

Veiligheidsrapport

Kernenergiewetvergunning

NRG-Petten

*Deel 4b Hot Cell Laboratories -
Molybdenum Production Facility*

L.P. Roobol

Petten

31 augustus 2007

21872/07.83882

Company profile

NRG is the Dutch expertise centre for nuclear technology, an independent market-oriented organisation servicing both nuclear and non-nuclear customers worldwide. NRG develops knowledge, products and processes for safe applications of nuclear technology on behalf of energy, environment and health. Over 300 highly educated and professional employees are ready to meet your demands.

NRG Petten

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

phone

+31 224 56 40 80

fax

+31 224 56 89 12

e-mail

info@nrg-nl.com

NRG Arnhem

Utrechtseweg 310
P.O. Box 9034
6800 ES Arnhem
The Netherlands

phone

+31 26 356 85 85

fax

+31 26 351 80 92

internet

www.nrg-nl.com

Veiligheidsrapport
Kernenergiewetvergunning
NRG-Petten

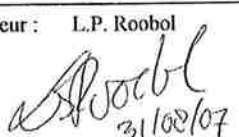
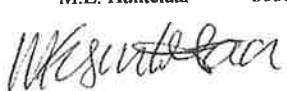
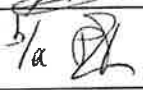
*Deel 4b Hot Cell Laboratories –
Molybdenum Production Facility*

L.P. Roobol

Petten, 31 augustus 2007

21872/07.83882

In opdracht van Directie NRG

versie	datum	omschrijving
3	2007/08/31	wijziging i.v.m. voorgenomen uitbreiding
2	2004/08/17	wijziging i.v.m. opschalen molybdeenproductie
1	2000/07/14	aanvraag integrale Kernenergiewetvergunning
auteur : L.P. Roobol gecontroleerd: M.E. Huntelaar beoordeeld: J.P. Boogaard		
   31/08/07 M. Kater 2007-08		
63 blz IS/LPR/NO goedgekeurd : E.J. de Widt 		
vr 4b 31-08-07.doc		

© NRG 2007

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.

Voorwoord

Op 2 augustus 2001 is aan NRG-Petten een Kernenergiewetvergunning verleend met kenmerk DGM/SAS/2001049111. Een uitbreiding van deze vergunning is ingediend voor de HoogActief Vast Afval - VerpakkingsUnit (HAVA-VU). De aanvraag heeft betrekking op de handelingen die binnen de HAVA-VU worden verricht en de toestellen die daarin worden gebruikt en waarvoor een vergunning als gevolg van de Kernenergiewet is vereist.

Dit rapport maakt als deel 4b onderdeel uit van het "Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten" van de vergunningsaanvraag. De *Research Laboratory* is, als onderdeel van de *Hot Cell Laboratories*, beschreven in deel 4a van deze serie. De HAVA-VU wordt beschreven in deel 4c van dit Veiligheidsrapport.

In deze revisie is de volgende wijziging van belang:

1. **Het uitbreiden van de MPF met een opslag- c.q. transitruimte.**

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Lijst van tabellen	4
Lijst van figuren	5
1 Inleiding	7
1.1 De veiligheidsfilosofie 'defence in depth'	7
1.2 Inhoud van het Veiligheidsrapport	7
2 Inrichting en installaties	9
2.1 De inrichting	9
2.1.1 Het gebouw	9
2.1.2 De ⁹⁹ Mo-productielijnen	10
2.1.3 Voorgenomen uitbreidingen	11
2.1.4 Het ⁹⁹ Mo-productieproces	12
2.1.5 De relatie met 'defence in depth' niveau 1	15
2.2 De installaties	16
2.2.1 Productiesysteem	16
2.2.2 Het ventilatiesysteem van de MPF	18
2.2.3 Filters cellenventilatiesysteem	21
2.2.4 Vertragingsfiltersysteem	22
2.2.5 Alarmsystemen, de relatie met 'defence in depth' niveau 2	23
2.2.6 Gas- en persluchtvoorziening	25
2.2.7 Telemanipulators	25
2.2.8 Hijsvoorzieningen	25
2.2.9 Sluissystemen van de cellen	26
2.2.10 Leidingen en vaten buiten de celboxen	26
2.2.11 De relatie met 'defence in depth' niveau 3	28
2.2.12 De relatie met 'defence in depth' niveau 4	28
2.3 Algemene voorzieningen	29
3 Historie	31
3.1 Historisch overzicht	31
3.2 Onderzoeksprogramma	31
3.3 Bedrijfservaring	31
4 Radioactieve stoffen, splijtstoffen en toestellen	33
4.1 Aard van de radioactieve stoffen, splijtstoffen en type toestellen	33
4.2 De hoeveelheid radioactieve stoffen, splijtstoffen en toestellen	33
4.3 Registratie, inspectie en administratie	33
4.4 Transport van de targets	34
4.5 Afvoer radioactieve stoffen / splijtstoffen	34

5	Radioactief afval binnen de MPF	35
5.1	Ontstaan/behandeling van radioactief afval	35
5.2	Afvoeren van radioactief afval	35
5.3	Lozingen naar de omgeving	38
5.3.1	Lozingen in de lucht	38
5.3.2	Lozing van vloeibare radioactieve stoffen	38
5.3.3	Controle van lozingen en andere activiteitsmetingen	38
6	Veiligheidsevaluatie	41
6.1	Beschrijving van de veiligheidsmaatregelen	41
6.1.1	Materiële maatregelen	41
6.1.2	Organisatorische maatregelen	42
6.1.3	Brandpreventie, -detectie en -bestrijding	43
6.1.4	Ongevalsbestrijding en noodplannen	44
6.2	Ongevalsituaties en gevolgenanalyses	44
6.2.1	Ongevalsituaties	45
6.2.2	Ongevalconsequenties	48
7	Stralingsbescherming	51
7.1	Maatregelen met betrekking tot stralingsbescherming	51
7.1.1	Maatregelen bij de behandeling van radioactief afval	51
7.1.2	Afscherming	51
7.1.3	Ventilatie	51
7.1.4	Meetapparatuur	52
Figuren		53

Lijst van tabellen

tabel 1	De gecontroleerde parameters in de MPF	24
tabel 2	Noodstroom- en no-break-voorziening	30
tabel 3	Meting van uitgaande lucht	39
tabel 4	Ontwerpongevallen bij de MPF	45
tabel 5	Vrijzettingspercentage in de buitenlucht bij een groot systeemlek	47
tabel 6	Vrijzettingspercentage in de buitenlucht bij een groot systeemlek in een waste tank	47
tabel 7	Buitenontwerpongevallen bij de MPF	48
tabel 8	Doses (95 percentielwaarden) bij het ontwerpongeval 'Groot systeemlek in cel 01 of 11'	48
tabel 9	Doses (95 percentielwaarden) bij het ontwerpongeval 'Groot systeemlek van de afvaltanks in de kelder'	49
tabel 10	Vergelijking van het maximaal risico van de kritieke groep met het criterium	50
tabel 11	Overige stralingsmeetapparatuur binnen de MPF	52

Lijst van figuren

figuur 1	Overzicht onderzoekslocatie Petten met gebouwen HCL	53
figuur 2	Gevelaanzicht noord/west HCL	54
figuur 3	Plattegrond HCL, overzicht cellenaanduiding RL, splijststofzones HCL en doorgang naar HAVA-VU.	55
figuur 4	Kelder van de MPF	56
figuur 5	Begane grond van de MPF	57
figuur 6	Eerste verdieping van de MPF	58
figuur 7	Dwarsdoorsnede van de MPF	59
figuur 8	Principeschema van het ventilatiesysteem van de MPF	60
figuur 9	Schema filters in cellenventilatiesysteem MPF	61
figuur 10	Afvalroutes MPF	62
figuur 11	Toekomstige wijzigingen aan de HCL (zie paragraaf 2.1.3).	63

1 Inleiding

De Molybdenum Production Facility (MPF) is een integraal onderdeel van de Hot Cell Laboratories (HCL), dat naast de MPF ook het Research Laboratory (RL) bevat. Doordat de MPF is ingebed in de organisatie van de HCL, vindt de Mo-productie plaats in een werkomgeving waar ruime ervaring bestaat in het uitvoeren van handelingen met hoogradioactieve stoffen. De MPF is aan het RL gebouwd en maakt voor een deel gebruik van dezelfde voorzieningen en het maatregelenpakket van het RL. De centrale voorzieningen en de rechtvaardiging voor het bedrijven van de MPF is in deel 4a opgenomen. Ook bij het ontwerpen en bouwen van de MPF is gebruik gemaakt van de ervaring bij het RL.

In het voorliggende deel wordt ingegaan op specifieke installaties en maatregelen voor de MPF.

De beschreven activiteiten zijn op dit moment vergund in de NRG KEW-vergunning met kenmerk DGM/SAS/2001049111 van 2 augustus 2001, laatstelijk gewijzigd op 11 juli 2007 met kenmerk SAS/2007066689.

De relevante wijzigingen in dit document zijn vet gedrukt en staan in de kantlijn gemarkeerd.

Als basis voor het opstellen en beoordelen van veiligheidstechnische gronden zijn de IAEA eisen en richtlijnen voor onderzoeksreactoren gehanteerd. Het betreft onder andere NS-R-4: *Safety of Research Reactors*; SS 35-G1: *Safety Assessment of Research Reactors and Preparation of the Safety Analysis Report*; DS 261: *Draft Safety Guide Operational Limits and Conditions and Operating Procedures for Research Reactor*. Daarnaast zijn, voor zover van toepassing, de regels uit de algemene voorschriften uit de Nucleaire Veiligheidsregels voor Kwaliteitsborging van Kerncentrales (NVR-1.3) en de Beveiligingsrichtlijnen Kerninstallaties gehanteerd. De Nucleaire Veiligheidsregels bestaan voor de Nederlandse situatie uit de geamendeerde versies van de *International Atomic Energy Agency (IAEA) codes en guides*.

1.1 De veiligheidsfilosofie 'defence in depth'

Bij het ontwerpen van de Molybdenum Production Facility (MPF) is de filosofie aangewend van 'verdediging in de diepte' ('defence in depth'). Deze filosofie, waarbij vier beveiligingsniveaus worden onderkend, is in deel 1: Algemeen & Centrale Voorzieningen nader toegelicht. De wijze waarop hier voor de HCL invulling aan is gegeven, is beschreven in paragraaf 1.2 van deel 4a (het *Research Laboratory*).

1.2 Inhoud van het Veiligheidsrapport

Een beschrijving van de werkzaamheden in de MPF, alsmede een globale beschrijving van de installaties, veiligheidsvoorzieningen en alarmeringen, staan in hoofdstuk 2 'Inrichting en

installaties'. De infrastructuur van de MPF is van dien aard dat de meeste voorzieningen in het gebouw zelf aanwezig zijn. In enkele gevallen wordt gebruik gemaakt van gemeenschappelijke voorzieningen van NRG. Deze voorzieningen zijn omschreven in deel 1 van het veiligheidsrapport.

Een kort historisch overzicht van de MPF is opgenomen in Hoofdstuk 3 'Historie'.

Hoofdstuk 4 'Radioactieve stoffen, Splijtstoffen en Toestellen' bevat een beschrijving van de soorten en hoeveelheden en de wijze van gebruik van de gehanteerde splijtstoffen in de MPF. Verder wordt aangegeven hoe de beveiliging en administratie van de splijtstoffen geregeld is en op welke manier ze worden aan- en afgevoerd.

Hoofdstuk 5 'Radioactief afval binnen de MPF' beschrijft de soorten en hoeveelheden, de behandeling en afvoer van radioactief afval (gasvormig, vloeibaar, vast) dat ontstaat bij de werkzaamheden in de MPF.

De getroffen veiligheidsmaatregelen (zowel materiële als organisatorische) worden in hoofdstuk 6 'Veiligheidsevaluatie' beschreven. In dit hoofdstuk komt ook de analyse van mogelijke ongevallen en hun consequenties aan de orde. Tenslotte wordt de noodorganisatie omschreven.

