



# Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten

## Deel 9 FIELD-LAB

In opdracht van **NRG**

**Openbaar**

NRG Petten  
Westerduinweg 3  
P.O. Box 25  
1755 ZG Petten  
The Netherlands

NRG Arnhem  
Utrechtseweg 310 - B50-West  
P.O. Box 9034  
6800 ES Arnhem  
The Netherlands

<b>auteur(s):</b>	<b>J. Hart</b> 	<b>beoordeeld:</b>	<b>R. Huiskamp</b> 06-05-2021
	<b>W.A.G. van der Mheen</b> 		<b>R.C.L. van der Stad</b> 06-05-2021
			<b>F.P. Moet</b>  6 mei 2021
<b>naam:</b>		<b>goedgekeurd:</b>	<b>M. P. Bogert</b>  6-mei-2021
<b>referentienr:</b>	<b>7.8451/20.190713</b>	<b>status:</b>	<b>Definitief</b>
<b>51 pagina's</b>	<b>6 mei 2021</b>		

- Dit rapport is geclassificeerd als vertrouwelijk in het kader van artikel 10 lid 1.c van de Wet Openbaarheid Bestuur.
- Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt en is NRG niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie.
- Bij eventuele export van (een deel van) dit document, kunnen exportvergunningen nodig zijn. De exporteur is verantwoordelijk voor het verkrijgen van de benodigde vergunningen.

## Revisietabel

rev.	datum	omschrijving
E	06/05/2021	Revisie na verwerking review RSC, LSC en ANVS
D	16/03/2021	Revisie na verwerking review QHSE
C	17/01/2021	Revisie na verwerking review NO, QHSE
B	10/01/2021	2 <sup>e</sup> concept
A	05/11/2020	1 <sup>e</sup> concept

## Voorwoord

Op 2 augustus 2001 is aan NRG-Petten een Kernenergiewetvergunning verleend met kenmerk DGM/SAS/2001049111 gevolgd door een aantal wijzigingsbeschikkingen zoals opgenomen in deel 1 van het Veiligheidsrapport.

De vergunning heeft betrekking op de handelingen die binnen de NRG-inrichting worden verricht en de toestellen die daarin worden gebruikt en waarvoor een vergunning ingevolge de Kernenergiewet is vereist.

Dit rapport maakt als deel 9 onderdeel uit van het “Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten” van de vergunningsaanvraag en beschrijft het FIELD-LAB.

## Lijst van afkortingen

Bkse	Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen
BNO	Bedrijfs Nood Organisatie
DWT	Decontamination and Waste Treatment
GMP	Good Manufacturing Practice
HCL	Hot Cell Laboratories (Hot Cell Laboratory)
HEPA	High Efficiency Particulate Air
HVAC	Heat, Ventilation and Air Conditioning
JGL	Jaap Goedkoop Laboratorium
Kew	Kernenergiewet
LNP	Locatie Nood Plan
NRG	Nuclear Research & consultancy Group
NRG-NO	Nuclear Research & consultancy Group – Nuclear Operations
OLP	OnderzoeksLocatie Petten
PBM	Persoonlijke Beschermings Middelen
PIE	Postulated Initiating Event
QA	Quality Assurance
QC	Quality Control
QRT	Quick Response Team
Re <sub>inh</sub>	Radiotoxiciteitsequivalent voor inhalatie
RT	Radiotoxiciteit
RI&E	Risico-Inventarisatie & -Evaluatie
STEK	Snel Thermisch Experiment Krito
Sv	Sievert
UMC	Universitair Medisch Centrum
ZZS	Zeer Zorgwekkende Stoffen

## Inhoudsopgave

### Voorwoord 3

<b>Lijst van afkortingen</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1 Doel en structuur van het Veiligheidsrapport	6
1.2 Inhoud van het Veiligheidsrapport FIELD-LAB	7
<b>2 Inrichting en installaties</b>	<b>9</b>
2.1 De inrichting	10
2.1.1 Kaderzetting	10
2.1.2 Gebouw 28	11
2.1.3 Ruimten	11
2.1.4 Cellenlijnen	13
2.2 Processen	15
2.3 Installaties	17
2.3.1 Productie / procesapparatuur	17
2.3.2 HVAC / ventilatiesysteem	18
2.3.3 Alarmsystemen	23
2.3.4 Manipulatoren	23
2.3.5 Hijsvoorzieningen	23
2.3.6 Sluissystemen van de cellen	24
2.4 Algemene voorzieningen	24
2.4.1 Elektro-technische voorzieningen	25
2.4.2 Gas- en persluchtvoorziening	25
2.4.3 Afvalwatersysteem	26
<b>3 Historisch overzicht en rechtvaardiging</b>	<b>27</b>
3.1 Historisch overzicht	27
3.2 Bedrijfservaring en rechtvaardiging	27
3.2.1 Bedrijfservaring	27
3.2.2 Rechtvaardiging	28
<b>4 Radioactieve stoffen</b>	<b>29</b>
4.1 Aard van de radioactieve stoffen	29
4.2 Hoeveelheid radioactieve stoffen en toestellen	29
4.3 Registratie	30
4.4 Transport van radioactieve stoffen	30
<b>5 Radioactief afval binnen het FIELD-LAB</b>	<b>31</b>
5.1 Algemene aspecten	31
5.2 Ontstaan/behandeling van radioactief afval	31
5.3 Lozingen naar de omgeving	33
5.3.1 Lozingen in de omgevingslucht	33
5.3.2 Lozing van vloeibare radioactieve stoffen	33
5.3.3 Controle van lozingen en andere activiteitsmetingen	33
<b>6 Veiligheidsevaluatie</b>	<b>34</b>
6.1 Veiligheidsfuncties	34
6.2 Beschrijving van de veiligheidsmaatregelen	34
6.2.1 Materiële maatregelen	34
6.2.2 Organisatorische maatregelen	36
6.2.3 Brandpreventie, -detectie en –bestrijding	37

6.2.4	Ongevalsbestrijding en noodplan	38
6.3	Barrière principe	38
6.4	Directe straling	39
6.5	Ongevalssituaties en gevolgenanalyses	39
6.5.1	Ongevalssituaties	39
6.5.2	Gevolgenanalyses	41
6.5.3	Ongevalseconsequenties	43
<b>7</b>	<b>Stralingsbescherming</b>	<b>47</b>
7.1	Stralingshygiënische voorzieningen	47
7.2	Maatregelen met betrekking tot stralingsbescherming	48
7.2.1	Maatregelen bij de behandeling van radioactief afval	48
7.2.2	Afscherming	48
7.2.3	Ventilatie	48
7.2.4	Meetapparatuur	48
7.2.5	Persoonlijke beschermingsmiddelen	49
7.2.6	Toegangscontrole	49
7.3	Registratie en persoonsdoses	50
7.4	Opleiding en instructie met betrekking tot stralingsbescherming	50
	<b>Lijst van tabellen</b>	<b>51</b>
	<b>Lijst van figuren</b>	<b>51</b>

# 1 Inleiding

Op de OnderzoeksLocatie Petten (OLP) worden door NRG activiteiten uitgevoerd op het gebied van nucleaire technologie, met name voor medische en technische / industriële doeleinden, veilige opwekking van kernenergie, radioactief afvalverwerking en stralingshygiëne. Het verkrijgen en in stand houden van kennis op nucleair gebied en de voortdurende innovatie van de nucleaire technologie is een belangrijke taak voor NRG. Uitgangspunt hierbij is dat de nucleaire technologie veilig, ecologisch verantwoord en efficiënt dient te worden aangewend. Ten behoeve van bovenstaande activiteiten worden de nucleaire installaties en laboratoria door NRG bedreven en geëxploiteerd.

De randvoorwaarden voor het hanteren van radioactieve stoffen, splijtstoffen en ioniserende straling uitzendende toestellen zijn op grond van de Kernenergiewet (Kew) geregeld. De Kew heeft betrekking op:

- de bescherming van de volksgezondheid;
- de bescherming op de arbeidsplaats tegen gevaren van de radioactieve stoffen en ioniserende straling uitzendende toestellen;
- de bescherming van mensen, planten, dieren en goederen.

De beschreven activiteiten zijn op dit moment vergund in de NRG Kew-vergunning met kenmerk DGM/SAS/2001049111 van 2 augustus 2001 en de daaropvolgende wijzigingsbeschikkingen.

## 1.1 Doel en structuur van het Veiligheidsrapport

Het “veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten” is opgesteld ten behoeve van de vergunningsverlening op basis van de Kernenergiewet. Het ‘integrale’ Veiligheidsrapport levert een beschrijving van de constructie en bedrijfsvoering van de nucleaire faciliteiten, waarbij bijzondere aandacht wordt gegeven aan de maatregelen ter voorkoming van gevaar, schade of hinder tijdens normaal bedrijf, alsmede aan de beschermende maatregelen tegen gevaren die voortvloeien uit redelijkerwijs mogelijk te achten incidenten en ongevallen. Het integrale veiligheidsrapport is daardoor een document dat de basis vormt voor de vergunningsverlening door het Bevoegd Gezag.

Het veiligheidsrapport omvat meerdere delen, onderverdeeld in delen met een algemeen karakter en delen die specifieke faciliteiten betreffen. Voor het overzicht van de delen wordt verwezen naar deel 1 van het Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten.

Het voorliggende deel “FIELD-LAB” beschrijft de inrichting, installaties, de bedrijfsactiviteiten en de wijze waarop de veiligheid tijdens de bedrijfsvoering van het FIELD-LAB wordt gewaarborgd. Het FIELD-LAB betreft een uitbreiding van de bestaande faciliteiten op de OLP en valt organisatorisch onder NRG-NO.

Naast de regels vallende onder het stelsel van de Kernenergiewet, waaronder ook de “Eisen voor een radionucliden-laboratorium (2018), zijn ook, als basis voor het opstellen en beoordelen van veiligheidstechnische gronden, de IAEA-richtlijnen voor nucleaire installaties

gehanteerd. Het betreft met name GSR Part 4 (Rev. 1): *Safety Assessment for Facilities and Activities*, waarin veiligheidsfuncties van een nucleaire installatie of activiteit zijn gedefinieerd en richtlijnen voor het uitvoeren van veiligheidsberekeningen zijn gegeven. Daarnaast wordt voldaan aan internationaal geaccepteerde normen, of, indien van toepassing, daarop volgende versies, zoals bijvoorbeeld:

- ISO 17873:2004 - Nuclear facilities -- Criteria for the design and operation of ventilation systems for nuclear installations other than nuclear reactors
- ISO 10648:1:1997 - Containment enclosures -- Part 1: Design principles
- ISO 10648:2:1994 - Containment enclosures -- Part 2: Classification according to leak tightness and associated checking methods
- ISO 14644:2001 - Cleanrooms and associated controlled environments (Part 1 to 7)
- ISO 17874 – Remote Handling Devices for Radioactive Materials (Parts 1 to 5)
- ISO 16890 – Air filters for general ventilation (Parts 1 to 4)
- ISO 29463 - High-efficiency filters and filter media for removing particles in air (Parts 2 to 5)
- ISO 11933-4:2001 -Components for Containment Enclosures-Part 4:Ventilation and Gas-Cleaning Systems Such As Filters, Traps, Safety and Regulation, Valves, Control and Protection Devices

Aangezien in het FIELD-LAB nucleaire producten voor medische toepassingen worden vervaardigd, dient het ontwerp te voldoen aan GMP<sup>1</sup>-richtlijnen zoals geformuleerd in de EudraLex, met name de *EU Guidelines to Good Manufacturing Practice of EudraLex* Vol. 4. Het voldoen aan deze richtlijnen valt buiten de scope van dit veiligheidsrapport.

De veiligheidsfilosofie van NRG is gericht op het voorkomen en beheersen van ongevallen, waarbij veiligheidsmaatregelen op verschillende niveaus worden genomen. Volgens deze filosofie, kort aangeduid als 'defence in depth' ('gelaagd veiligheidsconcept'), bestaan alle activiteiten die betrekking hebben op de radiologische veiligheid van een nucleaire faciliteit uit meerdere niveaus, zodat eventueel wegvallen van voorzieningen en maatregelen op een bepaald niveau gecompenseerd of gecorrigeerd wordt door voorzieningen of maatregelen op een ander niveau.

Voor de principes van het veiligheidszorgsysteem en de 'defence in depth' wordt verwezen naar deel 1 van het Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten. De niet radiologische aspecten van de inrichting zijn in deel 2 gegroepeerd, terwijl de organisatie van de stralingshygiënische zorg en de bijbehorende verantwoordelijkheden in deel 3 zijn beschreven.

## 1.2 Inhoud van het Veiligheidsrapport FIELD-LAB

In dit veiligheidsrapport worden de functionele eisen en de grenswaarden ten aanzien van de veiligheid gegeven alsmede de hoofdkenmerken van de uitvoering daarvan. Het

---

<sup>1</sup> GMP: Good Manufacturing Practice, zie paragraaf 2.1.1

veiligheidsrapport behandelt alle essentiële aspecten die voor een veiligheidstechnische beoordeling van het FIELD-LAB nodig zijn.

Hoofdstuk 2 'Inrichting en Installaties' beschrijft de locatie, het ontwerp van de installatie en de componenten, de processen die worden uitgevoerd binnen het FIELD-LAB, alsmede de systemen die van belang zijn voor de veiligheid.

Hoofdstuk 3 geeft het historisch overzicht en de rechtvaardiging van het FIELD-LAB.

Hoofdstuk 4 'Radioactieve stoffen' bevat een beschrijving van de aard en de hoeveelheden van de radioactieve stoffen binnen het FIELD-LAB. Verder wordt beschreven hoe de registratie van de radioactieve stoffen geregeld is en op welke wijze de afvoer ervan wordt uitgevoerd.

Hoofdstuk 5 'Radioactief afval' beschrijft de soorten en de behandeling en afvoer van radioactief afval (gasvormig, vloeibaar, vast) dat ontstaat bij de werkzaamheden in het FIELD-LAB.

Hoofdstuk 6 'Veiligheidsevaluatie' beschrijft de getroffen veiligheidsmaatregelen, zowel materieel als organisatorisch en de analyse van mogelijke ongevallen en hun consequenties.

In hoofdstuk 7 'Stralingsbescherming' wordt ingegaan op de stralingsbeschermingsaspecten van het FIELD-LAB, waarbij als belangrijk richtsnoer het optimalisatieprincipe wordt gehanteerd.



