B4	B5	
Bron:			Splijtstofstaven	FC detectoren	Pallet scanner(s)	Bagage scanner(s)	Co-60 kalibratiebron	
Locatie			Opslagruimte voor nieuwe splijtstoffen en targets	Reactor pool of service pool			Kluis in Health Physics room	
Opm bronterm			Maximale dosistempo buitenzijde bergplaats	MicroShield calculatie	Maximale dosistempo buitenzijde	Maximale dosistempo buitenzijde	Maximale dosistempo buitenzijde bergplaats	
Dosistempo (r1)	H*(10)	µSv/h	1	5E-04	1	1	1	
Duur handeling		min			0,33	0,17		
Aantal handelingen		/dag			4	504		
Totale tijd	t	h/jaar	8760	8760	8	511	8760	
Afschermingsmateriaal			> 30 cm beton					
Transmissie	exp(-µd)		5%	100%	100%	100%	100%	
Afstand dosistempo	r1	m	1	1	0,6	0,6	0,4	
Afstand rekenpunt	r2	m	48	50	4	4	39	
								Totale Individuele Dosis
Dosis		µSv/jaar	0,2	2E-03	0,2	11	0,9	
Bijdrage born < 1 µSv/jaar			ja	ja	ja	nee	ja	
Dosisbijdragen > 1 aan terreingrens		µSv/jaar	0	0	0	11	0	11

E Plattegrond PALLAS



Figuur E 1 Plattegrond PALLAS met terreingrens met globale locaties bronnen. B1: opslag splijtstoffen, B2: opslag fission chamber detectoren, B5: bergplaats met daarin de Co-60 bron. De blauwe lijn geeft de terreingrens aan.

Figuur D-1 Plattegrond PALLAS met terreingrens met globale locaties bronnen. B1: opslag splijtstoffen, B2: opslag fission chamber detectoren, B5: bergplaats met daarin de Co-60 bron. De blauwe lijn met driehoekjes geeft de terreingrens aan.

Referenties

[1] “Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming,” 23 oktober 2017.

[2] “Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018,” 23 januari 2018.

[3] Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming, “ANVS-verordening basisveiligheidsnormen stralingsbescherming,” *Staatscourant 2019, 43036,* 5 augustus 2019.

[4] R. Krol, “FW: beveiligingsscanners PALLAS,” 9-9-2020.

[5] ISO, “Radiological protection - Sealed radioactive sources - General requirements and classification (ISO 2919:2012),” 2014.

[6] Ministerie van Infrastructuur en Milieu, “Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen,” *Staatsblad 2017, 404,* 7 november 2017.