In hoofdstuk 7 'Stralingsbescherming' wordt ingegaan op de stralingsbeschermingsaspecten van de MPF, waarbij als belangrijk richtsnoer het ALARA (As Low As Reasonably Achievable)-beginsel wordt gehanteerd. Er wordt een overzicht gegeven van de aanwezige stralingsbronnen, de toegepaste stralingsbeschermingsmaatregelen en de regeling van de toegangscontrole.

2 Inrichting en installaties

2.1 De inrichting

2.1.1 Het gebouw

De HCL bestaat uit drie zelfstandige gebouwen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen het *Research Laboratory* (RL), de *Molybdenum Production Facility* (MPF) en de HoogActief Vast Afval Verpakkings Unit (HAVA-VU). De drie gebouwen zijn onderling verbonden via corridors en een verbindingsgang die als vluchtroute kan worden gebruikt.

De MPF is een bouwtechnische uitbreiding van het RL-gebouw en bevindt zich aan de westzijde van het RL-gebouw. In figuur 1 is de locatie van HCL (RL en MPF) gegeven. De MPF is met het RL verbonden via twee verbindingsgangen, waarvan er een voor het normale verkeer van personen dienst doet en de andere als mogelijke vluchtroute fungeert. Het aanzicht van de noord-westgevel van de HCL is weergegeven in figuur 2, terwijl in figuur 3 een plattegrond van de HCL is opgenomen.

Bij het ontwerp van het gebouw is er rekening mee gehouden dat het eenvoudig te decontamineren moet zijn. De vloeren zijn glad afgewerkt en de wanden grotendeels bekleed met tegelwerk. In verband met het handhaven van drukverschillen binnen het gebouw dient de inlek van buitenlucht beperkt te zijn. De inlek is maximaal 10% van de via de toevoerventilatie aangezogen lucht.

Constructie van het gebouw

De gevels van het gebouw zijn opgetrokken uit baksteen, de kelder, vloeren en het dak uit gewapend beton. Alle gevels zijn voorzien van spouwmuurisolatie. Het gebouw heeft een constructie van stalen profielbalken. Tussen de balken (kolommen) zijn binnenmuren van ruw metselwerk opgetrokken. De buitenwanden van het gebouw zijn van schoon metselwerk, waarin vensters zijn opgenomen, voorzien van dubbel glas en zonnewering. De vensters kunnen niet geopend worden in verband met de te onderhouden onderdruk in het gebouw.

De fundering bestaat uit balken van gewapend beton en funderingspalen welke tot een diepte van 20 meter zijn gebracht.

De kelder

Onder de begane grond bevindt zich een door palen gefundeerde kelder (figuur 4). Aan de oost- en de westzijde van de kelder, welke zich grotendeels onder de cellenlijnen bevindt, zijn twee compartimenten aanwezig met vaten ten behoeve van de kortstondige opslag van vloeibaar afval (zie ook hoofdstuk 5 'Radioactief afval binnen de MPF'). De toegang tot beide ruimten is afgesloten door een met lood gevulde deur en een gestapelde loodmuur. Er is tevens een bedieningsruimte in de kelder aanwezig t.b.v. het overpompen van het vloeibare afval. Deze bedieningsruimte is door een luik te bereiken vanuit de onderhoudshal.

De kelder is opgebouwd uit gewapend beton. De bovenzijde van de kelder die tevens de vloer van de onderhouds-/transporthal (O/T-hal) vormt heeft een dikte van 1,5 m. De wanden en bovenzijde van de kelder hebben als functie de straling van de in de kelder opgeslagen radioactieve vloeistoffen af te schermen. De vloer van de kelder is lekdicht afgewerkt.

Doorvoeringen door de wanden en de bovenzijde van de kelder zijn zodanig uitgevoerd dat geen verhoogd stralingsniveau kan ontstaan. De afscherming bij doorvoeringen is deels gerealiseerd door middel van bochten in de kanalen en deels door de doorvoeringen te voorzien van loden afscherming

De begane grond

De centrale ruimte op de begane grond is de onderhouds-/transporthal (O/T-hal), zie figuur 5. In deze hal zijn de twee cellenlijnen opgesteld.

Op een hoogte van circa 7,5 meter boven de vloer is in de O/T-hal een bovenloopkraan geplaatst.

Aan de oostzijde van de O/T-hal is de personensluis naar de O/T-hal en een werkruimte gesitueerd. Aan de westzijde bevindt zich de andere werkruimte. Vanuit elke werkruimte wordt een productielijn bediend. Verder bevinden zich in het zuidelijke gedeelte van de MPF een stralingsmonitoringruimte en een aantal werkruimten en laboratoria.

In het noordelijke gedeelte bevindt zich de transportsluis en de overslagruimte voor het vloeibaar afval.

De ruimten zijn afgescheiden door middel van demontabele wanden. In het plafond van de transportsluis bevindt zich een luik dat toegang tot de O/T-hal (1) geeft.

De eerste verdieping

De eerste verdieping ligt om de O/T-hal heen en heeft hierdoor een U-vorm (figuur 6). Aan de zuid-westzijde bevindt zich een ruimte waarin de systemen voor de luchttoevoer zijn opgesteld.

Aan de oostzijde bevinden zich de filteropstellingen, ventilatoren en de handschoenkast voor de productielijn oost. Voor de productielijn west is hetzelfde aan de westzijde geïnstalleerd. Verder zijn er in het zuidelijke gedeelte van de U-vorm filterkasten en ventilatoren geplaatst voor de luchtafvoer.

2.1.2 De ⁹⁹Mo-productielijnen

In de O/T-hal van de MPF bevinden zich twee ⁹⁹Mo-productielijnen, oost en west, elk bestaande uit vijf cellen. De cellen uit de productielijnen oost en west zijn als 01 t/m 05 respectievelijk 11 t/m 15 genummerd (figuur 5).

In figuur 7 is een dwarsdoorsnede van het gebouw te zien waarin de opbouw van de loodcellen is aangegeven.

De cellen staan op een vloer van gewapend beton waarop bij de eerste en tweede cel van beide productielijnen ook nog een afscherming van lood is aangebracht. Het front van de cellen alsmede de zij- en tussenwanden zijn opgebouwd uit loodblokken. De boven- en achterzijde van de cellen bestaan uit staalplaten; de achterzijde is tevens voorzien van lood. De overige afschermingen zijn zo gedimensioneerd dat zij equivalent zijn aan de loden afscherming.

Binnen de cellen bevinden zich roestvaststalen celboxen waarin de procesapparatuur is opgesteld. De apparatuur in de celboxen wordt via een bedieningspaneel vanuit de werkruimten bediend. De celboxen zijn voorzien van een waarnemingsvenster.

In het front van iedere cel zijn twee telemanipulatoren van het master-slave type aangebracht, alsmede een afschermend waarnemingsvenster. Via het afschermend waarnemingsvenster van de cel en het waarnemingsvenster van de celbox kunnen de werkzaamheden in de celboxen worden waargenomen. De afschermende waarnemingsvensters van de eerste en tweede cel zijn opgebouwd uit drie blokken loodglas met een dekglas. De afschermende waarnemingsvensters van de drie overige cellen zijn opgebouwd uit twee blokken loodglas met een dekglas.

De achterzijde van elke cel kan voor onderhoudswerkzaamheden geopend worden.

De telemanipulatoren vormen onderdeel van het containment van de cellen. De bootings (een kunststof omhulling van het in-cel deel van de telemanipulatorarm) vormen onderdeel van de barrière tussen de lucht buiten de cellen en de celatmosfeer en beschermen de telemanipulatorarmen tegen besmetting.

2.1.3 Voorgenomen uitbreidingen

Door de stijging van de productie van isotopen voor medische toepassingen, waarbij gebruik gemaakt dient te worden van de afschermende werking van de speciale voorzieningen in het HCL is er behoefte aan uitbreiding van de productie- en opslagcapaciteit. NRG is voornemens de volgende wijzigingen in herinrichting c.q. bestemming door te voeren in de *Molybdenum Production Facility* van de HCL. De voorgenomen wijzigingen zijn schematisch weergegeven (als "1. MPF") in figuur 11:

- **Uitbreiding opslagruimte voor de molybdeenfaciliteit.** In het gebied ten noord-westen van de HCL-MPF is een opslagruimte voorzien voor de molybdeenfaciliteit. De te creëren ruimte wordt gebruikt voor opslag van in- en uitgaande goederen, containers waarmee het product vervoerd wordt, en een vernieuwde opzet om het vloeibaar afval transportgereed te maken voor definitieve afvoer naar COVRA.

De benodigde veiligheidsvoorzieningen zullen in overeenstemming gebracht worden met de beschreven veiligheidsvoorzieningen. De gevraagde aanpassingen en het uitvoeren van de (eventuele nieuwe) werkzaamheden geschieden geheel binnen de bestaande risicocontouren van de HCL.

In de onderbouwende documenten bij dit veiligheidsrapport, met name het inventarisrapport en de radiologische analyse, is al rekening gehouden met de voorgenomen wijzigingen, die hiermee binnen de omhullende inventaris van dit veiligheidsrapport zullen blijven.

2.1.4 Het ^{99}Mo -productieproces

Bij het bestralen van tot 93% verrijkt ^{235}U met neutronen ontstaat ^{99}Mo als een van de splijttingsproducten. De te bestralen hoeveelheid ^{235}U is verpakt in zogeheten targets. Deze targets bestaan uit een legering van aluminium en verrijkt ^{235}U , ingekapseld door aluminium. Per productie worden er maximaal 12 targets gebruikt.

De maximale bestralingsduur van de targets in de HFR is vastgesteld op 200 uur, hiervoor zijn zowel bestralingsposities in de pool-side als in-core beschikbaar. Voor andere reactoren kunnen de bestralingscondities verschillen. Om emissierisico's te verminderen vindt ten minste 20 uur na het einde van de bestraling, na verval van kortlevende edelgassen, verwerking van de targets in de cellen plaats. Tijdens de bestraling wordt ongeveer 3% van het ^{235}U in ^{99}Mo en andere splijttingsproducten omgezet. In de Molybdenum Production Facility wordt het ^{99}Mo uit de bestraalde targets afgescheiden.

Het productieproces waarvoor is gekozen is ontwikkeld bij het Kernforschungszentrum te Karlsruhe (KfK) in Duitsland. Het productieproces heeft als belangrijk voordeel ten opzichte van andere bekende productiemethoden dat terugwinning van het uranium mogelijk is omdat het oplossen van de targets in alkalisch milieu plaats vindt (uranium lost niet op in een alkalisch milieu). Bovendien vindt het oplossen plaats in een gesloten systeem waardoor de vrijkomende edelgassen beter gecontroleerd kunnen worden. De hoeveelheden afval liggen vast en zijn beperkt. Een belangrijk farmaceutisch aspect is de zuiverheid van het eindproduct.

De afscheiding van het ^{99}Mo vindt plaats in twee onafhankelijk van elkaar te bedrijven productielijnen en heeft een batchgewijs karakter. Omdat na elke zuiveringsstap of productiefase de specifieke radioactiviteit afneemt is er voor gekozen om vier verschillende fasen in een aparte cel onder te brengen. In de laatste (vijfde) cel wordt uitsluitend het eindproduct gehanteerd. Het proces is gepatenteerd en wordt in licentie gebruikt.

Globale beschrijving werkzaamheden en activiteiten in de cellen

Voor iedere cel wordt kort aangegeven welke werkzaamheden en activiteiten plaatsvinden. Waar in het volgende getallen worden genoemd gaat het om indicatieve waarden. De praktijkwaarden kunnen daar enigszins van afwijken. De hoeveelheden die per batch van iedere stof worden gebruikt zijn van de orde van grootte van grammen. De gebruikte hoeveelheden vloeistof zijn maximaal enkele liters.