## 2 Inrichting en installaties

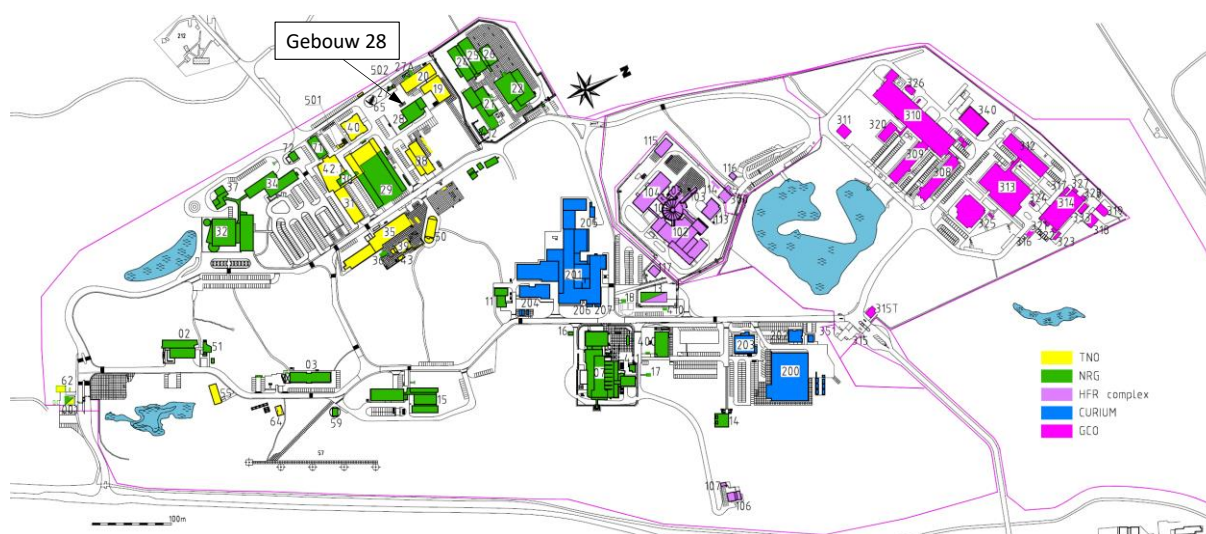
Het FIELD-LAB betreft een uitbreiding van de bestaande faciliteiten binnen de NRG-inrichting. Het FIELD-LAB is mede door NRG geïnitieerd en heeft als doel de ontwikkeling van nieuwe toepassingen voor nucleaire geneeskunde mogelijk te maken. Onderdeel van dit initiatief is de realisatie van een faciliteit waarin indien van toepassing onder zogenoemde GMP condities ('Good Manufacturing Practice', zie paragraaf 2.1.1) kleine productieseries van isotopen voor medische toepassing (radiofarmaca) gemaakt kunnen worden, en om de ontwikkeling van nieuwe radiofarmaceutische isotopen mogelijk te maken, bijvoorbeeld middels levering ten behoeve van klinische studies. Hiermee vormt de faciliteit een brug tussen onderzoek en ontwikkeling, en het begin van algemeen gebruik.

Inherent aan deze brugfunctie is dat de werkzaamheden die in het FIELD-LAB worden verricht soms experimenteel van aard zijn en dan wel als onderzoek en ontwikkeling opgevat dienen te worden. Hierbij wordt een veelheid aan verschillende medische producten beschouwd zoals radiofarmaca en radiochemische stoffen, in verschillende fases van ontwikkeling, en op basis van een beperkt aantal isotopen.

In het FIELD-LAB worden uit bestraald materiaal radionucliden hoofdzakelijk ten behoeve van medische toepassingen gewonnen, gezuiverd en daarna geleverd of omgezet in radiofarmaceutische producten voor klinische studies of halffabrikaten hiervan. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen alfa-emitterende isotopen en bèta/gamma emitterende isotopen, waarvoor deels verschillende eisen gelden.

De bestraalde isotopen worden aangemaakt in de Hoge Flux Reactor op de OLP, maar kunnen ook afkomstig zijn van andere bestralingsfaciliteiten. Een aantal van de grondstoffen die voor bestraling worden gebruikt, is schaars en kan, na afscheiding van het gewenste product, worden teruggewonnen en geprepareerd voor herhaalde bestraling.

Het FIELD-LAB is gesitueerd in gebouw 28 op de OLP zoals aangegeven in onderstaande Figuur 1.



Figuur 1: Situering van gebouw 28 op de OLP.

## 2.1 De inrichting

### 2.1.1 Kaderzetting

Aangezien in het FIELD-LAB isotopen voor medisch/klinische studies worden vervaardigd, dient het ontwerp, naast de regelgeving volgens de Kew, eveneens te voldoen aan de zogenoemde GMP-richtlijnen, “Good Manufacturing Practice” zoals beschreven in de EudraLex<sup>2</sup> richtlijnen.

De EudraLex regelgeving heeft als doel te zorgen dat (radio)farmaceutische producten onder constante omstandigheden worden ontwikkeld, geproduceerd, gecontroleerd, vervoerd en opgeslagen. De normen zijn van toepassing op radiofarmaceutica en soortgelijke producten die bedoeld zijn voor menselijk gebruik. De normen omvatten zowel administratieve als technische voorschriften en richtlijnen.

Eén van de kenmerken van EudraLex en het uitvoeren van werkzaamheden onder GMP-omstandigheden betreft de indeling van werkruimten in een aantal klassen of classificaties. Binnen deze classificaties zijn aangegeven regels van toepassing voor de luchtzuiverheid, omgevingsomstandigheden, kledingvoorschriften, e.d.

De GMP/EudraLex normen vereisen dat farmaceutische halfabrikaten (vaak aangeduid als API – Active Pharmaceutical Ingredient) in een gecontroleerde omgeving worden geprepareerd en na-gesteriliseerd.

Het in stand houden van de steriele ruimte wordt doorgaans bereikt door ruimten waarin farmaceutische preparaten onder een GMP-regime worden gemaakt (GMP werkruimte) op een overdruk te houden ten opzichte van de direct omringende ruimte, met een voldoende debiet aan gezuiverde lucht.

Echter, in geval van radiologische ruimtes wordt een onderdruk in de betreffende ruimte gehandhaafd ter voorkoming van luchtbesmettingen naar de omliggende ruimtes (zie bv. “Algemene eisen voor een radionucliden-laboratorium” (ANVS, 2018)).

In het totale drukregime binnen het FIELD-LAB is het nucleaire regime leidend. Dit houdt in dat alle ruimten in het FIELD-LAB, met uitzondering van kantoren en niet-radiologische opslagruimten, op onderdruk worden gehouden ten opzichte van de buitenlucht. Voor ruimten binnen dit gebied vallend onder een GMP overdrukregime kan gelden dat in deze ruimten lokaal een hogere druk wordt aangehouden dan in de omringende ruimten om steriliteit te borgen. De luchtdrukregimes zijn in het FIELD-LAB beheerst met behulp van het HVAC/ventilatiesysteem (zie paragraaf 2.3.2).

---

<sup>2</sup> Europese Commissie, “EudraLex - The Rules Governing Medicinal Products in the European Union, Volume 4 - Good Manufacturing Practice - Guidelines on Good Manufacturing Practice specific to Advanced Therapy Medicinal Products”, 22 november 2017

## 2.1.2 Gebouw 28

Het FIELD-LAB is gesitueerd in gebouw 28, een zelfstandig gebouw gelegen aan de westzijde van de OLP waarvoor in juli 1962 een bouwvergunning is afgegeven. Dit voormalige “Fermi-gebouw” bevatte oorspronkelijk radiologische laboratoria, en was aangesloten op de Lage Flux Reactor aan de zuidzijde, en is aan de noordzijde aangesloten aan de STEK-hal (zie Veiligheidsrapport deel 4d), de locatie van de voormalige STEK-reactor.

Het gebouw is ten behoeve voor het FIELD-LAB bouwtechnisch aangepast om te voldoen aan de eisen gesteld in dit Veiligheidsrapport. Een aantal ruimten is uitgerust met hotcellijnen voor de productie en zuivering van medische isotoop halfabrikaten, indien van toepassing onder GMP-condities.

De uitbreiding aan de zuidzijde (gebouw 28A) betreft een aantal ruimten voor laboratoriumwerkzaamheden, de voorbereiding daarvan, en de productie van medische producten, indien van toepassing onder GMP-condities.

Om het gewicht van de cellijnen in het FIELD-LAB te kunnen dragen is een fundatie als versterking aangebracht. Het geheel voldoet aan de eisen aan bestendigheid voor aardbevingen zoals omschreven in het Veiligheidsrapport deel 1.

### *Indeling van het gebouw*

Het FIELD-LAB omvat een aantal functionele ruimten op de begane grond van gebouw 28. Deze ruimten zijn beschreven in paragraaf 2.1.3.

De Technische Ruimte van het FIELD-LAB bevat een aantal technische voorzieningen zoals het ventilatiesysteem, filters, alarmsystemen, etc. De technische voorzieningen zijn in meer detail beschreven in paragraaf 2.3.

## 2.1.3 Ruimten

Het FIELD-LAB is ingedeeld in productieruimten, technische ruimten en kantoorruimten, zie Figuur 2 (begane grond) en Figuur 3 (1<sup>e</sup> verdieping).

Figuur 2: Indeling van het FIELD-LAB – productieruimten (indicatief)

Figuur 3: Indeling van het FIELD-LAB – technische ruimten (indicatief)

De ruimten waar met radioactief materiaal gewerkt wordt zijn gecontroleerde zones, die als zodanig zijn gemarkeerd. Daarnaast zijn de ruimten voorzien van een ventilatiesysteem.

De productieruimte kent een aantal corridors, die geoptimaliseerd zijn voor de logistieke bewegingen van personen en materialen.

Om verspreiding van radioactieve stoffen in de ruimten te minimaliseren, wordt onder meer gebruik gemaakt van hotcells (of: cellijnen), zuurkasten en handschoenkasten. Waar noodzakelijk wordt gebruik gemaakt van afscherming, zoals bijvoorbeeld loodplaten en loodvensters. Alle radiologische ruimten zijn voorzien van geschikte apparatuur voor het meten van stralingsniveaus en radioactieve besmettingen.

Bij de inrichting van gebouw 28 is voorzien dat de opzet van de cellijnen modulair van aard is, waarbij bouwkundig het aantal cellijnen in het FIELD-LAB kan worden uitgebreid en het aantal cellen per cellijn kan worden aangepast. Hiertoe is de fundatie gelegd en zijn de HVAC/ventilatiesystemen ingericht dan wel voorbereid.

De toe- en afvoer van materialen, grondstoffen, containers met isotopen etc., alsmede de afvoer van de radiofarmaceutische producten of halfabrikaten vindt plaats via luchtsluizen. Daarnaast zijn binnen het FIELD-LAB materiaalsluizen aanwezig voor de toe- en afvoer van materialen tussen ruimten met verschillende GMP classificaties.

Aan de achterzijde van de cellijnen zijn technische ruimten ingericht voor de in- en uitvoer van isotopen in de cellijnen, de uitvoer van afval vanuit de cellijnen en het plegen van onderhoud aan de cellijnen.

De kwaliteitscontrole van de producten alsmede de microbiologische controle ervan kan worden uitgevoerd in daartoe ingerichte laboratoriumruimten, de QC-laboratoria.

Tevens is een ruimte ingericht voor de opslag van aangevoerde grondstoffen (mits niet direct verwerkt), (tussen)producten voor verval of aangroei van isotopen en grondstof bevattende processtoffen ten behoeve van terugwinning.

De opslag van niet-radiologische materialen gebeurt in een separate, daartoe ingerichte ruimte.

In de verpakkingruimte worden eindproducten verpakt en gereed gemaakt voor verzending.

In een aantal ruimten bevindt zich diverse analyseapparatuur, waaronder mogelijk instrumenten voor het uitvoeren van stralings- en radioactiviteitsmetingen.

In de technische ruimten van het FIELD-LAB zijn de diverse filter- en ventilatiesystemen geplaatst.

De toe- en doorgang tussen de diverse ruimten is zodanig ingericht dat in geval van calamiteiten het aanwezige personeel het FIELD-LAB op een snelle en veilige wijze kan verlaten.

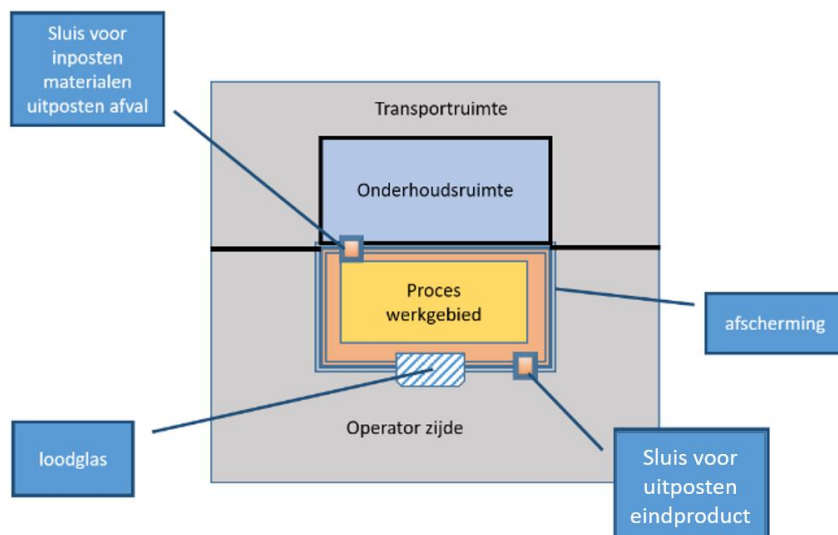
## 2.1.4 Cellenlijnen

Binnen de cellijnen worden handelingen met radioactieve stoffen uitgevoerd. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen cellijnen waar een GMP werkruimte noodzakelijk is voor het uitvoeren van werkzaamheden onder GMP-condities; en cellenlijnen waar er geen GMP werkruimte nodig is.

Vanwege de modulaire opzet van het FIELD-LAB met betrekking tot de cellijnen bestaat de mogelijkheid het aantal cellijnen uit te breiden tot maximaal zes, met elk twee tot drie cellen.

Tevens bestaat de mogelijkheid het aantal cellen per cellijn aan te passen. Zowel de fundatie als het ventilatiesysteem zijn voorbereid op deze mogelijke uitbreiding.

De principe-indeling van een cellijn is weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4: Principe-indeling van een cellijn in het FIELD-LAB

#### *Cellijnen die niet binnen een GMP-werkruimte geplaatst zijn*

De cellen in de cellijnen voor de productie van halffabrikaten hebben aan de achter en/of onderzijde voorzieningen voor de in- en uitvoer van materialen en zijn aan de voorzijde voorzien van waarnemingsvensters en doorvoeringen voor afstandsbediening (telemanipulatoren), en voor de introductie van niet-radioactieve materialen.

De inrichting van deze cellen is conform nucleaire voorschriften, bijvoorbeeld de "Algemene eisen voor een radionucliden-laboratorium". In de cellen zijn de (doorgaans gesloten) systemen geplaatst waarmee de diverse processtappen worden gerealiseerd, zie ook paragraaf 2.2.

#### *Cellijnen die binnen een GMP werkruimte geplaatst zijn*

In deze cellijnen worden halffabrikaten verder verwerkt tot radiofarmaceutische producten. Om die reden voldoen deze cellen aan de hoogste GMP-classificatie en de bijbehorende ISO-normen (zie paragraaf 1.1). Typische bewerkingen van de materialen omvatten het verder zuiveren, het eventueel chemisch koppelen aan organische of anorganische componenten, het steriliseren of in steriele omgeving prepareren, en gereedmaken van de uiteindelijke producten voor verzending.