Cel 01 en 11

In een gesloten oplosvat worden de in aluminium ingekapselde targets opgelost in NaOH. Hierbij lossen de meeste splijtingsproducten, waaronder het molybdeen, op. Het uranium slaat neer.

Het oplossen vindt plaats onder een onderdruk waardoor de reactietemperatuur relatief laag blijft (80-85°C).

Het oplosvat en het daaraan verbonden systeem wordt, na plaatsen van de targets en voor de start van de oplosreactie, gespoeld met helium waardoor een inerte atmosfeer ontstaat. Het bij de oplosreactie vrijkomende gasmengsel wordt langs de bovenzijde uit het gesloten oplosvat langs een koelspiraal afgevoerd en over een verhit bed (350-400°C) van koperoxide (CuO) geleid, waardoor de waterstof wordt geoxideerd tot waterdamp.

De waterdamp wordt door een condensor van de gasstroom gescheiden. De overige gassen worden door de drijvende kracht van het toegevoerde helium naar de vacuümtank gevoerd, waar het gas tijdelijk wordt opgeslagen. Er zijn per cellenlijn vier vacuümtanks voor dit doel aanwezig. Daarvan dient er één als 'stand-by'-tank. De overige drie vacuümtanks worden gebruikt voor het proces waardoor de gemiddelde bewaartijd van de gassen overeenkomt met het aantal dagen tussen de producties bij drie producties per week per cellenlijn.

Wanneer een vacuümtank weer op onderdruk wordt gebracht, worden de uit die tank afgezogen edelgassen via een vertragsfilter geleid en vervolgens afgevoerd naar het ventilatiesysteem. In het vertragsfilter, waar het gas ten minste 70 dagen verblijft, vervalt de radioactiviteit voldoende om het gas via het ventilatiesysteem te kunnen lozen (zie ook paragraaf 2.2.3 Filters cellenventilatiesysteem).

Het neergeslagen uraniumresidu wordt middels een gesinterd roestvaststalen filter met fijne poriën uit de oplossing gefilterd. Vervolgens wordt het opgelost in salpeterzuur. De oplossing wordt naar een vat met natronloog geleid waarin het uranium weer neerslaat in een verzamelfilter. Na maximaal 36 targets wordt het verzamelfilter afgevoerd.

Nadat de vloeistof in het oplosvat is afgekoeld wordt de vloeistof met daarin het ⁹⁹Mo en de andere opgeloste nucliden van de cellen 01 en 11 naar cel 02 respectievelijk cel 12 getransporteerd en daarna over een ionenwisselaar geleid. Het transport geschiedt door middel van het aanbrengen van een overdruk boven de vloeistof in het oplosvat.

Om explosiegevaar uit te sluiten in geval van een groot lek van het productiesysteem, wordt tijdens de oplosfase van het proces de celbox geventileerd met stikstof.

Cel 02 en 12

De vloeistof die vanuit cel 01 en 11 naar deze cel wordt getransporteerd wordt gekoeld, in het jodiumseparatievat opgevangen waarin het jodium aan zilver gebonden wordt. Daarna wordt de resterende oplossing over een AG-1 kolom geleid. Op deze kolom wordt het molybdeen geadsorbeerd. Kationische verontreinigingen zoals cesium, gaan tezamen met het opgeloste aluminium door de kolom en worden als vloeibaar afval in een buffertank opgevangen.

Het neergeslagen zilverjodide wordt, nadat de kortlevende isotopen zijn vervallen, getransporteerd naar het RL, waar het als grondstof kan dienen voor de productie van jodium. Het molybdeen wordt vervolgens van de AG-1 kolom geëluëerd met een verdunde NaOH + KNO₃ oplossing en naar cel 03 en 13 geleid.

In de cellen 02 en 12 ontstaat vast radioactief afval van gebruikte materialen en onderdelen die worden vervangen. De ionenwisselaars kunnen slechts eenmalig gebruikt worden. Kleppen die kunststof onderdelen bevatten en PVC-slangen worden volgens voorschrift regelmatig vervangen omdat ze door straling snel verouderen.

Cel 03 en 13

Het eluaat afkomstig uit cel 02 of 12 wordt geconditioneerd met een zuur en vervolgens gezuiverd met behulp van mangaanoxide waarbij molybdeen en enkele andere splijttingsproducten achterblijven. De doorstromende oplossing wordt teruggeleid naar een buffertank in cel 02 en 12. Het molybdeen wordt vervolgens, samen met het mangaanoxide, opgelost en vervolgens over een kolom geleid.

In deze fase van het proces wordt geen roestvast staal gebruikt vanwege de aanwezigheid van een zuur reagentiamengsel dat roestvast staal aantast. Voor de leidingen wordt in deze fase uitsluitend kunststof of tantaal gebruikt. De kleppen zijn uitgevoerd in kunststof.

Het molybdeen wordt vervolgens geëluëerd met verdund NaOH + H₂O₂ oplossing, over een katalysekolom geleid en vervolgens opgevangen. De oplossing wordt vervolgens naar cel 04 of 14 getransporteerd met behulp van een pomp. Na afloop van het proces wordt de inhoud van de buffertanks chemisch gestabiliseerd ten behoeve van de tijdelijke opslag in verzameltanks (zie paragraaf 2.2.10 Leidingen en vaten buiten de cel-boxen). Per target ontstaat in deze cel ongeveer 1,2 liter vloeibaar laagactief afval.

Er ontstaat in deze cel vast radioactief afval van gebruikte materialen en onderdelen die worden vervangen. De kolommen kunnen slechts eenmalig gebruikt worden. Kleppen die kunststof onderdelen bevatten en PVC-slangen worden regelmatig vervangen omdat ze door straling snel verouderen.

Cel 04 en 14

De molybdeenoplossing wordt in deze laatste stap nogmaals over twee kolommen geleid om de aanwezigheid van ruthenium volledig uit te sluiten en om in verband met de volgende kritische stap, de Mo-trioxide sublimatie, zeker te zijn van een absoluut zoutvrij systeem. De gehele oplossing wordt ingedampt tot een droog poeder onder voortdurende afzuiging via een vacuümpomp. Het droog gedampte molybdeen wordt in de platina kroesjes in een sublimatieoven verhit tot circa 800°C, waarbij het verdampte molybdeen wordt opgevangen op een glazen condensor. Met ammonia wordt het molybdeen van de condensor afgespoeld en opgevangen in een kolf. Deze oplossing wordt weer chemisch afgesteld en opgekookt. Na afkoelen wordt de oplossing via een dispenser overgebracht in een flacon en naar cel 05 of 15 gesluisd.

Er ontstaat in deze cel een kleine hoeveelheid vast radioactief afval o.a. ten gevolge van glaswerk dat na enkele keren gebruik wordt vervangen.

Cel 05 en 15

In deze cel wordt het eindproduct op activiteit gemeten en gereedgemaakt voor transport. Daartoe wordt het eindproduct vanuit de cel in een speciale transportcontainer gebracht.

Afval

Voor meer details met betrekking tot de verwerking van het vast afval alsmede samenstelling en verdere verwerking van het vloeibaar afval, wordt verwezen naar hoofdstuk 5 'Radioactief afval binnen de MPF'.

Handschoenkasten

Op de verdieping in de MPF zijn handschoenkasten geplaatst, die onderdeel zijn van de systemen voor de behandeling van de radioactieve gassen die ontstaan bij het productieproces. Voor de afvoer van het vloeibaar afval naar de afval overslagruimte is een handschoenkast geplaatst in de kelder. De handschoenkasten zijn gesloten roestvaststalen kasten waarin apparatuur is ondergebracht.

De kasten op de verdieping zijn ingericht om de radioactieve gassen vanuit de vacuümtanks in de vertragingfilters in te brengen. Voor iedere productielijn is een aparte handschoenkast aanwezig. De diverse vacuümtanks van de betreffende productielijn zijn daartoe met de handschoenkast verbonden en met vacuümpompen kunnen de gassen in de vertragingfilters gebracht worden. Ook kan vanuit cel 01 of 11 gas worden afgezogen voor het spoelen van de productieapparatuur met stikstof. De afgezogen lucht wordt eveneens in de vertragingfilters gebracht. Door middel van leidingwerk en afsluiters kunnen de juiste verbindingen worden gerealiseerd. De afsluiters worden deels handmatig en deels automatisch gestuurd. De pompen worden deels vanaf de voorzijde van de handschoenkast en deels vanuit de werkruimten bediend.

De handschoenkast in de kelder dient om de radioactieve vloeistoffen uit de verzameltanks in de kelder af te voeren. Alle in de kelder opgestelde tanks zijn daartoe verbonden met de handschoenkast. De in de kast opgestelde apparatuur bestaat uit pompen en leidingwerk en door middel van afsluiters worden de juiste verbindingen tot stand gebracht. Normaliter worden de vloeistoffen getransporteerd door het aanbrengen van een overdruk in de verzameltanks en onderdruk aan de afvoorzijde van de leidingen. De pompen hebben een back-up functie voor het geval het benodigde drukverschil niet kan worden bereikt.

De handschoenkasten zijn aangesloten op het ventilatiesysteem. Via een sluis kan materiaal veilig in en uit de handschoenkasten worden gebracht.

2.1.5 De relatie met 'defence in depth' niveau 1

In het ontwerp zijn meerdere fysieke barrières aangebracht, zoals celboxen, celmuren e.d.

Het eerste niveau van beveiliging van de 'defence in depth' filosofie die ten grondslag ligt aan het ontwerp van de MPF bestaat uit een combinatie van degelijk ontwerp, kwaliteitsborging,

bewakingsactiviteiten en een algemene veiligheidscultuur die elk van de barrières tegen lozing van radioactief materiaal versterkt.

De effectiviteit van deze barrières wordt vergroot door het instandhouden van drukverschillen tussen ruimten met verschillend (potentieel) besmettingsniveau. De celboxen, hoewel ze voortdurend geventileerd worden, zijn onderdeel van het containment concept en dienen dus beschouwd te worden als een barrière.

Degelijk ontwerp en kwaliteitsborging

Het kwaliteitszorgsysteem heeft in de totstandkoming van de faciliteit een duidelijke plaats ingenomen en bevatte onder meer de volgende aspecten:

- opstellen van specificaties;
- selectie van leveranciers en audits op leveranciers;
- toezicht op de bouwlocatie;
- inspecties bij leveranciers;

De veiligheid van het ontwerp is gewaarborgd door:

- de interne review van het ontwerp;
- beoordeling van de veiligheid door middel van een zogeheten HAZOP-studie (HAZard and OPerability);
- het benutten van de ontwerpcriteria en de praktijkervaring van de productieopstelling van KfK;
- het toepassen van industriële codes, bijvoorbeeld voor de laskwaliteit;
- het benutten van de ervaring bij de HCL;
- consequentieanalyse van ontwerpgegevens, waarbij blijkt dat voldaan wordt aan de eisen ten aanzien van het individuele risico (zie hoofdstuk 6 'Veiligheidsevaluatie');
- beoordeling door personen die niet direct bij het project betrokken zijn, namelijk door de Reactor Veiligheids Commissie.

Veiligheidscultuur

Bij NRG bestaat een ervaring van decennia met het werken met radioactieve stoffen en splijtstoffen. Deze ervaring is en wordt volledig ingezet bij het ontwerp en de bedrijfsvoering van de MPF.

2.2 De installaties

2.2.1 Productiesysteem

Om een veilig bedrijf van de installatie te waarborgen, is de productieapparatuur ontworpen om bestand te zijn tegen zwaardere condities dan die welke in normaal bedrijf optreden. Deze condities (of procesparameters) zijn met name (over)druk, temperatuur, lekdichtheid, stralingsbestendigheid, volume of inhoud en bestendigheid tegen agressieve chemicaliën.

Er is voor gezorgd dat het systeem zo eenvoudig mogelijk te bedienen is. Er vindt detectie en signalering plaats van alle relevante procesparameters. Het systeem is zodanig ontworpen dat er 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. De productie wordt zoveel mogelijk handmatig uitgevoerd. Het productiesysteem is eenvoudig, er zijn weinig faalgevoelige componenten.