### *Voorzieningen van de cellijnen*

De cellijnen zijn aangesloten op een aantal reguliere voorzieningen zoals water, lucht en stikstof, alsmede reguliere stroom en noodstroom, en connecties aan regel- en meetapparatuur.

De cellen zijn voorzien van een ventilatiesysteem waarmee de luchtcondities worden gereguleerd (zie ook paragraaf 2.3.2). Daarbij dragen filtersystemen zorg voor beperking van de uitstoot van aerosolen en gasvormige stoffen. De uitgaande gasstromen van de cellijnen zijn aangesloten op detectieapparatuur om de eventuele vrijzetting van radioactieve isotopen te signaleren.

De cellijnen zijn uitgevoerd met voldoende lood-equivalente afscherming.

De cellen binnen een cellijn bestaan uit luchtdichte boxen en zijn voorzien van waarnemingsvensters en omgeven door afschermend beton en/of lood. Aan de operatorzijde zijn doorvoeringen aanwezig voor manipulatoren of zgn. boltongs. De isolerende werking van de cellen wordt versterkt door het handhaven van een onderdruk ten opzichte van de omgeving door middel van het ventilatiesysteem.

Iedere cellijn is voorzien van de noodzakelijke preventieve en repressieve brandvoorzieningen ten behoeve van het minimaliseren van de gevolgen van brand, zie ook paragraaf 6.2.3.

De verbinding tussen de cellen binnen de cellijnen is door middel van een sluisstelsel (zie paragraaf 2.3.6). Via dit systeem vindt de doorgifte van materialen tussen de cellen plaats.

Het aankoppelen van de aangeleverde containers met bestraald materiaal gebeurt met een dockingsysteem waarmee transportcontainers aan de achterzijde van de cellijnen kunnen worden aangekoppeld. Het dockingsysteem is zodanig ingericht dat tijdens het aan- en afkoppelen van containers de onderdruk in de cellijnen en de insluiting van radioactieve stoffen in de cellen gehandhaafd blijven.

Het afval dat bij het verwerken van de radio-isotopen ontstaat wordt vanuit de cellijnen en de GMP zone in daartoe gecertificeerde containers afgevoerd.

## **2.2 Processen**

### *Faciliteit voor onderzoek en ontwikkeling*

Het FIELD-LAB betreft een faciliteit voor het produceren van beperkte hoeveelheden van gezuiverde en nieuwe radio-isotopen voor medische toepassing, en de productie van radiofarmaceutische producten en/of halffabrikaten op basis daarvan. Daartoe worden in een aantal achtereenvolgende processtappen bestraald materiaal radiochemisch gezuiverd en omgezet in radiofarmaceutische producten of halffabrikaten.

De uiteindelijke producten kunnen worden benut voor klinische studies om zo bij te dragen aan de (versnelde) ontwikkeling van radio-isotopen voor medische toepassingen in samenwerking met, onder andere, Universitaire Medische Centra (UMC's).

De radio-isotopen voor medische toepassingen worden gewoonlijk geproduceerd door een preparaat met een (meestal stabiel, soms een langlevend radioactief) isotoop te bestralen in

een daarvoor bestemde houder in de HFR, of in een andere bestralingsfaciliteit. De te produceren radio-isotoop ontstaat dan ofwel rechtstreeks door neutronen-activering, ofwel uit het radioactieve verval van één van de activeringsproducten.

Om de gewenste radio-isotoop af te scheiden uit het bestraalde preparaat en vervolgens te zuiveren worden in het FIELD-LAB een reeks chemische en fysische processen toegepast. Tevens kan de isotoop chemisch worden gekoppeld aan dragermateriaal en zodoende worden omgezet in een radiofarmaceutisch preparaat.

Na afscheiding van het gewenste product-isotoop kan, indien mogelijk en gewenst, het oorspronkelijke preparaat, worden teruggewonnen en hergebruikt voor een nieuwe bestraling.

Het FIELD-LAB is mede opgezet als onderzoeksfaciliteit voor productontwikkeling, waarbij bestaande en huidig gehanteerde chemische en fysische processen, alsmede de gebruikte apparatuur, verder kunnen worden ontwikkeld en/of uitgebreid. Daarnaast kunnen nieuwe radio-isotopen voor medische toepassing beschikbaar worden gemaakt en de bijbehorende processen worden ontwikkeld, getest en productierijp gemaakt.

#### *De gebruikte stoffen*

De opzet van het FIELD-LAB is om uit aangeleverd radioactief basismateriaal de gewenste isotopen te isoleren en te verwerken tot medische preparaten. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen alfa-emitterende isotopen en bèta/gamma emitterende isotopen, die deels aparte productie- of verwerkingslijnen doorlopen.

In zijn algemeenheid geschiedt de scheiding van de gewenste isotopen uit het bestraalde preparaat door middel van het oplossen van het bestraalde preparaat in een geschikt oplosmiddel zoals een base of zuur.

De navolgende zuivering van de radio-isotoop voor medische toepassing kan op verschillende manieren gebeuren, zoals kolomscheiding, chemische scheiding of omzetting, zuivering met mechanische filters, electrodepositie of anderszins. Hierbij kunnen zwakke zuren, basen, buffers, en/of organische oplosmiddelen worden gebruikt.

Vanwege de beperkte productie omvang binnen het FIELD-LAB is het gebruik van chemicaliën beperkt.

Er wordt gebruik gemaakt van stoffen die niet vallen in de categorie Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS). Voorbeelden van stoffen (niet volledig) die worden gebruikt zijn: zouten, zuren en basen (zoals: NaOH, salpeterzuur (HNO<sub>3</sub>), zoutzuur (HCl)), tris buffer, aceton, chelatoren, TFA (tri-fluor-azijnzuur) oplossing (0,1%) in >99% water. Daarnaast worden ethanol en chlorides toegepast als schoonmaakmiddel.

Indicatieve hoeveelheden voor vloeistoffen lopen uiteen van circa 100 milliliter tot circa 20 liter per productie-batch.

Bij de processen uitgevoerd in het FIELD-LAB vinden geen reacties plaats waarbij gassen kunnen vrijkomen. Bij de productie van alfa-emitterende isotopen ontstaat radongas; dit is echter geen product van een chemische reactie maar wordt als vervalproduct uit het bronmateriaal gevormd.



Voor het versnellen van oplosreacties en het indampen van oplossingen tot droge stof worden verwarmingsplaten gebruikt. De hierbij gevormde dampen en gassen worden via wasflessen naar het cel ventilatiesysteem afgevoerd.

Binnen het FIELD-LAB vinden geen exotherme reacties plaats waarvoor externe koeling nodig is voor de beheersing van de warmte-afvoer.

De chemische risico's in FIELD-LAB worden voornamelijk gevormd door het gebruik van zuren en basen.

De gebruikte procesapparatuur waarin zuren en basen worden gebruikt, vormt een afgesloten geheel, waar een inert draaggas doorheen wordt geleid. Waar het draaggas het processysteem verlaat, eventueel met meenemen van chemicaliën in dampfase, zijn filters of wasflessen aanwezig waardoor vrijzetting van vluchtige chemicaliën wordt voorkomen. Zuren en basen komen alleen in sterk verdunde vorm in contact met ventilatielucht.

De processen zijn zodanig ingericht dat een eventuele inwerking van vocht en vluchtige chemicaliën op de apparatuur en het containment met barrières (filters) zoveel mogelijk wordt beperkt.

HEPA filters zijn gevoelig voor basen. Echter, de gebruikte hoeveelheden hiervan liggen in de orde van enkele milliliters, zodat een mogelijke invloed op de werking van de HEPA filters verwaarloosbaar wordt geacht. Daarnaast worden HEPA filters regelmatig gecontroleerd en zonodig vervangen.

Voor enkele productieprocessen vindt de opslag van restanten basismateriaal plaats, welke in een later stadium gezuiverd kunnen worden voor hergebruik. De terugwinning en zuivering van basismateriaal vindt niet noodzakelijkerwijs plaats in het FIELD-LAB.

Eventueel vrijkomende gasvormige radioactieve producten, alsmede stofdeeltjes of aerosolen worden afgevangen door een filtersysteem. De diverse ventilatie- en filtersystemen zijn beschreven in paragraaf 2.3.2.

Bij de werkzaamheden binnen het FIELD-LAB worden ook diverse soorten chemisch en radioactief afval geproduceerd, in vaste of vloeibare vorm. De verwerking van dit afval is beschreven in hoofdstuk 5.

## 2.3 Installaties

### 2.3.1 Productie / procesapparatuur

Om een veilig bedrijf van de installaties binnen het FIELD-LAB te waarborgen, is de productieapparatuur ontworpen om bestand te zijn tegen zwaardere condities dan die tijdens normaal bedrijf optreden. Deze condities (of procesparameters) zijn met name (over)druk, temperatuur, lektheid, stralingsbestendigheid, volume of inhoud en bestendigheid tegen agressieve chemicaliën. Componenten die regelmatig vervangen moeten worden, bv. omdat deze door straling relatief snel kunnen verouderen, zijn zodanig geïnstalleerd dat zij makkelijk demonteerbaar zijn.

Er is voor gezorgd dat de diverse systemen zo eenvoudig mogelijk te bedienen zijn. Er vindt detectie en signalering plaats van alle veiligheidsrelevante procesparameters. De systemen zijn zodanig ontworpen dat voldoende tijd beschikbaar is voor het treffen van maatregelen bij geconstateerde afwijkingen van de normale bedrijfscondities.

De bedieningsfilosofie van het hele productiesysteem moet een garantie geven voor een veilige manier van werken voor personeel en omgeving.

### 2.3.2 HVAC / ventilatiesysteem

Het primaire doel van het ventilatiesysteem is het op dynamische wijze instandhouden van een onderdrukregime in het FIELD-LAB ten opzichte van de buitenlucht. Het uitgangspunt bij dit zogenoemde nucleaire drukregime is dat te allen tijde tussen ruimten met kans op verspreiding van radioactieve stoffen een drukverschil wordt onderhouden, zodanig dat in ruimten waar bewerkingen met radioactieve stoffen worden verricht een onderdruk wordt gehandhaafd ter voorkoming van luchtbesmettingen naar de omliggende ruimten.

Echter, in ruimten binnen het onderdrukregime, waar handelingen worden verricht onder een GMP-regime kan een in sommige gevallen overdrukhiërarchie worden vereist ten opzichte van de omringende ruimte(n), om een steriele omgeving voor het produceren van farmaceutische producten of halffabrikaten te borgen.

Voor het FIELDLAB leidt de combinatie van deze twee eisen tot drukregimes zoals schematisch is weergegeven in Figuur 5.

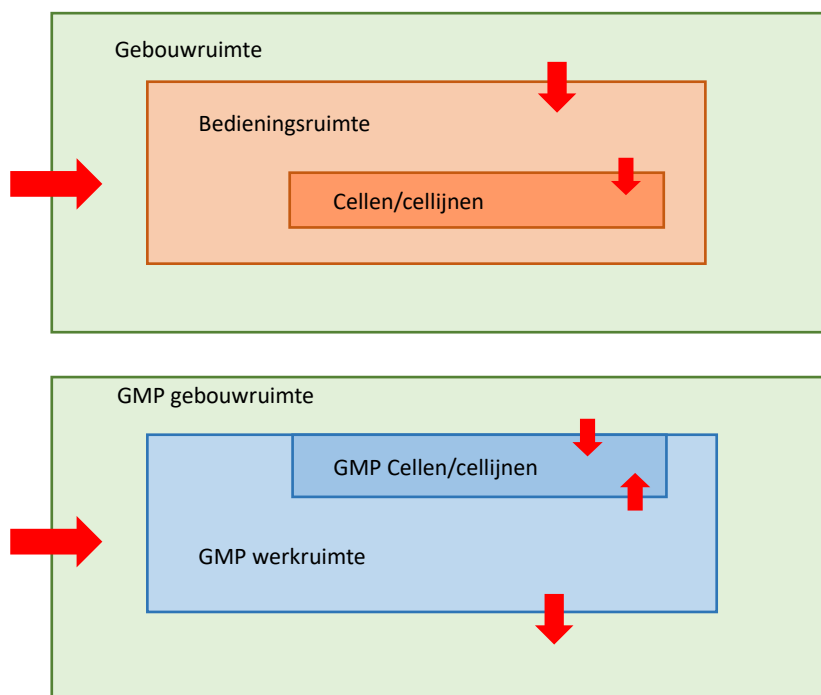
Voor ruimten waar handelingen worden uitgevoerd zonder dat een overdrukregime wordt vereist vindt een trapsgewijze drukverlaging plaats over (1) het gebouw, (2) de bedieningsruimte naar (3) de cellijn:

$$P_{\text{omgeving}} > P_{\text{gebouw}} \geq P_{\text{bedieningsruimte}} > P_{\text{cel}}$$

Voor ruimten waar handelingen worden uitgevoerd en waar vanuit GMP-overwegingen een overdruk wordt vereist, vindt een trapsgewijze drukverlaging plaats over (1) de GMP-werkruimte, (2) het gebouw naar (3) de cellijn.

$$P_{\text{werkruimte}} > P_{\text{gebouw}} > P_{\text{cel}} \text{ en } P_{\text{omgeving}} > P_{\text{gebouw}}$$

Ruimten waar handelingen worden uitgevoerd in overdruk zijn gescheiden van de omringende ruimten door sluisen of door ruimten die dienen als drukvalbarrière.



Figuur 5: Principeschema drukregimes; de richting van de drukverschillen, van hoog naar laag, is in rood aangegeven; boven: ruijnten waar handelingen worden uitgevoerd zonder dat overdrukregime is vereist; onder: ruijnten waar handelingen worden uitgevoerd met werkruijnte op overdruk.

Het ventilatiesysteem heeft ook de functie om een leefbare werkomgeving voor personen te verwezenlijken.

Het ventilatiesysteem, in het realiseren van de veiligheidsfunctie 'insluiting', voldoet aan nucleaire eisen/regelgeving (o.a. het criterium voor enkelvoudig falen<sup>3</sup>, diversiteit en ruimtelijke scheiding) en is aangesloten op de noodstroomvoorziening. Daarnaast wordt voor het cellenventilatiesysteem het barrièreprincipe ingevuld door de toepassing van een primair en secundair filtersysteem (zie paragraaf 6.3).

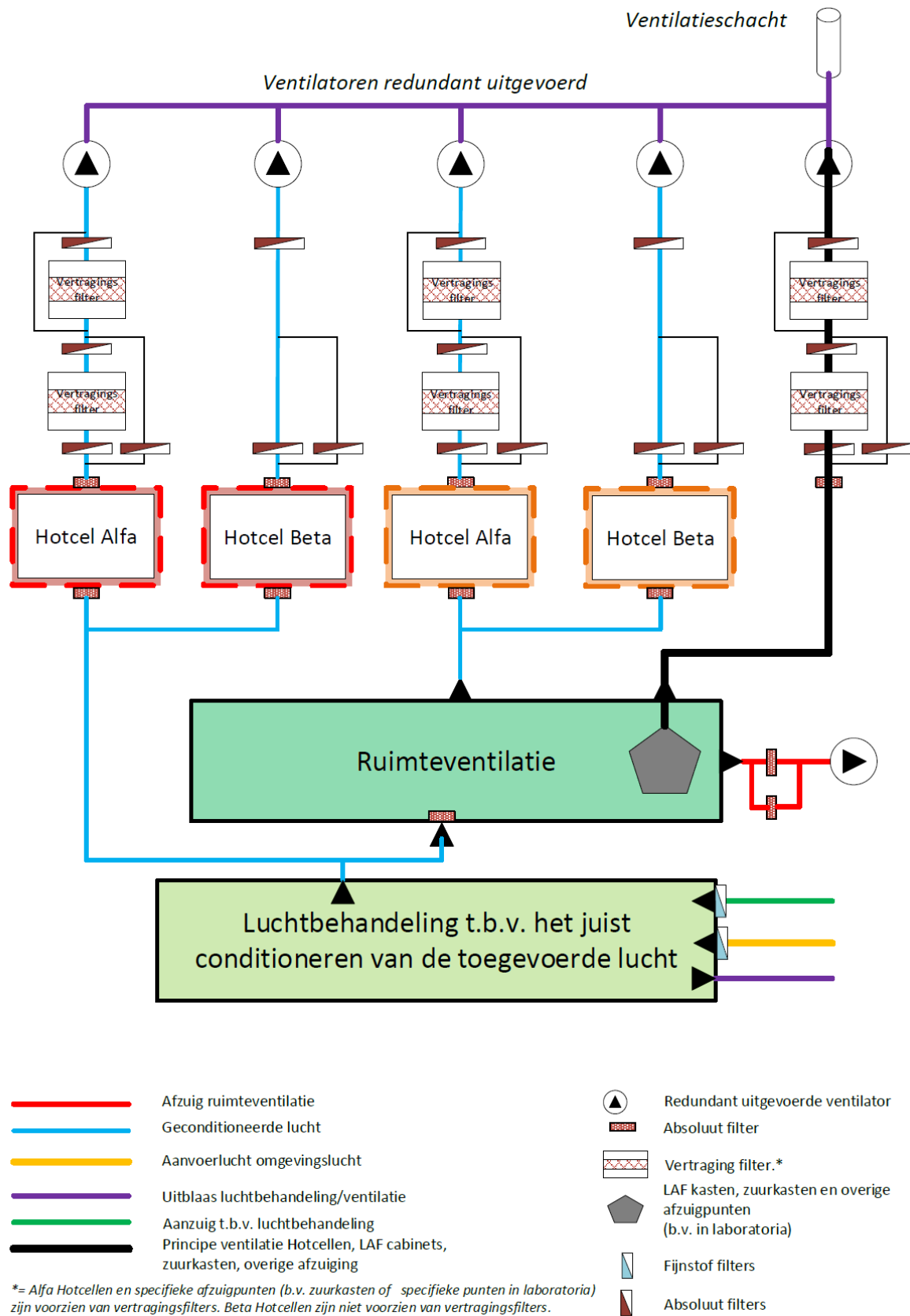
Tevens is het ventilatiesysteem, waar nodig, voorzien van druk-, debiet- en activiteitsmeters en bijbehorende regelingen en alarmeringen zodat bij afwijkende druk- of debietwaarden of vrijkomen van radioactieve stoffen maatregelen kunnen worden genomen, conform de veiligheidsvoorschriften en -procedures

Het ventilatiesysteem (zie ook Figuur 6) bestaat uit:

- een gebouwventilatiesysteem voor de productieruimten, met:
  - een centraal luchttoevoersysteem.

<sup>3</sup> Het criterium voor enkelvoudig falen behelst voor veiligheidsrelevante onderdelen, instrumentatie etc. invulling van de voorwaarde dat minimaal één component meer beschikbaar is dan noodzakelijk voor de functie.

- een centraal luchtafvoer systeem.
- een ventilatiesystemen voor de cellen, met:
  - luchttoevoer vanuit óf de ruimteventilatie óf het luchtbehandelingssysteem.
  - luchtafvoer uit de cellen.
- een ventilatiesysteem voor de zuurkasten, met:
  - luchttoevoer vanuit de ruimten waarin deze kasten staan.
  - luchtafvoer vanuit de kasten.
- een gebouwventilatiesysteem voor de algemene ruimten (kantoren, kleedruimten etc.), met:
  - een luchttoevoer apart van de toevoer naar de productieruimten.
  - een luchtafvoer apart van de afvoer van de productieruimten.



Figuur 6: Principeschema van de ventilatie- en filtersystemen van FIELD-LAB

### Centrale luchttoevoersysteem (productieruimten)

Het gebouw luchttoevoersysteem draagt zorg voor het gecontroleerd (luchtdebiet) en geconditioneerd (filters, verwarming, etc.) toevoeren van buitenlucht naar productieruimten en cellen. Het toevoersysteem bestaat uit parallel geschakelde ventilatoren met per ventilator een pakket voorzieningen om de leefbare werkomgeving te realiseren. De filters, afsluiters en de ventilator zijn geplaatst in de technische ruimten.

Het luchttoevoersysteem is voorzien van isolatiekleppen<sup>4</sup>.

### Gebouwluchtafvoersysteem

Het gebouwluchtafvoersysteem verzorgt het gecontroleerd afvoeren van lucht uit de productieruimten en het onderhouden van een drukhiërarchie in het gebouw. Het afvoersysteem bestaat uit parallel geschakelde ventilatoren die worden voorafgegaan door parallel geschakelde HEPA filters. Het luchtafvoersysteem is voorzien van isolatiekleppen.

### Cellenventilatiesysteem

Het doel van het cellenventilatiesysteem is het conditioneren van de lucht binnen de cellen en het waar nodig verwerken van in de productiesystemen vrijkomende radioactieve (edel)gassen. In geval hier vanuit GMP eisen worden gesteld, wordt met het cellenventilatiesysteem tevens de conditie in de verschillende sluizen gerealiseerd om de GMP-klasse van de aangesloten compartimenten te kunnen realiseren.

Toevoer naar de cellen wordt verzorgd d.m.v. een apart toevoersysteem dat zodanig is ingericht dat vereiste celcondities worden gerealiseerd. Per cellijn is voor de afvoer een apart deelsysteem geïnstalleerd.

De uitgaande cellucht wordt over meerdere HEPA filters gevoerd. De cellucht uit de alfa cellenlijnen wordt bovendien over (radon)vertragingfilters gevoerd. De mogelijkheid bestaat, bv. in geval van calamiteiten, te schakelen tussen de vertragingfilters. Hierbij wordt het systeem zodanig ingericht dat het optreden van een ongefilterde bypass wordt vermeden. (Radon)vertragingfilters en HEPA-filters worden op regelmatige basis geregenereerd of vervangen om de juiste werking te borgen.

### Conditie in sluizen

Voor de verbindingssluzen tussen aan elkaar liggende compartimenten geldt dat luchtdrukverhoudingen in de compartimenten niet worden verstoord. Daar waar nodig zijn de sluisystemen separaat aangesloten op het ventilatiesysteem zodat verstoringen in de luchthuishouding worden voorkomen.

---

<sup>4</sup> (Regel)kleppen en isolatiekleppen zijn voorzien, maar (nog) niet opgenomen in alle figuren

### Afvoer zuurkasten

De aanwezige zuurkasten in de laboratoria hebben een gezamenlijk afvoersysteem dat op eenzelfde manier is uitgevoerd als de afvoersystemen van de cellijnen.

De in- en uitlaat van de zuurkasten is voorzien van isolatiekleppen.

### Gebouw toe- en afvoersysteem (algemene ruimten)

Het gebouw luchttoe- en afvoersysteem zorgt voor het gecontroleerd en geconditioneerd toevoeren van buitenlucht naar de algemene ruimten en de afvoer ervan naar de omgeving. Hierbij wordt aangesloten op de drukhiërarchie van de productieruimten, waarbij wordt voorkomen dat lucht vanuit de productieruimten naar de algemene ruimten kan stromen. Het luchttoevoersysteem bestaat uit een ventilator met voorzieningen om een leefbare werkomgeving te realiseren. Het afvoersysteem bestaat uit een ventilator die wordt voorafgegaan door een HEPA filter. De filters en de ventilatoren zijn geplaatst in de technische ruimten.

Het toe- en afvoersysteem is voorzien van isolatiekleppen.

## **2.3.3 Alarmsystemen**

Alarmen worden gegeven bij over- of onderschrijden van de volgende parameters:

- onderdrukalarm in gebouw, cellen en/of boxen;
- afwijkende flow in toe- en/of afvoer van de diverse ruimten;
- activiteitsmeting in diverse ruimten;
- brandalarm.

Daarnaast vindt monitoring plaats van ioniserende straling (dosistempomonitoren).

## **2.3.4 Manipulators**

Celcompartimenten van de cellijnen zijn uitgerust met apparatuur om handelingen op afstand te verrichten zoals bijvoorbeeld telemanipulators en tang- of bolmanipulators. Deze apparatuur is zodanig geconstrueerd dat het personeel bij een aanvaardbaar stralingsniveau materiaal in de cellen kan behandelen. Uitgangspunt hierbij is dat het maximale dosistempo aan de buitenzijde van de cellen en in de werkruimten 1  $\mu\text{Sv}/\text{uur}$  bedraagt, gemiddeld op jaarbasis (nominaal 1600 werkbare uren).

## **2.3.5 Hijsvoorzieningen**

Voor de verplaatsing van containers met radioactief materiaal zijn hijsstoestellen en hefvoorzieningen aanwezig.

### 2.3.6 Sluissystemen van de cellen

Sluissystemen van de cellen omvatten poorten in de cellen waarin containers van buitenaf kunnen worden aangekoppeld en een systeem waarbij materiaal en apparatuur tussen de cellen kan worden getransporteerd.

Het binnenhalen van containers met bestraald materiaal in de cellijnen gebeurt middels het aankoppelen van transportcontainers aan de cellijn met daar waar vereist een dubbel-deksel-systeem om contaminatie te voorkomen. Het proces en de bijbehorende apparatuur is zodanig ontworpen dat de luchtdrukverhoudingen binnen het FIELD-LAB niet worden verstoord en de veiligheidsfunctie insluiting behouden blijft.

Het sluisstelsel tussen aanliggende cellen is zodanig ontworpen dat de luchtdrukverhoudingen niet worden verstoord en de luchtstromen van dien aard zijn dat deze ook passen binnen de Eudrex richtlijnen. De deuren van de sluisstelsels zijn zodanig ontworpen dat de afscherming voor straling gehandhaafd blijft.

Daar waar vereist zijn de sluisstelsels separaat aangesloten op het ventilatiesysteem; zodoende worden verstoringen in de luchthouder voorkomen. De sluisstelsels zijn van buitenaf bedienbaar. Beide deuren van het sluisstelsel zijn middels een interlock systeem beveiligd tegen gelijktijdig openen.

## 2.4 Algemene voorzieningen

Op de OnderzoeksLocatie Petten (OLP) bevinden zich diverse bedrijven. Een aantal voorzieningen die voor meerdere bedrijven relevant zijn, zijn centraal voor de gehele OLP georganiseerd door NRG. De volgende centrale voorzieningen zijn van belang voor het FIELD-LAB:

- Quick Response Team (QRT),
- gebouwbeheersysteem,
- elektrotechnische voorzieningen inclusief noodstroom,
- afvalwatersystemen,
- perslucht,
- beveiliging,
- bedrijfsnoodplan,
- voorzieningen voor reductie van gevolgen van ongevallen.

De algemene voorzieningen zijn in meer detail beschreven in Deel 1 van het Veiligheidsrapport: Algemeen & Centrale Voorzieningen. De volgende paragrafen geven een overzicht van in het FIELD-LAB aanwezige specifieke voorzieningen.



## 2.4.1 Elektro-technische voorzieningen

Bij de elektrotechnische voorzieningen kan onderscheid worden gemaakt tussen de voorzieningen voor normaal bedrijf en de noodstroomvoorzieningen. De elektrotechnische voorzieningen voor normaal bedrijf zijn beschreven in deel 1 van het Veiligheidsrapport.

### *Noodstroomvoorziening*

NRG-Petten heeft noodstroomvoorzieningen die bij uitvallen van de externe stroomtoevoer de belangrijkste installaties van stroom voorzien. Deze voorzieningen bestaan uit een centrale noodstroomvoorziening en decentrale noodstroomaggregaten. De installatie werkt volautomatisch.

Een no-break voorziening zorgt ervoor dat tijdens de periode vanaf het moment van stroomuitval tot aan het beschikbaar zijn van de noodstroom geen spanningsonderbreking plaatsvindt voor componenten waarvoor dit niet wenselijk is.

In het FIELD-LAB zijn de volgende voorzieningen en installaties aangesloten op noodstroom en no-break voorziening:

Tabel 1: Noodstroom- en no-break-voorziening van het FIELD-LAB

System	Noodstroom	No-break
(nood) Verlichting begane grond	X	
Wandcontactdozen cellenpanelen	X	
Pompen, ventilatoren ventilatiesysteem	X	
Instrumentatie (deels achter no-break)	X	X (deels)
Bedieningspanelen cellen	X	X
Pompen, verwarmingssystemen, elektrische apparatuur van het productiesysteem in cellen	X	
Centraal alarmeringspaneel	X	X
Stralingsmeetapparatuur	X	
Gebouwbeheersysteem	X	X
Batch sheet recording system	X	X

## 2.4.2 Gas- en persluchtvoorziening

De stikstofvoorziening en de gasvoorziening van de overige gassen naar het FIELD-LAB gebeurt vanuit tanks of gasflessen die buiten gebouw 28 zijn geplaatst. De gasdruk binnen het FIELD-LAB bedraagt maximaal 10 bar.

Het FIELD-LAB maakt gebruik van perslucht, onder andere voor de bediening van kleppen. Indien deze kleppen veiligheidsrelevant zijn, wordt er voorzien in een adequate back-up.

### 2.4.3 Afvalwatersysteem

Sanitair afvalwater, bedrijfsafvalwater en laboratoriumafvalwater, alsmede aftapwater van de verwarmings- en koelsystemen, dat potentieel besmet zou kunnen zijn wordt verzameld in een buiten het gebouw 28 geplaatste, gedeeltelijk ondergrondse waste-tank. Het in de tank opgeslagen afvalwater wordt, bv. met behulp van een tankwagen, afgevoerd voor verdere behandeling naar de centrale faciliteit voor het behandelen van (mogelijk) met radioactieve stoffen besmet afvalwater, de DWT.

Vloeibaar afval vanuit de processen wordt via een separate route verwerkt zoals beschreven in paragraaf 5.2.