De meeste componenten zijn vervaardigd van roestvast staal. Flexibele roestvaststalen slangen worden daar gebruikt waar het hoge stralingsniveau de toepassing van PVC-slangen niet toelaat. PVC-slangen worden toegepast om zicht op de procesgang te hebben en omdat ze goed hanteerbaar zijn. Ze zijn alleen daar geïnstalleerd waar zij makkelijk demonteerbaar zijn.

De kolommen (ionenwisselaars) zijn vervaardigd van kunststof of roestvast staal, afhankelijk van de aard en de intensiteit van de radioactieve besmetting na afloop het proces. Bij het ontwerp is rekening gehouden met een levensduur die groot genoeg is om gedurende de periode waarin o.a. het jodium nog in hoge mate aanwezig is goede bescherming te bieden tegen mogelijk vrijkomen. In cel 04 en 14 worden glazen componenten (o.a. kwarts) gebruikt vanwege de chemische resistentie en aard van de chemische stappen.

Bij de keuze van kleppen (materiaal, uitvoering) is steeds een optimum gezocht tussen veiligheid en productkwaliteit (minimaliseren van kans op foutief handelen), bedieningsgemak en beperken van de hoeveelheid vast en vloeibaar radioactief afval. Kunststof kleppen of kleppen die kunststof onderdelen bevatten moeten regelmatig worden vervangen omdat ze door straling snel verouderen.

De koperoxideoven in cel 01 en 11 dient regelmatig te worden vervangen omdat de aanwezige hoeveelheid CuO langzaam wordt opgebruikt. De frequentie van vervanging wordt vastgelegd in de productievoorschriften.

Voor de koeling van het proces is een apart circuit aangelegd, gescheiden van het hoofdkoelsysteem door middel van een warmtewisselaar. De pomp voor het koelsysteem dat de koeling levert voor de koelspiralen in cel 01 en 11 is redundant uitgevoerd. Bovendien is een grote buffer aanwezig zodat bij uitvallen van de koeling nog voldoende koelcapaciteit beschikbaar is om het productieproces veilig te kunnen afronden. De inhoud van het koelcircuit, dat met enkelwandig leidingwerk is uitgevoerd, wordt continu gecontroleerd op radioactieve besmetting. Wanneer ook de tweede pomp zou uitvallen kan de toevoer van koelwater vanuit het leidingwaternet worden ingeschakeld. Het afgevoerde water wordt opgevangen in een van de buiten het gebouw opgestelde opslagtanks; deze worden periodiek geleegd door de daarvoor door NRG aangewezen dienst.

2.2.2 *Het ventilatiesysteem van de MPF*

Het RL en de MPF zijn beide uitgerust met een eigen ventilatiesysteem. Het primaire doel van de ventilatiesystemen is het gecontroleerd afvoeren van mogelijk radioactief besmette lucht. Er wordt continu een onderdrukverdeling in het gebouw en in alle cellen onderhouden. De laagste druk heerst in die ruimten waar de meeste kans op vrijkomen van radioactieve stoffen aanwezig is (zie figuur 8).

Zo wordt zowel bij normaal bedrijf als in ongevalsituaties de verspreiding van radioactief materiaal naar de omgeving beheerst. Daarnaast dient het ventilatiesysteem voor de klimaatbeheersing van het gebouw en de cellen.

Het (cellen)ventilatiesysteem is voorts aanwezig om:

- de uitgaande luchtstroom te filteren en op mogelijke besmetting te bewaken
- een luchtstroom in stand te houden van ruimten met relatief geringe naar ruimten met relatief grote kans op besmetting
- de ingaande luchtstroom te conditioneren en te filteren teneinde oppervlaktebesmetting en stofconcentratie in werkruimten zo laag mogelijk te houden en bij omkering van de luchtstroom (in ongevalsituaties) de uitgaande lucht te filteren
- de temperatuur en de vochtigheidsgraad van de uitgaande lucht uit de cellen te regelen om de werking van de koolfilters te optimaliseren
- de onderdruk te handhaven, ter vergroting van de effectiviteit van de fysieke barrières (celboxen).

Vanwege de veiligheidsfunctie die het ventilatiesysteem heeft zijn de actieve componenten beveiligd tegen enkelvoudig falen door de belangrijke ventilatoren en filters redundant uit te voeren en de ventilatoren in geval van een stroomuitval van noodstroom te voorzien. Hierdoor is de aanwezigheid van een noodventilatiesysteem niet nodig. Door middel van alarmeringen worden storingen gesignaleerd en kan worden ingegrepen of gecorrigeerd. Regelingen dragen zorg voor het handhaven van de vereiste condities en het blokkeren van situaties die niet gewenst worden.

Naast de reeds beschreven algemene functies dient het ventilatiesysteem van de MPF ook voor het gecontroleerd afvoeren van edelgassen die bij het proces vrijkomen (zie paragraaf 2.2.4 Vertragsfiltersysteem).

Voor een schema van het ventilatiesysteem van de MPF wordt naar figuur 8 verwezen. De karakteristieke waarden van de diverse onderdrukken in de ruimten van de kelder, de begane grond en de verdieping van de MPF zijn in figuur 8 aangegeven.

Het ventilatiesysteem van de MPF bestaat uit twee gescheiden af te voeren luchtstromen:

- de afvoer van de lucht van de gebouwruimten;
- de afvoer van de lucht van de celboxen en de handschoenkasten.

Monitoring

De monitoring van werkruimten vindt plaats via de verzamel/meetfilters voor aerosolen, jodium en edelgassen. De uitgaande gefilterde celventilatielucht wordt gecontroleerd op lozingen naar de omgeving van jodium, edelgassen en aerosolen (zie ook paragraaf 5.3 Lozingen naar de

omgeving). In het geval dat een groot lek in het processysteem zou ontstaan, wordt de cellucht over een noodfilter met grotere afscherming geleid om de toegankelijkheid van de omliggende ruimten na een dergelijk ongeval te garanderen. Daartoe dient de operator op een knop te drukken waardoor een aantal kleppen wordt omgezet en de luchtstroom uit de cel via het noodfilter gaat lopen

Centrale luchttoevoerinstallatie

De centrale luchttoevoerinstallatie is in een aparte ruimte opgesteld. Via een dakrooster wordt voldoende buitenlucht aangezogen om de onderdruk binnen het gebouw te handhaven. De ventilatoren van de toevoerinstallatie zijn dubbel uitgevoerd (2 x 50%) en zijn aangesloten op de noodstroomvoorziening.

Door middel van zelfregelende overstortroosters die zijn voorzien van brandkleppen wordt de toegevoerde lucht uit een aantal ruimten naar de O/T-hal gevoerd. De brandkleppen in de toevoertrappen van de ruimte waarin brand optreedt sluiten automatisch wanneer er brand wordt gedetecteerd. De brandkleppen zijn veilig-falend en worden elektro-pneumatisch bediend. De bediening van de kleppen is aangesloten op de noodstroomvoorziening (zie ook paragraaf 6.1.3 Brandpreventie, -detectie en -bestrijding). Het goed functioneren van de kleppen wordt periodiek gecontroleerd.

Centrale luchtafvoerinstallatie

Door middel van een kanaalwerk wordt de lucht via plafond- of wandroosters aan de ruimten onttrokken. Op de eerste verdieping is de centrale luchtafvoerinstallatie opgesteld welke is voorzien van parallel geschakelde filterunits (elk voorzien van een voor- en absoluutfilter en handbediende afsluitkleppen), een luchtkanaal-geluidemper, twee ventilatoren met regelbare rotatiefrequentie (waarvan er één reserve staat) en een luchtkoeler die onderdeel is van het warmteterugwin-systeem. De onttrokken warmte wordt gebruikt bij de verwarming van de toegevoerde lucht. De afgezogen lucht wordt via een dakrooster naar buiten afgevoerd.

De afsluitkleppen van de filterunits kunnen worden gebruikt om een filter buiten werking te stellen voor onderhoudswerkzaamheden (bijvoorbeeld wanneer een filter wordt vervangen).

In het ventilatiesysteem van de gebouwenlucht zijn jodiumfilters opgenomen om vrijzettingen naar het milieu van jodium tijdens normaalbedrijf te beperken.

Redundante systemen

In verband met de noodzaak dat bepaalde systemen altijd (met volledige of beperkte capaciteit) beschikbaar zijn, zijn deze redundant uitgevoerd.

Deze systemen zijn:

- de afvoerventilatoren van de cellen (2 x 100%);
- de afvoerventilatoren van het gebouw (2 x 100%);
- de toevoerventilatoren (2 x 50%);
- de koolfilters van de cellen (variërend van enkelvoudige tot zesvoudige redundantie);
- de voorfilters, jodiumfilters en absoluutfilters van de gebouwenventilatie (overcapaciteit van één exemplaar).

Ventilatie/luchtverwarming transportsluis

In de transportsluis is een ventilatie-unit opgesteld met een dubbelfunctie.

De eerste functie is de uitlaatgassen af te voeren van de binnenkomende transportwagens. De lucht wordt direct naar buiten afgevoerd. Nadat de uitlaatgassen zijn afgevoerd wordt het buitenluchtrooster hermetisch afgesloten.

De tweede functie is het op temperatuur brengen en houden van de ruimte. Bij het sluiten van de buitenluchtklep wordt de recirculatieklep geopend. Indien de temperatuur in de ruimte te laag is wordt door middel van een verwarmingsunit de lucht op de juiste temperatuur gebracht.

Celboxen

De celboxen zijn aanwezig om te dienen als barrière tegen de verspreiding van radioactief materiaal. Hun werking wordt gegarandeerd door het handhaven van een onderdruk ten opzichte van de omgeving middels het ventilatiesysteem dat zorgdraagt voor gecontroleerde afvoer van afgevoerde radioactieve stoffen. Bij uitvallen van het ventilatiesysteem biedt de barrière voldoende bescherming tegen ongewenste verspreiding van radioactieve stoffen buiten de celboxen. Hiertoe zijn eisen gesteld aan de lektheid en de drukbestendigheid van de celboxen.

Ventilatie celboxen

De ventilatie van de celboxen is opgebouwd uit een toevoerunit en een afzuigstelsel (gescheiden voor elke productielijn). Het geheel wordt gedreven door twee centraal opgestelde afzuigventilatoren, waarvan er één beurtelings reserve staat.

De toevoerunit voorziet de celboxen van geconditioneerde lucht en is opgebouwd uit een luchtontvochtigingsinstallatie, een voorfilter, een ontvochtigingsbatterij (als back-up systeem), een naverwarmer, een koolfilter en een absoluutfilter. Cellen 01 en 11 zijn bovendien voorzien van een stikstof-aansluiting om tijdens het proces met stikstof te kunnen ventileren. De toegevoerde lucht wordt middels leidingwerk over de cellen gedistribueerd.

In de toevoer van iedere cel is een brandklep opgenomen die bij brand automatisch gesloten wordt. Onderdeel van de brandbestrijdingsfilosofie is dat bij een celbrand de toevoerlucht wordt afgesloten en de afvoerventilatoren blijven werken om de eventueel vrijkomende gassen gecontroleerd via filters te leiden waardoor de gevolgen van de brand het meest worden beperkt. Tevens is in de toevoer van iedere cel een filterpakket geïnstalleerd om terugstroming onder bijzondere omstandigheden te voorkomen.

Per cel is een brandklep aanwezig. De kleppen worden pneumatisch open gehouden. De kleppen sluiten automatisch op het brandsignaal (zie ook paragraaf 6.1.3: Brandpreventie, -detectie en -bestrijding). Hetzelfde gebeurt wanneer door de operators een knop wordt ingedrukt.