## 3 Historisch overzicht en rechtvaardiging

### 3.1 Historisch overzicht

Het FIELD-LAB is gesitueerd in gebouw 28, voorheen ook aangeduid als het Enrico Fermi Laboratorium, of Fermi-gebouw. Het Fermi-gebouw dateert uit 1962 en bestond oorspronkelijk uit drie delen, de hal aan de zuidzijde waarin zich de Lage Flux Reactor bevond, de STEK-hal aan de noordzijde, en een tussenbouw gelegen tussen de LFR-hal en de STEK-hal. De LFR-hal is in 2018 na de ontmanteling van de LFR gesloopt. De STEK-hal is indertijd ontworpen voor het uitvoeren van experimenten met kritieke reactoropstellingen. De STEK-hal is momenteel in gebruik als tijdelijke opslag van radioactief materiaal in afwachting van de afvoer ervan naar COVRA, en maakt geen onderdeel uit van het FIELD-LAB.

De tussenbouw van het Fermi-gebouw bevatte in het verleden, naast kantoor- en vergaderruimten, ook werkplaatsen en laboratoria. Deze waren deels ten dienste van werkzaamheden die een relatie hadden met werkzaamheden in de LFR. Tevens waren in het Fermi-lab ruimten in gebruik voor (onderzoeks)werk. Tijdens de voorbereidende fase van de ontmanteling van de LFR, die is uitgevoerd in 2015, heeft NRG de werkplaatsen en laboratoria in het Fermi-gebouw ontmanteld en gesaneerd (asbest en radiologisch).

De vertrekken in gebouw 28 zijn voorafgaand aan de inrichting van het FIELD-LAB verder uitgeruimd, gemoderniseerd, en aangepast aan de richtlijnen vanuit de Kernenergielovvergunning en vanuit de EudraLex regelgeving.

### 3.2 Bedrijfservaring en rechtvaardiging

#### 3.2.1 Bedrijfservaring

NRG heeft een langjarige bedrijfservaring op alle gebieden van het verrichten van handelingen met radioactieve stoffen, onder andere door het bedrijven van de Hoge Flux Reactor (HFR) en de werkzaamheden in de Hot Cell Laboratories (HCL) – bestaande uit de Molybdeen Productie Faciliteit (MPF) en het Research Laboratory (RL) - het Jaap Goedkoop Laboratorium (JGL), de Decontaminatie en Afvalbehandelingsfaciliteit (DWT) en de laboratoria in gebouw 15. Voorbeelden van dergelijke handelingen zijn het vervaardigen, bewerken, analyseren en opslaan van radioactieve stoffen, het transporteren ervan tussen ruimten en gebouwen, het reinigen van met radioactiviteit besmette componenten, het ontmantelen van faciliteiten en installaties, en de afvoer van radioactief afval.

Daarnaast heeft NRG in ruime mate inzicht in alle aspecten op het gebied van stralingshygiënische zorg, nucleaire en conventionele regelgeving en radiologische consequentie-analyse, en worden procedurele zaken op het gebied van kwaliteit, gezondheid, veiligheid en milieu beheerst.

Het FIELD-LAB is een nieuwe faciliteit op de OLP waarbinnen, in eerste instantie op laboratoriumschaal, radio-isotopen worden gereedgemaakt voor medische toepassingen. Het

verrichten van werkzaamheden met radio-isotopen in een laboratorium-omgeving en in hotcells is bij NRG onderdeel van de dagelijkse werkzaamheden in de bovengenoemde faciliteiten.

### **3.2.2 Rechtvaardiging**

Het FIELD-LAB heeft als doel de ontwikkeling van isotopen voor medische toepassing (radiofarmaceutica) voor onder andere gepersonaliseerde behandeling van kankerpatiënten te versnellen. Hierbij richt het FIELD-LAB zich op het stimuleren, initiëren en faciliteren van projecten voor nieuwe radiofarmaceutische productieprocessen door samen met bedrijven en universitair medische centra (UMC's) geschikte radioactieve uitgangproducten en nieuwe radiofarmaceutica te identificeren en te ontwikkelen en beschikbaar te maken.

Tevens legt het FIELD-LAB zich toe op het opzetten en bevorderen van communicatie-, netwerk- en educatieactiviteiten om het FIELD-LAB en de daarin uitgevoerde werkzaamheden onder de aandacht te brengen, partijen bij elkaar te brengen en kennis en resultaten te delen.

Middels deze activiteiten levert het FIELD-LAB een essentiële maatschappelijke bijdrage aan de ontwikkeling en beschikbaarheid van de nieuwe generatie betaalbare en effectieve radiofarmaceutica met geminimaliseerde bijwerkingen voor ziekten zoals kanker, en de versterking van de competentie op nucleair wetenschappelijk en nucleair geneeskundig gebied.

## 4 Radioactieve stoffen

### 4.1 Aard van de radioactieve stoffen

De radioactieve stoffen die in het FIELD-LAB worden ingebracht bestaan uit bestraalde preparaten in geschikte houders.

In het FIELD-LAB worden werkzaamheden uitgevoerd met radioactieve stoffen van diverse aard en verschijningsvorm. Deze radioactieve stoffen omvatten alfa-emitterende en bèta/gamma emitterende isotopen, en zijn onder te verdelen in:

- Vaste stoffen;
- Vloeistoffen;
- Gasvormige stoffen.

Het gebruik van bepaalde alfa-emitterende isotopen brengt met zich mee dat, door radioactief verval en ingroei, ook gasvormige radioactieve stoffen aanwezig kunnen zijn binnen het FIELD-LAB. Deze stoffen worden beschouwd als afvalproduct van de werkzaamheden. Het FIELD-LAB heeft speciale voorzieningen voor de verwerking van gasvormige radioactieve stoffen en de gecontroleerde lozing naar de omgeving binnen de vigerende limieten, zoals bijvoorbeeld ventilatie-, gasfilter- en alarmsystemen.

De werkzaamheden binnen het FIELD-LAB resulteren tevens reststoffen. De aard en de hoeveelheden radioactief afval zijn in meer detail benoemd in hoofdstuk 5.

De radioactieve stoffen die in het FIELD-LAB worden ingebracht en verwerkt vallen in de categorie "open bronnen". Daarnaast zijn ingekapselde bronnen aanwezig ten behoeve van de kalibratie van meetapparatuur.

Bij de handelingen in het FIELD-LAB met alfa-emitterende isotopen kunnen ook elementen met hoog atoomgetal, met name radium, actinium en thorium als een van de (tussen)producten voorkomen. Volgens artikel 1, eerste lid, onder b van de Kernenergiewet is thorium formeel een splijtstof wanneer de massafractie meer dan 3% bedraagt. De aard (radio-isotopen) en de gehanteerde hoeveelheden thorium en ook van andere nucliden die in het FIELD-LAB worden gehanteerd zijn qua massa zodanig gering dat op geen enkele manier criticiteit of proliferatiegevoeligheid een rol speelt. Dit is geverifieerd door middel van een criticiteitsbeoordeling.

### 4.2 Hoeveelheid radioactieve stoffen en toestellen

De maximaal aanwezige en te vergunnen hoeveelheden radioactieve stoffen binnen het FIELD-LAB zijn respectievelijk:

- Voor de cellen:  $2,0 \cdot 10^6 \text{ Re}_{\text{inh}}$
- Voor de opslagfaciliteit:  $9,0 \cdot 10^6 \text{ Re}_{\text{inh}}$
- Totaal:  $1,1 \cdot 10^7 \text{ Re}_{\text{inh}}$

In het FIELD-LAB zijn geen ioniserende straling uitzendende toestellen aanwezig.

### **4.3 Registratie**

De aard en hoeveelheden van de in het FIELD-LAB aanwezige radioactieve stoffen worden geregistreerd.

### **4.4 Transport van radioactieve stoffen**

De transporten van bestraalde isotopen naar het FIELD-LAB geschiedt in afschermd transportverpakkingen door bevoegd personeel.

Binnen het FIELD-LAB kan transport plaatsvinden van bestraalde preparaten, (tussen)producten, en radioactief afval. Transport van deze materialen vindt plaats in afschermd containers.

De transporten van de radio-isotopen voor medische toepassing vanuit het FIELD-LAB vinden plaats in afgesloten omhullingen, en transportverpakkingen voorzien van de wettelijk voorgeschreven etikettering.

Voor de afvoer van radioactieve afvalstoffen wordt verwezen naar paragraaf 5.2.

## 5 Radioactief afval binnen het FIELD-LAB

### 5.1 Algemene aspecten

Tijdens de werkzaamheden in het FIELD-LAB ontstaat radioactief afval in vaste alsook in vloeibare vorm. Daarnaast ontstaat bij sommige processen ook gasvormig radioactief afval.

Bij de behandeling van het radioactieve afval wordt steeds gestreefd naar minimalisatie van de hoeveelheid radioactief afval dat tijdens de werkzaamheden ontstaat. Middels werkprocedures zijn werkwijzen zo opgezet, dat geen onnodig afval ontstaat.

### 5.2 Ontstaan/behandeling van radioactief afval

#### *Vast afval*

Het FIELD-LAB produceert twee soorten vast radioactief afval:

- afval dat ontstaat tijdens de processen;
- afval dat vrijkomt ten gevolge van (periodiek) onderhoud.

Tijdens het productieprocessen wordt onder andere gebruikt gemaakt van verpakkingsmaterialen, monsterhouders, kolommen, filterpakketten, handschoenen, etc. Ander vast radioactief afval omvat besmette slangen, filters, naalden, etc. Na gebruik worden deze materialen beschouwd als besmet, laagactief afval. Dit vaste afval wordt in verzamelblikken opgeslagen en afgevoerd via een reeds bestaande route, eerst binnen NRG, en, indien van toepassing, uiteindelijk naar COVRA.

Het regulier vast afval afkomstig van de processen zal na maximaal twee weken worden afgevoerd. De hoeveelheid afval is gelijk aan de hoeveelheid afval van het aantal batches dat maximaal in twee weken tijd kan worden geproduceerd, afhankelijk van het product. De afvoer van het regulier vast afval gebeurt eerst binnen NRG (DWT), en vervolgens naar COVRA.

Naast besmet vast afval zijn geactiveerde radioactieve afvalstoffen aanwezig, zoals bv. bestralingscapsules en bijbehorende houders. Deze materialen worden na gebruik en eventuele tijdelijke opslag separaat afgevoerd via een reeds bestaande route, eerst binnen NRG, en, indien van toepassing, uiteindelijk naar COVRA.

In geval van calamiteiten kan mogelijk bestraald bronmateriaal als afval worden afgevoerd.

Voor elk soort vast radioactief afval is een verwerkingsroute vastgesteld. In verband met de compatibiliteit kan al het vaste afval in standaardbussen worden afgevoerd via de sluisystemen in het FIELD-LAB. Het vast radioactief afval, ongeveer 80 vaten per jaar, wordt zodanig verpakt of omgepakt dat het volgens de daarvoor geldende regels naar DWT kan worden afgevoerd.

### *Vloeibaar afval*

Bij de bewerkingen van bestraald materiaal en tijdens de diverse processtappen worden anorganische zuren, basen, buffers en/of organische oplosmiddelen gebruikt om de gewenste radio-isotopen voor medische toepassing af te scheiden en/of te produceren.

Na gebruik zijn de vloeistoffen licht verontreinigd met diverse isotopen die mede tijdens de bestralingen, of daarna door radioactief verval en ingroei zijn gevormd maximaal 5% van de nuclidenvector komt in het reguliere vloeibare afval terecht.

Vloeibaar afval met kleine hoeveelheden (radioactieve) verontreiniging wordt lokaal verzameld, maximaal 2 weken opgeslagen in het FIELD-LAB, en vervolgens getransporteerd naar de DWT ter verdere verwerking in de bestaande afvalstromen.

De hoeveelheid vloeibaar radioactief afval die bij de productie zal vrijkomen is in de orde grootte van 4000 liter per jaar.

### *Gasvormig afval*

Bij de handelingen in de cellen kunnen geringe hoeveelheden radioactieve stoffen in gasvorm vrijkomen. Door de continue afzuiging vanuit de cellen worden deze gassen via absoluutfilters in de cellen en - in geval van de alfa cellen - ook via vertragingsfilters (zie paragraaf 2.3.2) geleid alvorens gecontroleerd en binnen de normen via het ventilatiesysteem en de ventilatieschacht te worden geloosd.

### *Radioactief afval bij onderhoud of ontmanteling*

Tijdens en na elke productie van isotopen worden de cellen opgeruimd en gereinigd. Hierdoor ontstaat licht radioactief vast afval in de vorm van tissues, schoonmaakmiddelen, water etc., dat op de hierboven beschreven wijze wordt verwerkt en afgevoerd.

Periodiek wordt onderhoud uitgevoerd voor de eventuele vervanging van onderdelen in de cellen van het FIELD-LAB.

Behalve deze onderdelen zijn er mogelijk ook onderdelen die tijdens 'groot onderhoud' aan vervanging toe zijn. Welke onderdelen dat zijn en met welk interval onderhoud dient plaats te vinden is vastgelegd in het onderhoudsschema van het FIELD-LAB. Het afval dat vrijkomt tijdens onderhoudswerkzaamheden kan grotere componenten bevatten die als vast, eventueel besmet, afval worden afgevoerd.

Wanneer het FIELD-LAB uit bedrijf wordt genomen en wordt ontmanteld kunnen alle componenten en materialen, eventueel na reiniging, worden afgevoerd, deels als conventioneel en deels als radioactief besmet afval. Hierdoor ontstaat een grotere afvalstroom dan bij het reguliere onderhoud. Een schatting van de te verwachten hoeveelheden afval zal ruim voor de daadwerkelijke ontmanteling plaatsvinden.



## 5.3 Lozingen naar de omgeving

### 5.3.1 Lozingen in de omgevingslucht

De gasvormige radioactieve afvalstoffen die in het FIELD-LAB kunnen vrijkomen betreffen voornamelijk edelgassen zoals bv. radon bij de productie van alfa-emitterende isotopen. De lozing van deze gassen wordt met behulp van vertragingsfilters zodanig opgehouden dat vrijzetting ervan onder de vergunde limieten blijft. Uiteindelijk worden deze gassen via passende filtersystemen afgevoerd via de ventilatieschacht.

De limiet voor het zich ontdoen van radioactieve stoffen door middel van lozing in de lucht bedraagt  $5 Re_{inh}$  per jaar. Bij volledige benutting wordt de maximale effectieve dosis voor leden van de bevolking geschat kleiner dan 1 microSv/jaar, daarmee onder het secundair niveau.

### 5.3.2 Lozing van vloeibare radioactieve stoffen

Vloeibaar radioactief afval dat ontstaat in het FIELD-LAB wordt verwerkt zoals beschreven in paragraaf 5.2. Vanuit het FIELD-LAB vinden geen lozingen van vloeibaar afval naar de omgeving plaats.

### 5.3.3 Controle van lozingen en andere activiteitsmetingen

Om de lozingen van luchtgedragen radioactieve stoffen en radioactieve gassen naar de omgeving te meten worden van de uitgaande ventilatiestromen continu monsters genomen. De resultaten van deze metingen worden teruggekoppeld naar de bedrijfsvoering zodat hiermee bij het productieproces rekening kan worden gehouden. Tevens vindt registratie plaats alsmede rapportage naar de ANVS.