Elke cel is voorzien van een absoluutfilter, koelfilter en absoluutfilter waarlangs de lucht wordt afgevoerd. De koelfilters zijn redundant uitgevoerd. De uitgaande ventilatie van de cellen 04 en 14 is voorzien van extra absoluutfilters, om in het geval het in-cel filter faalt, te voorkomen dat er technetiumdamp ontsnapt. De lucht van alle cellen van beide productielijnen wordt samengevoegd en door middel van de afzuigventilator naar de schoorsteen van de HCL gevoerd.

Omdat de afzuigventilator aan het einde van het systeem is opgesteld heerst er in het hele systeem onderdruk. Een onderdrukbeveiliging voorkomt een te grote onderdruk.

Ventilatie handschoenkasten

De handschoenkasten zijn aangesloten op het ventilatiesysteem voor de celboxen. De lucht van elke handschoenkast wordt toegevoerd via een absoluutfilter en afgevoerd via redundant uitgevoerde koelfilters met handbediende afsluiters. De afgezogen lucht wordt via een absoluutfilter samen met de cellenlucht afgevoerd via de schoorsteen van de HCL.

2.2.3 Filters cellenventilatiesysteem

In de afvoer van het cellenventilatiesysteem zijn de volgende filters opgenomen:

- absoluutfilter (in de cellen);
- koelfilters voor jodiumadsorptie voor cellen 01, 11, 02 en 12;
- koelfilters voor edelgasvertraging voor alle cellen;
- absoluutfilter.

In figuur 9 zijn de filters in het cellenventilatiesysteem schematisch aangegeven. Voor de filters zijn eisen gesteld ten aanzien van de filterefficiëntie en -capaciteit in relatie tot de luchttemperatuur, -vochtigheid, drukval e.d.

De overwegingen om voor een dergelijke filteropstelling te kiezen zijn als volgt.

- In de cellen 01 en 11 respectievelijk 02 en 12 is het risico voor vrijkomen van significante hoeveelheden jodium gering. Daarom is er naast het operationele filter een reservefilter 'stand-by' geplaatst.
- Door het toepassen van jodiumseparatie in cel 02/12 bestaat er geen kans meer op het vrijkomen van significante hoeveelheden jodium in de zure fase van het proces.
- Tijdens het oplossen van de targets in cel 01 en 11 is het risico voor vrijkomen van radioactieve edelgassen het grootst. In het geval dat het operationele filter dreigt door te slaan, dat wil zeggen dat de edelgassen na vertraging bijna door het filter heen zijn getransporteerd, wordt dit filter geïsoleerd van de luchtstroom en wordt overgeschakeld op een volgend filter. Om maximale garantie te hebben dat te allen tijde voldoende capaciteit aanwezig is vanwege de gewenste continuïteit in productie is, zijn 6 vertragingfilters voor deze cel geplaatst.

- De mogelijkheid voor vrijkomen van edelgassen is in de cellen 02 en 12 aanzienlijk minder dan in cellen 01 en 11. Daarom zijn er minder filters nodig voor het garanderen van productiecontinuïteit.
- Voor de cellen 03, 13, 04 en 14 is de mogelijkheid voor vrijkomen van jodium of edelgassen zeer gering. Desondanks is naast het operationele filter (dat een kleinere capaciteit heeft dan de filters voor de cellen 01, 11, 02 en 12) nog een reservefilter geplaatst.
- In cellen 05 en 15 wordt alleen molybdeen gehanteerd. Het koolfilter heeft hier vooral de functie om bij uitvallen van het ventilatiesysteem te garanderen dat er nooit door terugstroming van lucht (van de ene cel naar de andere via het inlaatventilatiesysteem) ongefilterd jodium of edelgassen kunnen ontsnappen, omdat zowel in de toevoer als afvoer van de cellen een koolfilter is opgenomen.

De volgende maatregelen zijn bovendien getroffen om de efficiency van de filters te verhogen.

- Door de implementatie van een luchtontvochtigingssysteem in de inlaat van de cellenlucht, is de relatieve vochtigheid van de lucht in de cellen sterk verlaagd. Hierdoor is de werking van de koolfilters beter gewaarborgd en blijft de vertragingstijd van de edelgassen optimaal.
- De lucht die de cellen verlaat heeft over het algemeen een iets hogere temperatuur dan de intredende lucht. De vertragingstijd van de edelgassen door de filters neemt sterk toe bij afnemende temperatuur. Daarom wordt de in de cellen ingeblazen lucht vooraf gekoeld en wordt bij de cellen 01, 11, 02 en 12 de lucht nogmaals gekoeld alvorens deze de edelgasvertragingfilters wordt ingeleid. Om de temperatuur van de filters laag te houden wordt tevens op de verdieping ter plaatse van de filters koele lucht ingeblazen, hetgeen ook bijdraagt tot een hoge efficiency van de filters.
- Bij het ontwerp van de filters zijn conservatieve uitgangspunten gehanteerd voor parameters als o.a. debiet, temperatuur, vochtigheid en ongunstige omstandigheden. Daardoor ontstaat een grote veiligheidsmarge.
- Wanneer er door lekkage in cellen 01 of 11 significante hoeveelheden edelgassen vrijkomen kan het ventilatiedebiet van deze cellen worden teruggebracht tot 20% van de oorspronkelijke waarde. Daardoor neemt de vertragingstijd van de filters ongeveer een factor 5 toe. In het ontwerp van de filters is van de normale ventilatiedebieten uitgegaan.

2.2.4 Vertragingfiltersysteem

Voor iedere productielijn is een vertragingfiltersysteem aanwezig om de bij het productieproces vrijgekomen edelgassen die gecontroleerd zijn afgevangen vertraagd te lozen. Het vertragingfiltersysteem bestaat uit in serie geschakelde koolfilters die minimaal 70 dagen vertraging moeten geven om de gassen binnen de lozingslimieten te kunnen lozen. Er is een ruime veiligheidsmarge aanwezig.

De afzonderlijke filters van het vertragingfiltersysteem kunnen met kleppen worden geïsoleerd.

2.2.5 Alarmsystemen, de relatie met 'defence in depth' niveau 2

Het tweede beveiligingsniveau van de 'defence in depth' filosofie die ten grondslag ligt aan het ontwerp van de MPF, bestaat uit het beheersen van het bedrijf van de installatie, inclusief het detecteren van abnormale situaties en het adequaat reageren hierop.

Daartoe is er een uitgebreid systeem van detectie en alarmeringen. In de onderstaande tabel is aangegeven welke parameters gecontroleerd worden.

Voorts zij over alarmering en veiligheid op niveau 2 nog het volgende vermeld.

- De cellen in de MPF zijn alle voorzien van onderdrukmeters; overschrijding van de ingestelde waarden leidt tot een optische signalering op het centraal bedieningspaneel W1 en op de celpanelen alsmede tot een continue 'groot alarm'-toon via het intercomsysteem.
- Alle ruimten in de MPF zijn uitgerust met brandmelders waarvan de werking is gebaseerd op rookdetectie. Alle MPF-cellen zijn voorzien van een temperatuuropmeter voor de branddetectie. De branddetectie berust op het meten van een snelle temperatuurstijging of overschrijding van een ingestelde temperatuurwaarde van de ventilatielucht. De opnemer van de cellen van de MPF is opgenomen in de afzuigleiding van de celboxen.
- Melding van brand geschiedt
 - door een discontinue toon op de intercom;
 - op het centrale bedieningspaneel W1 in de verbindingssluis tussen het RL en de MPF met aanduiding van de betreffende ruimte of cel;
 - in geval van brand in de cel op het cellenfront van de betreffende cel;
 - op het paneel in de noordgang van het RL met onderscheid tussen 'cellenbrand' en 'brand in overige ruimten';
 - bij de centrale meldpost.
- Voor de emissiebewaking en de stralingshygiënische alarmsystemen, zoals stralings- en stofmonitoren, wordt verwezen naar hoofdstuk 7.

tabel 1 De gecontroleerde parameters in de MPF

	parameters
Radiologische aspecten	
uitgaande ventilatielucht gebouw (afvoer via dak)	concentratie aerosolen, edelgassen, jodium
uitgaande cellenlucht (afvoer via schoorsteen)	concentratie aerosolen, edelgassen, jodium
directe straling binnen de MPF	dosistempo
leeflucht in werkruimten en O/T-hal	concentratie jodium
ventilatiesysteem cel 01, 11, 02 en 12	concentratie edelgassen
filtreruimte 1 ^{ste} verdieping	concentratie edelgassen
Ventilatiesysteem	
ventilatoren	debiet, druk
motoren	stroomsterkte
regelkasten	spanningsuitval
vervuiling filters	druk
celventilatiesysteem	druk, debiet
gebouwventilatiesysteem	druk, toerental
storingen overige gebouwinstallaties	druk, debiet, temperatuur
Ruimtecondities	
lucht verdieping	temperatuur
lucht O/T-hal	druk
lucht cellen	temperatuur, druk
Brand	
brand ruimten	rook
brand cellen	temperatuur
Overige	
gasvoorzieningen	druk
water en koelwater	druk, debiet, temperatuur
koelwater cellen	druk, debiet, temperatuur, gammastraling
sluis van de cellen 05 en 15	contact, gammastraling

- Een groot aantal parameters van diverse voorzieningen zoals:
 - elektriciteit;
 - noodstroom;
 - water;
 - ventilatie;
 - monitoren;
 - gasvoorzieningen;

- verwarming/koeling,
wordt continu door het centrale gebouwbeheersysteem getoetst aan ingestelde waarden. Afwijkingen buiten de ingestelde grenswaarden worden direct gealarmeerd en automatisch wordt de dienstdoende consignatiemedewerker opgeroepen (24 uur per dag). Tevens wordt de HCL-wacht gealarmeerd.
- Afhankelijk van de locatie en aard van diverse storingen vindt melding hiervan plaats op diverse besturings- en alarmpanelen. Daarnaast wordt in een aantal gevallen een akoestisch alarm geactiveerd. Een ontruimingssignaal wordt handmatig geactiveerd nadat de ernst van de situatie is onderzocht.

2.2.6 Gas- en persluchtvoorziening

Aardgas, stikstof en perslucht worden centraal toegevoerd en via een intern leidingnet gedistribueerd. Aardgas wordt in de MPF slechts gebruikt in stralingsmeetinstrumenten.

2.2.7 Telemanipulators

In de cellen van de MPF worden telemanipulators gebruikt. De telemanipulators zijn zodanig geconstrueerd dat het personeel bij een aanvaardbaar stralingsniveau materiaal kan manipuleren.

De telemanipulators voor de cellen 01, 11, 02 en 12 zijn uitgevoerd met een gasdichte doorvoering vanwege de verhoogde risico's op vrijkomen van radioactieve edelgassen en/of jodium in die cellen. Om een goede bereikbaarheid in de cellen te bereiken zijn de telemanipulators voorzien van verstellingen in de hoek tussen master- en slave-arm. Voor de cellen 01, 11, 02 en 12, waar het grootste bereik voor de telemanipulator noodzakelijk is, is bovendien een verstelling van de lengte-richting tussen de armen van master en slave (extended reach) mogelijk waardoor de operators de werkzaamheden in een comfortabele positie kunnen uitvoeren. De verstellingen worden door middel van servomotoren en bedieningsunits aan de master-arm bediend.

2.2.8 Hijsvoorzieningen

Hijsvoorzieningen zijn in de diverse ruimten aanwezig, ook in de cellen. De hijsvoorzieningen zijn veilig-falend uitgevoerd. Dit betekent dat bij stroomuitval een last niet naar beneden zal vallen.

2.2.9 Sluissystemen van de cellen

Er wordt in alle cellen en in een aantal handschoenkasten gebruik gemaakt van sluizen voor de aan- en afvoer van materialen. Het transport vindt plaats met afgesloten bussen zodat geen radioactief materiaal naar buiten kan ontsnappen. Er wordt gebruik gemaakt van afschermbare containers die aan de sluisopeningen worden gekoppeld om de afscherming te waarborgen. De containers worden op heftafels geplaatst waarmee de container precies voor de sluisopening kan worden gebracht. De sluisystemen zijn zo geconstrueerd dat de buitenzijde van de afgesloten bussen niet besmet kan raken ten gevolge van het aan- of afkoppelen.