De metingen geschieden continu en/of met behulp van een verzamelfilterpakket. Omdat verschillende soorten radionucliden gemeten moeten worden, worden verschillende monitoren gebruikt met verschillende detectiegrenzen. De filterpakketten worden op regelmatige basis verwisseld. De daarin verzamelde radioactiviteit wordt vervolgens gemeten.

De meetpunten met bijbehorende instrumentatie indicatief zijn samengevat in Tabel 2.

Tabel 2: Meting van uitgaande lucht

Meetpunt	Instrumentatie
Gebouwenlucht	K, E
Cellenlucht	K, E, A
E = edelgasmonitor K = koelfilterpakket (verzamel) A = absoluutfilter	

## 6 Veiligheidsevaluatie

### 6.1 Veiligheidsfuncties

Om de veiligheid in ongevalssituaties te garanderen dienen de drie hoofdveiligheidsfuncties waarop de nucleaire veiligheid steunt gewaarborgd te worden. Dit zijn de functies waarmee radiologische gevolgen van normale bedrijfsvoeringen, storingen en incidenten of ongevallen worden voorkomen dan wel beperkt:

- Beheersing van reactiviteit;
- Afvoer van (verval-)warmte;
- Insluiting van radioactieve stoffen en afscherming.

Gezien de geringe hoeveelheid te hanteren elementen met hoog atoomgetal (zie ook paragraaf 4.1), zijn criticiteit en de beheersing van reactiviteit niet aan de orde in het FIELD-LAB. Dit is door middel van een criticiteitsbeschouwing onderbouwd.

In het FIELD-LAB worden geen handelingen verricht met warmteproducerende radioactieve materialen, en vinden geen processen plaats waarbij grootschalige exotherme reacties plaats die qua warmtehuishouding beheerst moeten worden. Hierdoor is ook de veiligheidsfunctie afvoer van (verval-)warmte gegarandeerd.

De in het FIELD-LAB te realiseren veiligheidsfunctie betreft insluiting en afscherming. De maatregelen die hiertoe in het FIELD-LAB zijn getroffen volgen de 'defence in depth' filosofie, en zijn in meer detail beschreven in paragraaf 6.2.

Voor de veiligheidsfunctie 'insluiting' is het multi-barrière principe in acht genomen. Dit principe omvat het, onder normale bedrijfsomstandigheden, insluiten van stoffen of bronnen door minimaal twee barrières. De invulling van dat principe is beschreven in paragraaf 6.3.

### 6.2 Beschrijving van de veiligheidsmaatregelen

Maatregelen ter verhoging van de veiligheid binnen het FIELD-LAB kunnen onderscheiden worden in materiële en organisatorische maatregelen. Deze groepen kunnen elk weer worden onderverdeeld naar hun doel, zoals:

- adequate afscherming van radioactieve bronnen;
- adequate insluiting van radioactief materiaal;
- beperking van de hoeveelheden radioactief materiaal binnen de eisen van de bedrijfsvoering;
- andere, meer algemene doelen.

#### 6.2.1 Materiële maatregelen

Binnen het FIELD-LAB zijn de volgende materiële maatregelen ter verhoging van de veiligheid van toepassing.

### *Algemeen*

- Instrumentatie is aanwezig voor het detecteren en alarmeren in de volgende situaties:
  - excessieve plaatselijke stralingsniveaus;
  - ongewenst vrijkomen van radioactieve stoffen in diverse ruimten;
  - optreden van brand in laboratoria- en gebouwruimten;
- Adequate besmettingscontrolepunten en kledingwisselpunten zijn ingericht tussen zones in het gebouw onderling en tussen het gebouw en de buitenomgeving;
- Aanvullende stralings- en besmettingsmeetapparatuur is beschikbaar.

### *Adequate afscherming van radioactieve bronnen*

Het ontwerp van het FIELD-LAB voorziet voldoende afscherming van straling te bieden, zowel voor de medewerkers als voor de bevolking in de omgeving:

- De toe- en afvoer van radioactieve materialen vinden plaats in omhullingen met voldoende afscherming;
- De wanden van de cellen zijn voorzien van voldoende afscherming met als uitgangspunt dat het maximaal dosistempo aan de buitenzijde van de cellen en in de werkruimte gemiddeld op jaarbasis (nominaal 1600 werkbare uren) 1 microSv/uur bedraagt; buiten de radiologische zones bedraagt de persoonsdosis minder dan 1 mSv/jaar;
- De werkzaamheden in de cellen vinden plaats in zoveel mogelijk afgesloten systemen;
- De werkzaamheden in de cellen worden zoveel mogelijk van buitenaf, bv. door middel van telemanipulators, uitgevoerd.

### *Adequate insluiting van radioactieve bronnen*

- Het ventilatiesysteem draagt zorg voor gecontroleerde afvoer van gasvormige of luchtgedragen radioactieve stoffen en voor doelmatige drukverschillen tussen de cellijnen en de omliggende ruimten en cellen onderling, delen van het gebouw onderling en tussen het gebouw en de buitenatmosfeer.
- Binnen de cellijnen zijn celboxen geplaatst die dienen als barrière tegen de verspreiding van radioactief materiaal.
- Bij uitvallen van het ventilatiesysteem wordt voldoende bescherming gegeven tegen ongewenste verspreiding van radioactieve stoffen buiten de celboxen. Hiertoe zijn eisen gesteld aan de lektheid (ISO 10648:2) en de overdrukbestendigheid (ISO 11933-4). Hetzelfde geldt voor de handschoenkasten.
- Bij procesapparatuur waarin met alfa-emitterende nucliden wordt gewerkt is extra aandacht gegeven aan het voorkomen van vrijkomen hiervan.
- HEPA filters dragen zorg voor de voldoende afvangst, indicatief 99,9%, van aerosolen.
- De aan- en afvoer van radionucliden geschiedt met behulp van gesloten, gecertificeerde containers.

## 6.2.2 Organisatorische maatregelen

### *Algemeen*

- Door het in het VR deel 1 (Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten Deel 1 Algemeen & Centrale voorzieningen, 18 maart 2019) beschreven veiligheidszorgsysteem en door procedures voor alle belangrijke handelingen, wordt de veiligheid van de bedrijfsvoering in het FIELD-LAB gewaarborgd.
- Veiligheidsgerelateerde wijzigingen aan installaties moeten conform vastgelegde procedures tot stand gebracht worden.
- Verantwoordelijkheden ten aanzien van de veiligheid en het optreden in normale en noodsituaties, zijn vastgelegd in het “Algemeen Voorschrift Veiligheid, Gezondheid, Welzijn en Milieu” en de documenten vallend onder de “Bedrijfs Nood Organisatie” (BNO). Zie voor ongevalsbestrijding en noodplan ook paragraaf 6.2.4.
- Periodiek wordt de bedrijfsvoering van het FIELD-LAB en de hieraan gekoppelde veiligheid beoordeeld, onder andere door interne audits, veiligheidsregistraties, verbetervoorstellen, stralingsregistraties, etc.
- Naast de hierboven genoemde organisatorische maatregelen, wordt een veilig bedrijf van het FIELD-LAB bevorderd door onder het managementsysteem vallende regelingen.

### *Beperking van de hoeveelheden radioactief materiaal*

- De hoeveelheden radioactieve stoffen die maximaal aanwezig mogen zijn in het FIELD LAB zijn beperkt tot de in paragraaf 4.2 aangegeven hoeveelheden, worden via Interne Toestemmingen vastgesteld en door de Algemeen Stralingsdeskundige geaccordeerd.

### *Adequate afscherming van radioactieve bronnen*

- Alvorens radioactieve bronnen binnen het FIELD-LAB worden gebracht of het FIELD-LAB verlaten, worden een dosismeting en een besmettingscontrole aan het oppervlak van de verpakking verricht.
- Radioactieve stoffen kunnen worden opgeslagen in een opslagfaciliteit.

### *Adequate insluiting van radioactieve bronnen*

- Bij alle handelingen met radioactieve bronnen worden de geldende vergunnings- en interne voorschriften met betrekking tot insluiting van radioactieve bronnen nageleefd.
- De absoluutfilters van het centrale ventilatiesysteem van het FIELD-LAB worden periodiek getest en zo nodig vervangen.
- Een onderdrukhiërarchie is toegepast tussen de diverse ruimten, voorzieningen en systemen, met de laagste druk in de ruimte met de grootste kans op verspreiding van radioactieve stoffen.
- De onderdrukhiërarchie wordt continue gemonitord.

### 6.2.3 Brandpreventie, -detectie en –bestrijding

Brandpreventie, -detectie en -bestrijding in de werkruimten zijn essentiële aandachtspunten in de inrichting en installaties bij NRG, daar brand kan leiden tot een verlies van insluiting van radioactieve stoffen en verspreiding van deze stoffen. Op het terrein is een brandbestrijdingsploeg (Quick Response Team-QRT) aanwezig. Ten aanzien van de brandveiligheid zijn, zoals voor de overige installaties binnen de inrichting zijn de normeringen vanuit de Kew vergunning van toepassing, onder andere in de “Algemene eisen voor een radionucliden-laboratorium”.

In essentie berust het omgaan met brand bij NRG op drie pijlers:

- Brandpreventie, door minimaal gebruik van brandbare materialen en minimaliseren van ontstekingsbronnen;
- Vroegtijdige detectie van een eventuele brand;
- Brandbestrijding, variërend van handmatig te activeren blussystemen tot de inzet van het QRT of de brandweer.

#### *Brandpreventie*

- In de cellen wordt niet met open vuur gewerkt.
- Waar nodig is voorzien in brand-compartimenten.
- Het toevoeren van brandbare gassen naar de cellen is verboden, tenzij onder speciale, nader te bepalen voorwaarden.
- Voor het in gebruik hebben van brandbare vloeistoffen gelden de standaard voorschriften, tenzij andere voorwaarden in overleg met het QRT zijn vastgelegd.
- Het QRT maakt geregeld controleronden.

#### *Branddetectie en -alarmering*

- Alle werkruimten zijn voorzien van brandmelders.
- Bij brand treden akoestische en visuele signalen in werking.
- Brandmelders geven automatisch melding aan de Centrale Meldpost met indicatie van de plaats van de melding.
- Via het alarmnummer kan een brandmelding worden doorgegeven aan de Centrale Meldpost.

#### *Brandbestrijding*

- Bij brandalarm in een cel wordt de luchttoevoer naar de betreffende cel gesloten.
- De ventilatieafvoer blijft open om de werking van de filters te continueren<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Bij de ongevalsanalyse is ook de situatie beoordeeld waarbij filterfunctie niet behouden blijft (zie paragraaf 6.5)

- Bij brandmelding via de Centrale Meldpost is de QRT snel ter plaatse.
- Bij de installaties en op diverse plaatsen in de werkruimten zijn brandbestrijdingsmiddelen opgesteld conform geldende richtlijnen.
- De brandblusmiddelen worden periodiek gecontroleerd door het QRT of een andere gecertificeerde instantie.
- Voor het FIELD-LAB zijn 'aanvalsplannen' en 'looproutes' vastgelegd.

Bij brand in de cellen zijn de volgende zaken van toepassing:

- De ventilatietoevoer wordt afgesloten om de aanvoer van verse lucht te stoppen.
- Een metalen voorfilter dient onder andere om vonken op te vangen.
- Voor de bestrijding van branden is iedere cel uitgerust met een CO<sub>2</sub>-systeem, dat handmatig bediend wordt.
- De ruimtes in het FIELD-LAB zijn voorzien van door het QRT gecontroleerde, handmatig bediende blussystemen.
- Brandblussystemen zijn in lijn met de aannames van de veiligheidsanalyses en zijn zodanig ontworpen om tijdens gebruik ervan overdruk in de cellen te voorkomen.

De gevolgen van brand-gerelateerde ongevallen in het FIELD-LAB zijn beschreven in paragraaf 6.5.

## 6.2.4 Ongevalsbestrijding en noodplan

De invulling van de bedrijfsnoodorganisatie BNO (in de kernenergiewetvergunning alarmorganisatie en alarmplan genoemd) is uitgewerkt in het bedrijfsnoodplan (BNP) en de locatienoodplannen (LNP). Een locatienoodplan bestaat uit een algemeen deel en een operationeel deel:

- Het algemene deel beschrijft hoe de lokale noodorganisatie is opgebouwd op basis van de infrastructuur en de risico's die van toepassing zijn.
- Het operationele deel beschrijft de taken van de verschillende rollen in de lokale noodorganisatie, aan de hand van een aantal locatie specifieke basisscenario's.

Deze documenten maken deel uit van het managementsysteem van NRG.

## 6.3 Barrière principe

In het FIELD-LAB is voor de veiligheidsfunctie 'insluiting' het barrière principe ingevuld door het, onder normale bedrijfsomstandigheden, insluiten van stoffen of bronnen door minimaal twee barrières. Daarbij wordt een gebouw of ruimte, waar een onderdruk heerst ten opzichte van de omringende ruimte, als barrière geaccepteerd mits het voorzien is van een filtersysteem dat in evenredigheid is met de gevaarstelling van mogelijk te lozen radioactieve stoffen.

In het ontwerp van het FIELD-LAB zijn onderstaande barrières gerealiseerd ten behoeve van de veiligheidsfunctie "insluiting":

- Adequate lekdichte verpakkingen voor radioactieve materialen;

- Waar nodig, adequate lekdichte processystemen;
- Cellen en zuurkasten in combinatie met adequate ventilatie;
- Het gebouw als omvattende insluiting van de cellen en zuurkasten.

Specifieke maatregelen ter insluiting van radioactieve bronnen zijn in de paragrafen 6.2.1 en 6.2.2 benoemd.

## 6.4 Directe straling

Inrichtingsdosisberekeningen hebben uitgewezen dat de binnen het FIELD-LAB geïmplementeerde materiële en organisatorische maatregelen voldoende afscherming bieden tegen directe straling. De Actuele Individuele Dosis (AID) aan de inrichtingsgrens ten gevolge van directe straling valt binnen de in de vergunning opgenomen limiet.

## 6.5 Ongevalssituaties en gevolgenanalyses

De kansen op en gevolgen van de belangrijkste ontwerp- en buitenontwerpongevallen van het FIELD-LAB zijn onderzocht. Uit de analyse blijkt dat voldaan wordt aan de wettelijke dosiscriteria en dat het individueel als gevolg van ongevallen met het FIELD-LAB voldoet aan de door de overheid gestelde eisen. De ongevalsanalyse wijst tevens uit dat het groepsrisico gelijk is aan nul.

### 6.5.1 Ongevalssituaties

Voor nucleaire installaties zoals het FIELD-LAB moet worden aangetoond dat deze veilig bedreven worden. Dit betreft niet alleen normaal bedrijf maar ook verstoringen en/of incidenten die kunnen optreden. Voor dit laatste wordt dit gedaan aan de hand van een aantal geselecteerde (omhullende) begingebourtenissen waarvoor door middel van veiligheidsanalyses wordt aangetoond dat deze met de beschouwde installatie worden beheerst dan wel dat de gevolgen van dergelijke gebeurtenissen binnen gestelde wettelijke eisen blijven.