Elke cel is aan de achterzijde voorzien van een sluis als hierboven genoemd. De cellen 01 en 11 zijn bovendien voorzien van een extra sluis waardoor de targets worden toegevoerd en het uraniumresidu wordt afgevoerd. De cellen 05 en 15 hebben naast de sluis in de achterzijde nog een speciaal geconstrueerde sluis in de bodem van de cel waardoor het eindproduct in de speciaal daarvoor ontworpen container kan worden geplaatst. De container wordt door middel van een met een heftafel uitgeruste lorrie gepositioneerd en tegen de sluis gedrukt. Het plaatsen van de transportflacon met ^{99}Mo in de container, alsmede het openen en sluiten van de sluis en de container, vindt plaats door de operator.

De doorvoeringen in de achterzijde van alle cellen worden afgesloten door een loden schuif. De sluis in de onderzijde van cel 05 en cel 15 is afgeschermd door een met lood gevulde plug. Tijdens het vullen van de transportcontainer zorgt de container voor de benodigde afscherming van de sluisdoorvoering.

2.2.10 Leidingen en vaten buiten de celboxen

De leidingen die zijn aangebracht buiten de celboxen dienen voor o.a.:

- toevoeren van vloeistoffen (chemicaliën) en gassen aan de cellen;
- transport van radioactieve vloeistoffen of gassen.

Transport van gassen en vloeistoffen vindt plaats o.a.:

- tussen cellen onderling;
- vanuit de cellen naar tanks (afvaltanks en vacuümtanks);
- vanuit tanks naar handschoenkasten;
- vanuit handschoenkasten naar de afvaloverslagruimte (vloeistoffen) of naar de vertragingsfilters (gassen).

In de MPF zijn vaten opgesteld voor o.a.:

- de tijdelijke opslag van radioactieve gassen (om de zeer kortlevende radioactieve isotopen te laten vervallen voordat het gas via de vertragingsfilters wordt geleid). Deze vaten staan opgesteld onder een aantal celboxen binnen de loodafscherming.

- de tijdelijke opslag van vloeibaar afval (zie ook hoofdstuk 5 'Radioactief afval binnen de MPF'). Deze vaten staan opgesteld in de kelder en onder een aantal celboxen binnen de loodafscherming.

De vaten zijn dubbelwandig uitgevoerd en via dubbelwandig leidingwerk verbonden met de celboxen respectievelijk de handschoenkasten. Via de handschoenkasten wordt de inhoud van de vaten afgevoerd.

De materiaalkeuze van leidingen en tanks is afgestemd op de te verwachten belastingen van het systeem, zoals de temperatuur, het stralingsniveau, de druk, agressieve chemicaliën en de vereiste levensduur. Leidingen die buiten de celboxen lopen en waarlangs radioactief gas of vloeistof wordt getransporteerd zijn dubbelwandig uitgevoerd en kunnen worden getest op lekkage.

Ter plaatse van de intrede van de gassen in het vertragingssysteem bevindt zich een overgang van een dubbelwandig naar een enkelwandig stuk leiding. De omgeving hiervan wordt continu gecontroleerd op de aanwezigheid van radioactieve edelgassen. Dit wordt gedaan omdat bij een lekkage, door de aanwezige overdruk waarmee de lucht in de vertragingsslijn wordt ingebracht, radioactiviteit zou kunnen vrijkomen. Is dit het geval dan kan de pomp direct worden gestopt en tot reparatie worden overgegaan.

Het grootste deel van de leidingen is binnen de loodafscherming van de cellen en in de afgesloten kelderruimten ondergebracht waardoor ze goed zijn beschermd tegen beschadiging. Buiten de cellen zijn de leidingen voorzien van permanente stralingsafscherming waar dat nodig is. De afschermingswaarde is zodanig dat het resulterende stralingsniveau in overeenstemming is met de classificatie van de betreffende ruimte.

Om de kans op lekkage zo klein mogelijk te maken, zijn alle leidingen zo kort mogelijk gehouden. De leidingen lopen onder afschot naar de tanks zodat geen vloeistof in de leidingen kan achterblijven. Hevelwerking is niet mogelijk omdat het laagste punt van een leiding zich in de tank bevindt.

De meeste leidingen die op de celboxen zijn aangesloten hebben diameters tussen 6 tot 16 mm inwendig. De leidingen met grotere diameters dienen voor de toe- en afvoer van ventilatielucht en voor de luchtdichte doorvoering van elektrische bedradingen. Daartoe is in het dak van de cellen, aan de achterzijde, een voorziening aangebracht. De voorziening is zo geconstrueerd dat de stralingsafscherming blijft gehandhaafd.

De dubbelwandige leidingen en vaten worden periodiek op lekdichtheid getest. Er is geen meting van de vulgraad van de tanks. Dit wordt administratief bijgehouden. Wanneer door toevoeren van vloeibaar afval de tank toch overloopt wordt de overlopende vloeistof in een zogeheten overlooptank opgevangen die in de celbox is geplaatst. Het volume van deze tank is altijd groter dan de hoeveelheid vloeistof die per productiebatch wordt toegevoerd.

De ontluchting van de vloeistoftanks wordt teruggevoerd naar de cellen. Voor de tanks in de kelder wordt de ontluchting via een koolfilter geleid om radioactieve edelgassen (voornamelijk Xe) vast te houden, die uit het verval van jodium en broom ontstaan. De hoeveelheden radioactieve edelgassen die vrijkomen uit het afval zijn zeer gering door het neerslaan van Te op de uraanfilters en het toepassen van de jodiumseparatie. De koolfilters voor de ontluchting van het afval dat is opgeslagen in de 350-liter-tanks zijn, evenals de koolfilters voor de ontluchting van de 1200-liter-tanks, buiten de cel geplaatst (vanwege de grote afmetingen) en de ontluchting is aangesloten op het ventilatiesysteem van de celboxen. Intrede vindt plaats vóór de koolfilters welke zijn bedoeld voor de edelgasvertraging van de cellenlucht.

2.2.11 De relatie met 'defence in depth' niveau 3

Het derde beveiligingsniveau van de 'defence in depth' filosofie, die ten grondslag ligt aan het ontwerp van de MPF, omvat veiligheidssystemen ter beheersing van ontwerp-ongevallen uit menselijk of mechanisch falen, ter voorkoming van het ontstaan van ernstige ongevallen uit ontwerp-ongevallen en ter waarborging van de opsluiting van radioactief materiaal.

Als veiligheidssystemen zijn onder meer aan te merken:

- het ventilatiesysteem, bestaande uit:
 - luchtaanvoereenheid;
 - lekdichte celboxen;
 - luchtafvoereenheid;
 - filters.

Vanwege het belang voor de veiligheid zijn de ventilatoren redundant uitgevoerd en aangesloten op het redundant uitgevoerde noodstroomsysteem. De jodiumfilters en de filterbedden voor edelgasvertraging zijn redundant uitgevoerd, zie figuur 9. In paragraaf 2.2.2, 2.2.3 en 2.2.4 is het ontwerp van het ventilatiesysteem in meer detail toegelicht.

- de telemanipulators, waarmee naast het normale werk ook bij verstoringen van de normale procesgang kan worden ingegrepen, zijn aangesloten op het redundante noodstroomsysteem;
- afsluiters, waaronder brandkleppen;
- overdrukbeveiliging (ventiel) van het oplosvat met bijbehorende veiligheidsvacuümtank;
- stikstofspoelsysteem in cel 01 en 11;
- brandblusvoorzieningen in gebouw en cellen.

2.2.12 De relatie met 'defence in depth' niveau 4

Het vierde beveiligingsniveau van de 'defence in depth' filosofie, die ten grondslag ligt aan het ontwerp van de MPF, bestaat uit maatregelen met betrekking tot ongevalsbeheersing, gericht op handhaving van de integriteit van de opsluiting.

Het vierde beveiligingsniveau is erop gericht de opsluiting te handhaven door de werking van het ventilatiesysteem te garanderen, zodat ook in ongevalsituaties van gecontroleerde, gefilterde lozing sprake blijft. Het ventilatiedebiet kan handmatig worden verlaagd waardoor de vertraging

van edelgassen door de koolfilters sterk toeneemt (voor het ontwerp van de filters is echter rekening gehouden met normale ventilatie). Bij geconstateerde overbelading of te gering rendement van een jodium- en edelgasvertragsfilter kan worden overgeschakeld naar een ander filter.

De kans dat bij ongevallen het ventilatiesysteem niet functioneert is klein. Mocht dit echter gebeuren, dan zijn de consequenties van dien aard dat er geen directe maatregelen in de omgeving nodig zijn.

Indien door een ongeval de lucht in de onderhoudshal besmet zou raken en de absoluutfilters niet voldoende activiteit uit de lucht zouden kunnen filteren is het mogelijk de gebouwenlucht via het celventilatiesysteem gecontroleerd af te voeren.

2.3 Algemene voorzieningen

Elektriciteitsvoorziening

In deel 1 van dit rapport is de elektriciteitsvoorziening beschreven. De MPF is op een andere groep aangesloten dan het RL.

In de MPF is de elektrische installatie van de pompen, de afzuigventilatoren, de manipulators, alsmede de belangrijkste delen van de verlichting en de 220-volt-wandcontactdozen op de cellenpanelen op de begane grond, aangesloten op de noodstroomvoorziening. De bedieningspanelen van de cellen, het centraal alarmpaneel W1 en de alarmpanelen W2 en W3, de detectoren en indicatoren zijn voorzien van een no-break voeding, d.w.z. dat zij ononderbroken van stroom worden voorzien, ook bij uitval van de normale stroomvoorziening.

Alle elektrische voorzieningen in de cellen zijn uitgevoerd met moeilijk brandbare materialen.

Noodstroomvoorziening

De elektriciteitsvoorziening is zodanig uitgevoerd dat deze voor de veiligheidsrelevante systemen (zie tabel 2) niet kan uitvallen. Daartoe is de MPF aangesloten op de centrale noodstroomvoorziening die is beschreven in deel 1 van dit rapport.

No-break voorziening

De geïnstalleerde no-break voorziening zorgt ervoor dat de periode tussen het moment van stroomuitval en het beschikbaar zijn van de noodstroom geen spanningsonderbreking plaatsvindt voor componenten waarvoor dit niet wenselijk is (zie tabel 2).

tabel 2 Noodstroom- en no-break-voorziening

systeem	noodstroom	no-break
manipulatoren	x	
verlichting begane grond	x	
wandcontactdozen cellenpanelen	x	
pompen, ventilatoren ventilatiesysteem	x	
compressor	x	
instrumentatie	x	x
bedieningspanelen cellen	x	x
pompen, heaters, elektrische apparatuur van het productiesysteem in cellen	x	
centrale alarmeringspaneel W1 (ruimte 14) en panelen W2 en W3 in ruimten (2) en (3).	x	x
stralingsmeetapparatuur	x	
batch sheet recording systeem	x	x

3 Historie

3.1 Historisch overzicht

In 1995 is het bestaande Hot Cell Laboratorium uitgebreid met een faciliteit voor de productie van molybdeen-99. Dit radionuclide wordt gebruikt om technetium-99m te produceren, dat het meest gebruikte isotoop ter wereld is voor medisch diagnostische toepassingen. Hiertoe is destijds een KEW-vergunning aangevraagd en verleend.

3.2 Onderzoeksprogramma

De laatste jaren is met name gewerkt aan onderzoek naar nieuwe innovatieve productiemethoden voor nucleair-medische toepassingen.

3.3 Bedrijfservaring

De MPF is gebouwd in 1993 / 1994 en is in 1995 in gebruik genomen. Na een inbedrijfsstellingsperiode is per april 1997 gestart met regulier bedrijf in de westlijn en per 1 november 1997 in de oostlijn. Voor wat betreft de MPF heeft de bedrijfservaring geleid tot diverse verbeteringen in het productieproces. Zo zijn er enkele aanpassingen verricht aan het cellenventilatiesysteem en zijn er, na een incident tijdens de inbedrijfstelling waarbij enig technetium was vrijgekomen, extra filters geïnstalleerd. Tevens is een betere methode ontwikkeld en geïmplementeerd om het gebruikte uraan te verzamelen. Hierbij wordt uraan opgelost in salpeterzuur en vervolgens met natronloog neergeslagen in een verzamelfilter. In de periode 2001-2003 zijn twee belangrijke wijzigingen gerealiseerd, te weten een jodiumseparatievat in cellen 02 en 12 en een jodiumfiltratie in de afvoer van de gebouwenlucht.

Bovendien zijn sinds de start van de molybdeenproductie de lozingshoeveelheden van edelgassen en de volumes van de hoeveelheid geproduceerd vloeibaar afval drastisch afgenomen door optimalisatie van het productieproces. Zo is ten opzichte van de ingebruikname van de MPF de hoeveelheid geloosde edelgassen met een factor 10 en de hoeveelheid geproduceerde hoogradioactieve vloeistof met een factor 3 verminderd.

Door het implementeren van een ontvochtiginginstallatie in de inlaat van de cellenlucht is de relatieve vochtigheid van de lucht in de cellen sterk verlaagd. Hierdoor is de werking van de koelfiltersystemen gewaarborgd en blijft de retentie van jodium en de vertragingstijd van de edelgassen optimaal.

Begin 1997 is een HAZOP-studie uitgevoerd om het productieproces te beoordelen op veiligheidsaspecten. Uit deze studie zijn circa 150 aanbevelingspunten opgetekend, die voor het grootste deel betrekking hadden op het beheren en beheersen van procedures. Vijf voorstellen

betroffen technische verbetering van het proces en de veiligheid. Van deze vijf voorstellen zijn er inmiddels vier gerealiseerd, zijnde:

- een overdrukbeveiliging op een procespomp, waardoor de druk in de slangen in de cellen wordt beperkt;
- een extra manometer in de handschoenkast op de eerste verdieping in de leiding van de vacuümtanks van cel 1 naar de vertragingsfilters;
- het afkoppelen van de bypass leiding in de cellenventilatie, waardoor verzekerd is dat er geen ongefilterde lucht het gebouw kan verlaten;
- de plaatsing van extra filters in de celluchtuitlaat van de cellen 04/14 om zeker te stellen dat bij uitval van het in-cel filter nog voldoende filtercapaciteit voorhanden is.
- de plaatsing van extra koolfilters op de celluchtinlaat waardoor, tijdens uitval van het ventilatiesysteem, eventueel terugstromend jodium wordt ingevangen.

Na verloop van tijd bleek het zicht door de loodvensters van de cellen 01/11 en 02/12 terug te lopen ten gevolge van een aanslag die zich vormde op het venster van de binnenbox. Na onderzoek bleek dit veroorzaakt te worden door radiolyse van zuurstof, wat uiteindelijk leidde tot de vorming van een nitraataanslag. Dit probleem is opgelost door in de ruimte tussen de loodvensters van de cel en de binnenbox stikstof toe te voegen.

De gemiddelde jaardosis per medewerker is normaliter kleiner dan 1 mSv per jaar, wat een indicatie is dat de installaties qua functionaliteit en afscherming voor hun taak berekend zijn.

4 Radioactieve stoffen, splijtstoffen en toestellen

4.1 Aard van de radioactieve stoffen, splijtstoffen en type toestellen

In de MPF worden targets gebruikt die bestaan uit een legering van uranium en aluminium (UAl). De verrijkingsgraad van het uranium in deze targets bedraagt maximaal 93%.

4.2 De hoeveelheid radioactieve stoffen, splijtstoffen en toestellen

De werkzaamheden met splijtstofbevattende objecten in de MPF zijn beperkt tot de targets en het residu dat na de molybdeenproductie overblijft.

De targets worden in NaOH opgelost. Wanneer de oplosreactie is beëindigd, vindt filtratie plaats van het niet opgeloste uranium dat in de vorm van natrium-di-uranaat ($\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$, NADU) aanwezig is. Het uraniumresidu wordt opgelost en vervolgens in een verzamelfilter met een capaciteit van 36 targets neergeslagen totdat afvoer plaatsvindt.

Aangezien er bij de Mo-productie splijtstof wordt gehanteerd, moet het optreden van kriticititeit in de beschouwing worden betrokken. Optreden van kriticititeit wordt door middel van technische en organisatorische maatregelen voorkomen.

Per ^{99}Mo -productielijn worden batches van maximaal 12 targets verwerkt. Na verwerking wordt het uraniumresidu van maximaal 36 targets verzameld en afgevoerd in een uranium verzamelfilter. Kriticititeit wordt voorkomen door de veilige hoeveelheid (700 g) niet te overschrijden.

Tijdens de bestraling wordt een deel van het uranium 'verbruikt'. Eveneens gaat een klein deel tijdens het productieproces verloren. Maximaal 5% van het uranium wordt dan ook afgeboekt en wordt niet teruggewonnen. Voor de beschrijving van de verwerking van dit vloeibaar afval wordt verwezen naar hoofdstuk 5 'Radioactief afval binnen de MPF'.

De totale activiteit van de gesloten bronnen ten behoeve van kalibratie bedraagt 10 TBq. Het maximum per bron bedraagt 7,5 TBq.

4.3 Registratie, inspectie en administratie

De MPF krijgt de targets aangeleverd vanuit de Hoge Flux Reactor (HFR) te Petten of vanuit een buitenlandse onderzoeksreactor. Na ontvangst van de targets tekent de verantwoordelijke beheerder van de MPF voor ontvangst.

De gegevens over de in de MPF aanwezige splijtstof (hoeveelheden, locatie, hoedanigheid etc.) worden geadministreerd en in een computersysteem opgeslagen. Het gebruik en de administratie

van splijtbaar materiaal is in procedures vastgelegd conform de (inter)nationale richtlijnen. Jaarlijks vindt tevens inspectie plaats onder verantwoordelijkheid van Euratom en de IAEA.

4.4 Transport van de targets

Transporten onbestraalde targets

Targets worden door een splijtstofproducent gemaakt en geleverd. Door deze leverancier worden de onbestraalde targets getransporteerd naar een onderzoeksreactor. Daar worden kleine voorraden opgeslagen, conform de lokale voorschriften, onder de directe verantwoordelijkheid van de beheerder van de betreffende reactor. NRG is als tijdelijk eigenaar van deze targets altijd op de hoogte van de verblijfplaats en de hoedanigheid van het in de targets aanwezige uranium.

De onbestraalde targets die zijn bestemd voor de HFR worden bij aankomst in Petten geïnspecteerd en opgeslagen in de opslagfaciliteit voor experimentele splijtstoffen bij de HFR. Opslag en registratie zijn in een procedure vastgelegd.

Soortgelijke procedures worden bij de andere onderzoeksreactoren gehanteerd.

Transporten bestraalde targets naar de MPF

De transporten van bestraalde targets worden conform de nationale en internationale regels uitgevoerd. De bestraalde splijtstoffen worden direct bij de MPF afgeleverd.

4.5 Afvoer radioactieve stoffen / splijtstoffen

De verzamelfilters met gebruikt uranium worden afgevoerd naar een buitenlandse vergunninghouder of naar de COVRA (zie ook 5.2).

Voor de afvoer van overige radioactieve stoffen wordt verwezen naar hoofdstuk 5 'Radioactief afval binnen de MPF'.

5 Radioactief afval binnen de MPF

5.1 Ontstaan/behandeling van radioactief afval

Tijdens de winning van ^{99}Mo uit bestraald uranium ontstaat zowel vast, vloeibaar als gasvormig radioactief afval.

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd.

- De vaten met vast afval worden tijdelijk in de opslagfaciliteit in het RL opgeslagen om de kortlevende radioactieve stoffen te laten vervallen waarna ze voor verwerking naar COVRA worden afgevoerd.
- Het vloeibaar afval wordt in kleine vaten overgeslagen en voor verwerking naar COVRA afgevoerd.
- Het gasvormig radioactief afval wordt door het cellenventilatiesysteem via vertragingsfilters naar de schoorsteen van de HCL afgevoerd.
- Er wordt steeds gestreefd naar minimalisatie van de hoeveelheid afval die tijdens het productieproces ontstaat. De middels werkprocedures vastgelegde werkwijze is zo opgezet, dat geen onnodig afval ontstaat.
- Al het afval wordt afgevoerd naar COVRA, waar faciliteiten aanwezig zijn voor langdurige opslag.

5.2 Afvoeren van radioactief afval

In figuur 10 zijn de bronnen van vast, vloeibaar en gasvormig radioactief afval schematisch weergegeven en is aangegeven langs welke route het afval wordt opgeslagen, bewerkt of afgevoerd. Zowel het vast afval (met uitzondering van het uraniumresidu) als het vloeibaar afval (met uitzondering van het licht radioactief afval van wasbakken en nooddouche) worden onbewerkt door COVRA voor behandeling afgenomen. Het gasvormig afval wordt via vertragingsfilters geloosd.

Uraniumresidu

Na het oplossen van de targets vindt filtratie plaats van het neergeslagen uranium. Het uraniumhoudende residu wordt opgelost en vervolgens in een verzamelfilter neergeslagen. Het uraniumresidu van ten hoogste 36 targets wordt in één verzamelfilter gebracht en als vaste stof uit de cel afgevoerd. De verzamelfilters met uraniumresidu worden afgevoerd naar het buitenland of naar de COVRA. Voor transport wordt gebruik gemaakt van geschikte containers die voor de benodigde afscherming zorgen en die aan de benodigde eisen voldoen voor transport.

Vast afval

De MPF produceert twee soorten vast radioactief afval:

- afval dat ontstaat tijdens het proces;
- afval dat vrijkomt ten gevolge van (periodiek) onderhoud.

Tijdens het productieproces wordt gebruikt gemaakt van filters, scheidingskolommen, kleppen, slangen, klein glaswerk, tissues etc. Bij elke batch ontstaat afval. Bij het ontwerp van de productieapparatuur is er rekening mee gehouden dat de hoeveelheid afval zoveel mogelijk wordt beperkt. Dit vast afval wordt in verzamelblikken in de cel opgeslagen. Als een blik vol is blijft het in de cel om het jodium zo veel mogelijk te laten vervallen. Daardoor worden de risico's bij de verdere handelingen met het afval sterk gereduceerd.

Het afval dat vrijkomt tijdens het onderhoud bevat grotere componenten die als vast afval afgevoerd worden.

Voor elk soort afval is een verwerkingsroute vastgesteld. In verband met de compatibiliteit kan alle vast afval in standaardbussen worden afgevoerd via de sluis. Het vast radioactief afval zal, nadat het uit de cellen is verwijderd, zodanig verpakt of omgepakt worden dat het volgens de regels van COVRA kan worden afgevoerd.

Vloeibaar afval

In de cellen ontstaat bij de productie vloeibaar afval. Deze vloeistoffen hebben een verschillende specifieke activiteit en worden tijdens de productie in gescheiden buffertanks in de cellen opgeslagen. Na afloop van iedere productiebatch wordt dit afval naar gescheiden opslagtanks overgebracht. In de kelder van de MPF is voor iedere cellenlijn een compartiment aanwezig waarin per cellenlijn 6 tanks voor hoogradioactieve vloeistoffen zijn geplaatst. Daarvan zijn er 3 van 350 liter en 3 van 1200 liter aanwezig. Voor de laagradioactieve vloeistoffen worden tanks gebruikt die zijn geplaatst onder de celboxen, waarvan er per cellenlijn 5 aanwezig zijn. Het afval wordt tijdelijk opgeslagen in de MPF, waarna afvoer plaatsvindt.