Voor het FIELD-LAB zijn een aantal potentiële ongevalssituaties beschouwd. Hierbij is de schatting van de kansen en gevolgen van de gepostuleerde ongevallen niet gebaseerd op een probabilistische risicoanalyse. Echter, door de kans van optreden van een aantal ongevallen op een systematische wijze te schatten, wordt inzicht verkregen wat de kans van optreden van de ongevallen is.

De opzet en het kader van de ongevalsanalyses is nader beschreven in Deel 1 van het Veiligheidsrapport.

#### *Selectie van begingebourtenissen*

Op basis van een kwalitatieve beschouwing zijn voor het FIELD-LAB de potentiële ongevalssituaties bepaald die kunnen leiden tot een vrijzetting van radioactieve stoffen.

Daarbij is uitgegaan van algemene lijsten van begingeburtenissen (“Postulated Initiating Event” – PIE) zoals deze in diverse IAEA-documenten zijn opgenomen. Op basis van ervaringsdeskundigheid is deze basislijst aangevuld met een aantal proces- en installatie-specifieke gebeurtenissen die reeds voor het HCL zijn geanalyseerd, omdat deze als een goede indicatie zijn beschouwd voor de gebeurtenissen waarbij in het FIELD-LAB rekening moet worden gehouden. Uit deze combinatie van begingeburtenissen zijn die begin-geburtenissen geselecteerd die van toepassing (zouden kunnen) zijn voor het FIELD-LAB.

Van de gebeurtenissen die kunnen leiden tot een vrijzetting van radioactieve stoffen in de omgeving die groter is dan de reguliere vrijzetting, zijn de frequenties, het geschatte aantal malen dat de gebeurtenis jaarlijks kan optreden, bepaald en mogelijke gevolgen globaal aangegeven. Ter beperking van het aantal analyses zijn waar mogelijk gebeurtenissen op basis van soortgelijke gevolgen ondergebracht in clusters waarvoor dan een gebeurtenis als omhullend (grootste lozing of gevolg), en maatgevend (met voor de cluster geldende hoogste frequentie) geldt en dus bepalend voor de impact van de beschouwde cluster van gebeurtenissen.

De kwalitatieve beschouwing resulteert in acht clusters met elk een maatgevende gebeurtenis waarvan de gevolgen zijn bepaald. Tabel 3 benoemt de geclusterde ongevallen die zijn beschouwd voor het FIELD-LAB, alsmede de frequentie ervan per jaar.

Tabel 3: De geclusterde ontwerp- en buitenontwerpongevallen bij het FIELD-LAB

Cluster	Gebeurtenis	Omschrijving vrijzetting	Frequentie per jaar
1	Bypass van de procesfilters	Vrijzetting van luchtgedragen radioactieve stoffen van de processen in één cel of box aan de respectieve ventilatiesystemen met gefilterde lozing	$\geq 10^{-1}$
2	Kleine brand in een celbox	Vrijzetting van luchtgedragen radioactieve stoffen van de processen in één cel dat vrijkomt bij brand in de cel en dat door de cellenventilatie gefilterd wordt afgevoerd	$4,3 \cdot 10^{-3}$
3	Brand in een celbox	Vrijzetting van luchtgedragen radioactieve stoffen van de processen in één cel en filters bij brand in cel en primaire filters met vrijzetting via de secundaire filters	$7,5 \cdot 10^{-6}$
4	Vrijzetting van alle vluchtige radioactiviteit	Vrijzetting van luchtgedragen radioactieve stoffen en edelgassen van de processen in de cellen en ventilatiesystemen dat rechtstreeks uit het gebouw vrijkomt plus verdamping en vrijzetting in de omgeving van 1% van de mogelijk aanwezige vloeistof door verdamping	$5,0 \cdot 10^{-7}$
5	Vrijzetting van alle edelgassen uit cellen via gebouwventilatie	Afvoer van de edelgasinhoud in de cellen door gebouwventilatie zonder vertragingsfilters	$1,3 \cdot 10^{-1}$



Cluster	Gebeurtenis	Omschrijving vrijzetting	Frequentie per jaar
6	Brand in ruimten van het ventilatiesysteem	Vrijzetting van in de filters aanwezige radioactieve stoffen	$6,1 \cdot 10^{-5}$
7	Vrijzetting van alle vluchtige radioactiviteit uit de werkruimtes	Vrijzetting van luchtgedragen radioactieve stoffen uit gebouwruimte	$5,0 \cdot 10^{-1}$
8	Vliegtuiginslag	Vrijzetting van een groot deel van totale gebouwinventaris als gevolg van brand bij een vliegtuigongeval.	$6,9 \cdot 10^{-7}$

De hierboven omschreven ongevallen zijn onder te verdelen in twee categorieën:

- ontwerpongevallen: in het ontwerp van het FIELD-LAB zijn voorzieningen getroffen om deze ongevallen te voorkomen en om de gevolgen ervan te beperken. De ongevallen onder de clusters 1 t/m 7 vallen in deze categorie;
- buitenontwerpongevallen: in het ontwerp is geen rekening gehouden met het optreden hiervan, omdat de zeer kleine kans van optreden van deze ongevallen dit rechtvaardigt. Cluster 8 valt in deze categorie.

Specifieke aannames voor elk van de clusters zijn hieronder benoemd.

## 6.5.2 Gevolgenanalyses

Van de in Tabel 3 vermelde clusters zijn per cluster de gevolgen in termen van dosisbelasting of risico bepaald.

Zoals is beschreven in paragraaf 2.2 wordt in het FIELD-LAB onderscheid gemaakt tussen alfa-emitterende isotopen en bèta/gamma emitterende isotopen, die deels aparte productie- of verwerkingslijnen doorlopen.

De productie van de alfa-emitterende isotopen is als één productieproces te beschouwen. Uit oriënterende voorstudies van de productieprocessen voor bèta/gamma emitterende isotopen is gebleken dat de gebeurtenissen die bij de productie van die isotopen tot een impact op de omgeving kunnen leiden voor alle processen een soortgelijk gevolg hebben. In de analyse is het proces met het potentieel grootste radiologische effect op de omgeving als omhullend voor de gevolgen van de productieprocessen van de bèta/gamma emitterende isotopen beschouwd.

Voor elk van de genoemde productieprocessen zijn van de clusters zoals aangegeven in Tabel 3 de gevolgen bepaald. Hierbij zijn een aantal aannames gedaan die hierna zijn beschreven.

### Gassen

In de cellen wordt gewerkt met vaste radioactieve stoffen of radioactieve stoffen opgelost in vloeistof. De vluchtigheid van de radioactieve stoffen is in deze omstandigheid in het

algemeen gering. Bij ongevallen waarbij een stof vervluchtigt, wordt deze gasvormig en niet uitgefilterd door de HEPA filters.

De bestraalde radiumhoudende preparaten bevatten radioactieve edelgassen. Deze worden voor een groot deel vastgehouden in de vaste-stof matrix, of kunnen deels ook oplossen in water.

#### Stoffen opgelost in water

Radioactieve stoffen die in oplossing zijn (in water) kunnen, als zij aan de lucht worden blootgesteld, daaruit verdampen. Voor de gehanteerde oplossingen vindt onder normale ('koude') omstandigheden verdamping nauwelijks plaats. Aangenomen wordt dat bij een ongeval zoals lekkage, een klein deel van de in water opgeloste hoeveelheid activiteit door verdamping kan vrijkomen.

#### Vaste stoffen

Bij verlies van insluiting, waarbij geen sterke oververhitting plaatsvindt, is de vluchtigheid van vaste stoffen zeer laag en zal geen significante vervluchtiging zal kunnen optreden. Het overgrote deel van de radioactieve stoffen in het FIELD-LAB is aanwezig in niet-brandbare en (bijna-)niet-vluchtige vorm, en zal in de meeste ongevalsomstandigheden slechts beperkt kunnen vrijkomen.

Bij ongevallen kan radioactief materiaal als aerosol vrijkomen in de vorm van kleine stofdeeltjes vanuit de vaste stof of micro-waterdruppels vanuit de vloeistof. Deze zullen goed uitgefilterd worden door de HEPA-filters in het ventilatiesysteem.

#### Brand

Bij contact met vuur kan een deel van de vloeistof verdampen, anderzijds zal in ongevalsomstandigheden de vloeistof weglopen, zodat een deel van de radionucliden uit de vloeistof zal vervluchtigen.

Bij niet brandbare vaste stof kunnen door mechanische effecten van de opwarming (uitzetting) kleine deeltjes van de vaste stof losraken en met de rook meegevoerd worden. Dit zal echter een klein deel van het niet-brandbare materiaal zijn.

Bij een kortstondige brand worden na blussen de mogelijk vrijgekomen radioactieve stoffen door de ventilatiesystemen met intacte filters uitgefilterd en afgevoerd.

Bij een langdurige brand zal de eerste set filters in het (cellen) ventilatiesysteem door de brand beschadigt raken en daardoor falen. Dit resulteert in een aanbod van de inhoud van de cel en de eerste set filters aan de secundaire filters.

Bij brand in ruimten van het ventilatiesysteem wordt aangenomen dat brand optreedt in de technische ruimte. Hierbij worden de daar aanwezige filters zodanig beschadigt dat de inhoud ervan, afkomstig van de productie van zowel alfa als bèta/gamma emitterende isotopen, vrijkomt.

### Externe gebeurtenissen

Bij schade als gevolg van externe invloeden aan het gebouw, de cellen en de systemen wordt verondersteld dat aanwezige luchtgedragen radioactieve stoffen en edelgassen rechtstreeks in de omgeving kunnen vrijkomen.

### Vliegtuigongeval (buitenontwerpongeval)

Als gevolg van een vliegtuigongeval wordt een deel van de in het FIELD-LAB aanwezige nuclideninventaris ongefilterd vrijgezet. Hierbij kunnen zowel alfa als bèta/gamma emitterende isotopen vrijkomen.

### *Rekenmodel*

De berekeningen zijn uitgevoerd conform de ANVS Handreiking Niveau-3 PSA. Dit model is, tezamen met een aantal aanbevelingen voor parameterkeuze, een verbijzondering van het Nieuw Nationaal Model, een in Nederland algemeen toegepaste voorspellingsmethode voor de verspreiding van luchtverontreiniging, gebaseerd op het gaussisch pluimmodel.

Bij de berekeningen zijn de volgende blootstellingswegen beschouwd:

- straling vanuit de wolk met radioactieve stoffen tijdens het overtrekken over de omgeving;
- inademing van verontreinigde lucht tijdens de passage van de wolk;
- straling vanaf de door depositie besmette bodem tot 50 resp. 70 jaar na het ongeval;
- ingestie van direct besmette groenten en fruit en/of besmet door opname via de wortels;
- ingestie van besmette melk en vlees door besmetting van gras en voer.

De doses voor ingestie zijn berekend voor personen die uitsluitend voedsel gebruiken uit het besmette gebied. Bij de analyses is onderscheid gemaakt tussen volwassenen werkzaam op de OLP, volwassenen buiten de OLP en kinderen buiten de OLP.

## **6.5.3 Ongevalseconsequenties**

De resultaten van de ongevalsanalyses van de ontwerpongevallen en de buitenontwerpongevallen zijn hieronder samengevat en getoetst aan de Nederlandse regelgeving.

### *Toetsing aan regelgeving: Bkse*

Door de overheid zijn eisen geformuleerd waaraan nucleaire installaties voor het verkrijgen van een vergunning moeten voldoen. Dit zijn eisen voor de gevolgen op de omgeving in termen van mogelijk op te lopen doses en risico's. Deze zijn vastgelegd in de Nederlandse regelgeving, met name de Bkse, en met een onderscheid tussen ontwerp- en buitenontwerpongevallen.

De limietwaarden voor de ontwerpongevallen zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Bkse limietwaarde voor ontwerpgevallen

Categorie	Gebeurtenisfrequentie per jaar	Maximaal toegestane effectieve dosis	
		Personen vanaf 16 jaar	Personen tot 16 jaar
1	$F \geq 10^{-1}$	0,1 mSv	0,04 mSv
2	$10^{-1} > F \geq 10^{-2}$	1 mSv	0,4 mSv
3	$10^{-2} > F \geq 10^{-4}$	10 mSv	4 mSv
4	$F < 10^{-4}$	100 mSv	40 mSv

Tevens moet de effectieve schildklierdosis kleiner zijn dan 500 mSv.

De buitenontwerpgevallen dienen getoetst te worden aan de eisen voor plaatsgebonden risico en groepsrisico. Dit houdt in dat door middel van analyses wordt aangetoond dat de volgende waarden niet worden overschreden:

1. “Een kans van  $10^{-6}$  per jaar dat een persoon, die zich permanent en onbeschermd buiten de desbetreffende inrichting zou bevinden, overlijdt als gevolg van een buitenontwerpgeval”.
2. “Een kans van  $10^{-5}$  per jaar dat buiten de desbetreffende inrichting een groep van ten minste 10 personen direct dodelijk slachtoffer is van een buitenontwerpgeval, of voor n maal meer direct dodelijke slachtoffers een kans die  $n^2$  maal kleiner is”.

#### Resultaten van de consequentieanalyse

In Tabel 5 zijn de resultaten van de consequentieanalyse van de ontwerpgevallen voor het FIELD-LAB weergegeven. Daarbij zijn voor de doses de hoogste berekende waarden (alfa of bèta-gamma processen) genomen als maatgevend voor de betreffende cluster. Tevens zijn de Bkse eisen voor de betreffende frequentie categorie vermeld.

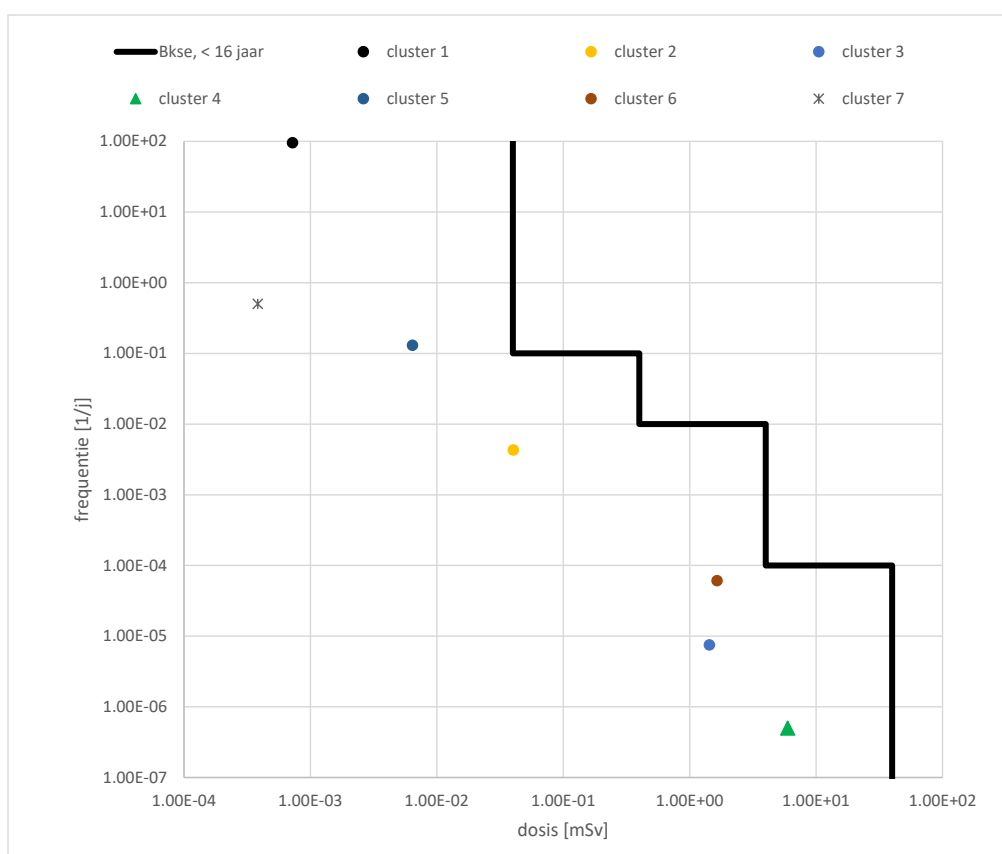
Tabel 5 Resultaten van de consequentieanalyse voor het FIELD-LAB – ontwerpgevallen

Cluster	Gebeurtenis	Frequentie [per jaar]	Dosis [mSv]		Bkse limiet Kind/Volw [mSv]
			Kind	Volwassene	
1	Bypass van de procesfilters	$\geq 10^{-1}$	$7,2 \cdot 10^{-4}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$	0,04 / 0,1
2	Kleine brand in een celbox	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	4 / 10
3	Brand in een celbox	$7,5 \cdot 10^{-6}$	1,4	0,99	40 / 100
4*	Vrijzetting van alle vluchtige radioactiviteit	$5,0 \cdot 10^{-7}$	6,0	5,4	40 / 100
5	Vrijzetting van alle edelgassen uit cellen via gebouwventilatie	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$6,4 \cdot 10^{-3}$	$4,9 \cdot 10^{-3}$	0,04 / 0,1

Cluster	Gebeurtenis	Frequentie [per jaar]	Dosis [mSv]		Bkse limiet Kind/Volw [mSv]
			Kind	Volwassene	
6	Brand in ruimten van het ventilatiesysteem	$6,1 \cdot 10^{-5}$	1,7	1,0	40 / 100
7	Vrijzetting van alle vluchtige radioactiviteit uit de werkruimtes	$5,0 \cdot 10^{-1}$	$3,9 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	0,04 / 0,1

\* Op grond van de frequentie van optreden kan cluster 4 ook als buitenontwerpeval beschouwd worden. Nu is conservatief gekozen om cluster 4 als ontwerpeval te beschouwen.

Voor de ontwerpevallen zijn de resultaten ook weergegeven in Figuur 7 waarin de combinaties frequenties per jaar versus dosisconsequenties in mSv zijn opgenomen. Tevens zijn als grenswaarden de eisen voor personen onder de 16 jaar als zwarte lijn weergegeven. Acceptabele combinaties van frequentie en dosisconsequentie dienen links van deze lijn te liggen.



Figuur 7: Bkse diagram van de consequentieanalyse voor het FIELD-LAB - ontwerpevallen

Uit Tabel 5 en Figuur 7 volgt dat de beschouwde clusters, en daarmee de daartoe behorende ontwerpevallen, aan deze voorwaarde voldoen.

Omdat de brontermen geen jodium bevatten zijn de schildklierdoses vergelijkbaar met de effectieve doses voor de betreffende clusters, dus voor de ontwerpongevallen ruim onder 500 mSv.

Voor buitenontwerpongevallen wordt voor het individuele risico een grenswaarde van  $1 \cdot 10^{-6}$  per jaar aangehouden. Tabel 6 bevat de maximum waarden zoals in de gevolgenanalyse zijn bepaald. Daarbij zijn voor de doses de hoogste berekende waarden (volwassene/kind; alfa/bèta-gamma emitterende isotopen) genomen als maatgevend voor de betreffende cluster.

Het in Tabel 6 aangegeven individuele risico voor een volwassene is groter dan dat voor een kind. De oorzaak hiervan is dat het een individuele risico voor een volwassene op de OLP betreft en voor een kind daarbuiten.

Tabel 6: Risicowaarden van de buitenontwerpongevallen voor het FIELD-LAB

Cluster	Gebeurtenis	Frequentie per jaar	Individueel risico per jaar	
			Kind	Volwassene
8	Vliegtuiginslag	$6,9 \cdot 10^{-7}$	$8,7 \cdot 10^{-9}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$

Voor de buitenontwerpongevallen zoals beschouwd voor het FIELD-LAB geldt dat het maximale risico kleiner is dan  $10^{-6}$  per jaar, waarmee wordt voldaan aan de door de overheid gestelde eisen.

Uit de gevolgenanalyses is gebleken dat het groepsrisico gelijk is aan nul.

## 7 Stralingsbescherming

Voor de veilige uitvoering van de handelingen in het FIELD-LAB zijn principes van de stralingshygiënische zorg van toepassing. Voor de toelichting op de algemene wijze van implementatie van de stralingshygiënische zorg en over de waarborging van het optimalisatieprincipe binnen NRG, wordt verwezen naar deel 1: “Algemeen & Centrale Voorzieningen” van het veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten. Meer specifieke aspecten van toepassing voor het FIELD-LAB zijn hierna beschreven.

### 7.1 Stralingshygiënische voorzieningen

#### *Ontwerpvoorzieningen*

In het FIELD-LAB wordt de stralingsbelasting beperkt door:

- het voorkomen van ongecontroleerde verspreiding van radioactieve stoffen;
- het toepassen van voldoende afscherming tegen directe straling;
- het voorkomen van radioactieve besmetting van personen;
- het handhaven van een zo groot mogelijke afstand tot een stralend object.

Hierbij is het Optimalisatieprincipe in acht genomen.

#### *Ontwerp apparatuur*

Vanuit het oogpunt van stralingshygiëne hebben bij het ontwerpen van apparatuur voor het FIELD-LAB het optimalisatieprincipe en de defence-in-depth filosofie centraal gestaan. Voor elk apparaat geldt derhalve dat er geen onnodige en ongewenste aanleiding mag zijn tot verminderde afscherming, langere verblijftijden voor de medewerkers of contact met radioactief materiaal

De apparatuur is optimaal bruikbaar, en biedt tevens voldoende bescherming tegen straling en besmetting.

#### *Indeling van gebouw in stralingszones*

Het FIELD-LAB is onderverdeeld in vier zones waar verschillende regels betreffende stralingsbescherming gelden, te weten (in volgorde van toenemend besmettings-potentieel):

- niet-radiologische zone;
- gecontroleerde zone;
- gecontroleerde zone met extra toegangsbeperking;
- gecontroleerde zone met toegangsverbod. In speciale gevallen, bijvoorbeeld schoonmaken van de cellen, kan een dergelijke zone, na toestemming van de manager FIELD-LAB, worden betreden.

De indeling van de stralingszones wordt bepaald op basis van de stralingshygiënische risico-inventarisatie & -evaluatie (RI&E) en vastgelegd na beoordeling door de (algemeen) stralingsbeschermingsdeskundige.

## **7.2 Maatregelen met betrekking tot stralingsbescherming**

### **7.2.1 Maatregelen bij de behandeling van radioactief afval**

Het laagradioactieve afval wordt verzameld in standaardvaten en geeft in het algemeen geen aanleiding tot een verhoogde persoonsdosis, vanwege de geringe activiteit en de afscherming van straling door de vaten. Bij de behandeling van het overige radioactief afval vindt geen significante blootstelling aan straling plaats omdat het afval zich slechts of in een hotcell of in een afschermend vat kan bevinden.

### **7.2.2 Afscherming**

De afscherming van de stralingsbronnen in het FIELD-LAB is van primair belang bij het toepassen van het optimalisatieprincipe.

Binnen de radiologische zones wordt gebruik gemaakt van afschermingsmiddelen. De afscherming van de cellen waarin met radioactieve stoffen wordt gewerkt bestaat uit lood en loodglas, waarbij de ontwerpeis 1 microSv/h bedraagt (gemiddelde dosistempo op jaarbasis (nominaal 1600 werkbare uren)).

Daar waar de afscherming geopend kan worden, is deze voorzien van een 'shutter/docking' systeem dat alleen door bevoegde personen kan worden geopend. De afscherming kan daardoor niet abusievelijk worden geopend.

De bedrijfservaring met bestaande faciliteiten heeft geleerd dat buiten de radiologische zones de ontvangen dosis kleiner is dan 1 mSv per jaar.

### **7.2.3 Ventilatie**

De ventilatie is een middel om de accumulatie van zwevende radioactieve stoffen in het FIELD-LAB te beperken en te verminderen, waarmee ook het optimalisatieprincipe wordt nageleefd. In zowel de cellenventilatie als in de gebouwventilatie zijn monitoren ingebouwd, waarmee de hoeveelheid radioactieve stoffen die de cellen en het gebouw via de ventilatie verlaat wordt gecontroleerd.

### **7.2.4 Meetapparatuur**

In de radiologische ruimten is stralings- en besmettingsmeetapparatuur aanwezig ten behoeve van stralings- en radioactiviteitsmetingen in het FIELD-LAB, welke periodiek worden



gekalibreerd. De radiologische werkruimten worden regelmatig gecontroleerd op mogelijke radioactieve besmetting. Verder zijn alle medewerkers uitgerust met ambtelijke persoonsdosimeters, die op regelmatige basis worden uitgelezen.

Bij de uitgang van de gecontroleerde zones is men verplicht zich te controleren op besmettingen van handen en voeten. Beschermende kleding wordt lokaal gecontroleerd op besmetting alvorens de kleding naar de wasserij wordt getransporteerd. Ook materialen en afvalvaten die buiten de gecontroleerde zone worden gebracht worden eerst op uitwendige besmetting en stralingsniveau gecontroleerd en zo nodig van waarschuwingstekens voorzien.

### **7.2.5 Persoonlijke beschermingsmiddelen**

In het FIELD-LAB worden persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's) gebruikt ter vergroting van de veiligheid van de betrokken medewerkers.

Voor reguliere werkzaamheden in de productieruimten en technische ruimten wordt beschermende kleding en schoeisel gebruikt, en indien de omstandigheden dit noodzakelijk maken, middelen ter bescherming van gezicht, gehoor en/of gelaat. In geval van bijzondere of afwijkende werkzaamheden worden aanvullende PBM's voorgeschreven in overleg met de Preventiemedewerker.

Indien hiertoe aanleiding is dient voor nieuwe of (sterk) gewijzigde, inclusief niet-reguliere werkzaamheden tevens aparte toestemming bij de (Algemeen) Stralingsbeschermingsdeskundige te worden aangevraagd waarbij op basis van een stralingshygiënische RI&E aanvullende persoonlijke beschermingsmiddelen kunnen worden voorgeschreven.

Voor personen die werkzaamheden moeten verrichten in de radiologische ruimten en daar niet voor zijn opgeleid is een werkvergunning vereist. Deze werkvergunning wordt verstrekt door de verantwoordelijke manager of door een door hem aangewezen gemachtigde persoon. Op deze werkvergunning is aangegeven aan welke radiologische beperkingen de werkzaamheden zijn onderworpen en welke persoonlijke beschermingsmiddelen dienen te worden toegepast.

De lokale stralingsdeskundige houdt toezicht op de uitvoering van de lokale werkzaamheden, en het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen.

### **7.2.6 Toegangscontrole**

De toegang tot gecontroleerde zones binnen het FIELD-LAB geschiedt met een elektronisch autorisatie-systeem. Toestemming tot het betreden van de gecontroleerde zones wordt verkregen van de manager FIELD-LAB of van daartoe door de manager FIELD-LAB gemachtigde personen.

Indien een persoon gecontroleerde zones voor het eerst betreedt, krijgt diegene instructie inzake kleding, consumptie, vluchtroutes, alarm, etc.

In het aanwezigheidsregister wordt geregistreerd wie op welk moment radiologische zones in/uit is gegaan en welke dosimeter is gebruikt.

### **7.3 Registratie en persoonsdoses**

Alle medewerkers en bezoekers van de radiologische ruimten worden middels persoonsdosimeters gecontroleerd op blootstelling. Deze dosimeters worden geanalyseerd, waarna de gemeten waarde wordt geregistreerd en bewaard. Indien een (te) hoge dosis is geconstateerd, wordt dit vastgelegd en conform NRG's managementsysteem afgehandeld.

### **7.4 Opleiding en instructie met betrekking tot stralingsbescherming**

Alle nieuwe werknemers van het FIELD-LAB worden opgeleid conform vastgelegde voorschriften. De inhoud van deze opleiding, waarbij de stralingshygiënische aspecten van de werkzaamheden een prominente plaats innemen, is afhankelijk van de functie en opleiding van de deelnemer. Tevens vinden regelmatig herhalingscursussen plaats om de kennis van de medewerkers op peil te houden.

Personeel van het FIELD-LAB ontvangt bij indiensttreding of inzet bij het FIELD-LAB instructie over de veiligheid, methodieken en voorschriften zoals vastgelegd in het managementsysteem. Dit is zowel vanuit nucleaire veiligheid als GMP een vereiste.

Centraal wordt geregistreerd wie wanneer welke opleiding heeft gevolgd.

## Lijst van tabellen

Tabel 1: Noodstroom- en no-break-voorziening van het FIELD-LAB .....	25
Tabel 2: Meting van uitgaande lucht.....	33
Tabel 3: De geclusterde ontwerp- en buitenontwerpongevallen bij het FIELD-LAB .....	40
Tabel 4: Bkse limietwaarde voor ontwerpongevallen.....	44
Tabel 5 Resultaten van de consequentieanalyse voor het FIELD-LAB – ontwerpongevallen .	44
Tabel 6: Risicowaarden van de buitenontwerpongevallen voor het FIELD-LAB .....	46

## Lijst van figuren

Figuur 1: Situering van gebouw 28 op de OLP. ....	9
Figuur 2: Indeling van het FIELD-LAB – productieruimten (indicatief).....	12
Figuur 3: Indeling van het FIELD-LAB – technische ruimten (indicatief) .....	12
Figuur 4: Principe-indeling van een cellijn in het FIELD-LAB .....	14
Figuur 5: Principeschema drukregimes; de richting van de drukverschillen, van hoog naar laag, is in rood aangegeven; boven: ruimten waar handelingen worden uitgevoerd zonder dat overdrukregime is vereist; onder: ruimten waar handelingen worden uitgevoerd met werkruimte op overdruk.....	19
Figuur 6: Principeschema van de ventilatie- en filtersystemen van FIELD-LAB .....	21
Figuur 7: Bkse diagram van de consequentieanalyse voor het FIELD-LAB - ontwerpongevallen .....	45