Bij het ontwerp van de installaties voor de opslag en afvoer van vloeibaar afval is er rekening mee gehouden dat deze

- voldoende volume/capaciteit hebben;
- voldoende stralingsafscherming hebben;
- beschermd zijn tegen mechanische beschadiging;
- bestand zijn tegen overdruk, agressieve chemicaliën, verhoogde temperatuur, straling;
- compatibel zijn met de andere afvalsystemen binnen NRG.

De volumes van de tanks zijn afgestemd op de productiehoeveelheden en gehanteerde opslagtijden. De opslagtijden worden gehanteerd om de jodiumbesmetting zo veel mogelijk te laten vervallen. Daardoor zijn de risico's bij verdere handelingen met het afval sterk gereduceerd.

Ten behoeve van de afvoer naar COVRA wordt het vloeibaar afval door middel van een vul/doseerinrichting verzameld in vaatjes met een inhoud van 30 of 50 liter. Deze vaatjes worden in een vloeistof absorberende binnenpot verpakt die vervolgens in stalen containers over de weg naar COVRA worden vervoerd. COVRA zorgt voor de verwerking van de inhoud.

Gasvormig afval

Tijdens het oplossen van de targets in cel 01 en 11 komen radioactieve edelgassen vrij. Daarnaast komen ook kleine hoeveelheden radioactief edelgas vrij uit het vloeibaar afval in cel 02 en 12. De gassen worden verzameld in vacuümtanks en tijdelijk opgeslagen voor verval van kortlevende nucliden. Deze tanks worden geëvacueerd door middel van een vacuümpomp die in de handschoenkast op de eerste verdieping is opgesteld (zie ook paragraaf 2.1.3 Het ⁹⁹Mo-productieproces). Het afgezogen gas wordt via vertragingsfilters (actieve kool) geleid alvorens gecontroleerd via het ventilatiesysteem te worden geloosd. De edelgasvertragsfilters zijn beschreven in paragraaf 2.2.4 Vertragsfiltersysteem.

Radioactief afval bij onderhoud of ontmanteling

Tijdens en na elke productie worden de cellen opgeruimd en gereinigd. Hierdoor ontstaat licht radioactief vast afval in de vorm van tissues.

Per periode van 1 à 2 jaar wordt onderhoud uitgevoerd voor vervanging van een aantal onderdelen in de cellen van de MPF.

Behalve deze onderdelen zijn er mogelijk ook onderdelen die na een langere periode (> 5 jaar) 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 de MPF dat een integraal onderdeel van het 'Veiligheidszorgsysteem' van de HCL uitmaakt.

Wanneer de MPF uit bedrijf wordt genomen kunnen alle componenten en leidingen na reiniging worden afgevoerd, deels als conventioneel en deels als radioactief afval. Hierdoor ontstaat een grotere afvalstroom dan bij jaarlijks onderhoud. Een schatting van de te verwachten hoeveelheden zal ruim voor de daadwerkelijke ontmanteling plaatsvinden.

Overige bronnen van radioactief afval

Het afvalwater van douches, gootstenen, vloerputten en aftapwater van de verwarmings- en koelsystemen, afkomstig uit de MPF, wordt opgevangen in één van de buiten het gebouw opgestelde terreinputten; deze worden periodiek geleegd door de daarvoor door NRG aangewezen dienst. Dit vloeibaar licht radioactief afval wordt conform de bestaande procedures door NRG behandeld.

Het laagactieve vloeibare afval wordt na behandeling deels als vast afval afgevoerd naar COVRA en deels als gereinigde vloeistof geloosd in de Noordzee.

De gasvormige afvalstoffen betreffen radioactieve edelgassen in lucht, die op verschillende plaatsen in de MPF vrijkomen. Deze edelgassen worden uiteindelijk via de HCL-schoorsteen geloosd. De edelgassen worden middels vertragingsfilters gedurende ten minste 70 dagen vertraagd, de geloosde hoeveelheden hebben dus betrekking op de langlevende edelgasisotopen.

5.3 Lozingen naar de omgeving

5.3.1 Lozingen in de lucht

Volgens artikel 44, eerste lid, onder e, van het Besluit Stralingsbescherming (Bs) [BS01] bevat elke aanvraag om een vergunning voor een handeling, onder andere, de maximale totale effectieve dosis die een persoon in een kalenderjaar kan ontvangen op enig punt buiten de locatie waarop de vergunningaanvraag van toepassing is, zowel ten gevolge van lozingen als ten gevolge van externe straling.

De volgende dosisniveaus worden gehanteerd:

- een locatielimiet van 100 μSv in een jaar, waarboven geen vergunning wordt verleend, en
- een Secundair Niveau (SN) van 1 μSv (voor lucht- en waterlozingen) en 10 μSv (voor externe straling) in een jaar waar beneden vanuit milieuoogpunt nooit bezwaar bestaat tegen vergunningverlening, mits de handeling gerechtvaardigd is.

Bij de HCL (inclusief de MPF) wordt het individuele risico bepaald door de emissies van radioactieve stoffen. De gevolgen van deze emissies mogen dus het bovengenoemd dosisniveau niet overschrijden. Uitgangspunt daarbij is dat de emissies zo laag als redelijkerwijs mogelijk moeten zijn (toepassing van het ALARA-beginsel). Een overzicht van de karakteristieke lozingen van de MPF is in deel 4a opgenomen. Deze voldoen ook aan de strengere eisen die in de vorige versie van het Besluit Stralingsbescherming werden genoemd, welke als uitgangspunt dienden voor deel 1 van het Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG Petten.

5.3.2 Lozing van vloeibare radioactieve stoffen

Vloeibaar afval dat ontstaat in de MPF wordt afgevoerd naar COVRA. Licht radioactief besmet water wordt verwerkt door de daarvoor door NRG aangewezen dienst. Het gereinigde water wordt geloosd in de Noordzee. Vanuit de MPF vinden derhalve geen lozingen van vloeibaar afval plaats.

5.3.3 Controle van lozingen en andere activiteitsmetingen

Activiteitsmetingen luchtgedragen activiteit

Om de emissies 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.

Voorts worden er metingen binnen de MPF gedaan om controle over de procesgang en de veiligheid van de medewerkers te hebben (deze metingen worden beschreven in paragraaf 7.1.4 Meetapparatuur).

De metingen geschieden continu en/of met behulp van een verzamelfilterpakket. De meetpunten met bijbehorende instrumentatie zijn samengevat in tabel 3, zie ook figuur 8.

tabel 3 Meting van uitgaande lucht

meetpunt (zie figuur 8)	instrumentatie
dak-afblaas MPF (gebouwenlucht)	K,I,E
off-gas kanaal MPF (cellenlucht)	K,I,E,A
E = edelgasmonitor K = koolfilterpakket (verzamel) I = jodiummonitor A = aërosolmonitor	

De koolfilterpakketten worden eenmaal per week verwisseld. De daarin verzamelde radioactiviteit wordt vervolgens gemeten. Door accumulatie kunnen lage detectiegrenzen worden bereikt.

De monitoren meten de luchtgedragen activiteit continu. Omdat verschillende soorten radionucliden gemeten moeten worden, worden verschillende instrumenten gebruikt met verschillende detectiegrenzen.

6 Veiligheidsevaluatie

6.1 Beschrijving van de veiligheidsmaatregelen

Maatregelen ter verhoging van de veiligheid kunnen onderscheiden worden in materiële en organisatorische maatregelen. Deze beide groepen kunnen elk weer worden onderverdeeld naar hun doel:

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

6.1.1 Materiële maatregelen

Voor de algemene materiële maatregelen binnen HCL wordt verwezen naar paragraaf 6.1.1 van deel 4a van deze serie.

Specifieke maatregelen ten behoeve van de MPF

Adequate afscherming van radioactieve bronnen

- De wanden van de cellen zijn opgebouwd uit loodblokken of voorzien van een loden afscherming. Het afschermend waarnemingsvenster is opgebouwd uit blokken loodglas.
- Het geproduceerde ⁹⁹Mo wordt in een speciale container via een met lood gevulde sluisconstructie in de bodem van de vijfde cel afgevoerd.
- De handschoenkasten zijn van een loden afscherming voorzien. Er is een waarnemingsvenster van loodglas aangebracht. De handschoengaten zijn van loden afsluiters voorzien.
- De opslagruimten in de kelder zijn voorzien van dikke betonnen wanden. De toegangsopening is voorzien van een met lood gevulde deur en een gestapelde loodwand.
- Filters van het ventilatiesysteem die besmet kunnen raken zijn voorzien van adequate afscherming.

Adequate opsluiting van radioactieve bronnen

- Het vast radioactief afval van de ⁹⁹Mo-productiecellen wordt in de cellen opgeslagen totdat het voor verwerking wordt afgevoerd.
- De batches met de bestraalde targets worden via een sluissysteem in cel 01 of 11 gebracht.
- Vast afval uit de cellen wordt via een sluissysteem uit de cellen verwijderd en in containers verpakt voor transport naar COVRA.
- Binnen de celwanden zijn celboxen geplaatst waarin de procesapparatuur is opgesteld. De celboxen dienen als barrière tegen de verspreiding van radioactief materiaal. Hun werking wordt gegarandeerd door het handhaven van een onderdruk ten opzichte van de omgeving door middel van het ventilatiesysteem dat zorgdraagt voor gecontroleerde afvoer van

afgevoerde radioactieve stoffen. Bij uitvallen van het ventilatiesysteem biedt de barrière voldoende bescherming tegen ongewenste verspreiding van radioactieve stoffen buiten de celboxen. Hiertoe zijn eisen gesteld aan de lektheid en de overdrukbestendigheid. Hetzelfde geldt voor de handschoenkasten.

- De cellenlucht alsmede de lucht in de handschoenkasten wordt via een van de gebouwenlucht gescheiden ventilatiesysteem afgevoerd.
- Het vloeibare radioactief afval wordt via dubbelwandig leidingwerk van en naar de dubbelwandige opslagvaten getransporteerd.

Het vermijden van kriticititeit

- Kriticititeit wordt voorkomen door de veilige hoeveelheid niet te overschrijden (zie ook paragraaf 4.2).
- Regelmatige analyse van de vaste stof aanwezig in afvaltank 1 en gedetailleerde ondersteunende kriticititeitsberekeningen voorkomen dat de hoeveelheid uraan in de tank geen kriticititeit kan opleveren.

6.1.2 Organisatorische maatregelen

Voor de algemene organisatorische maatregelen binnen de HCL wordt verwezen naar paragraaf 6.1.2 van deel 4a van deze serie.

Specifieke maatregelen ten behoeve van de MPF

Beperking van de hoeveelheden radioactief materiaal

- Om de hoeveelheid vloeibaar radioactief afval zo laag mogelijk te houden zijn de hoeveelheden te gebruiken vloeistoffen in werkprocedures vastgelegd.

Adequate afscherming van radioactieve bronnen

- Aan- en afvoer van splijtstoffen en radioactief materiaal van en naar de MPF geschiedt met behulp van een afschermende container. De stralingsdosis en besmetting van de container worden bij ontvangst en afvoer gemeten door een stralingsdeskundige. Deze gegevens worden in het computersysteem ingevoerd ten behoeve van de boekhouding van dit materiaal.
- Het vast afval van de ⁹⁹Mo-productielijnen wordt gedurende een bepaalde periode voor verval in de cellen opgeslagen.

Het vermijden van kriticititeit (per cellenlijn)

- Kriticititeit wordt vermeden door het beperken van de massa aan splijtbaar materiaal tot de veilige equivalente splijtstofmassa per zone zoals beschreven in paragraaf 4.2 van deel 4a van deze serie.
- De standaard veilige massa per zone kan uitsluitend worden overschreden indien deze wordt onderbouwd met specifieke kriticititeitsberekeningen.

6.1.3 Brandpreventie, -detectie en -bestrijding

Er is bij het ontwerp van de MPF uitgegaan van een brandbeschermingsbeleid dat de elementen brandpreventie, -detectie en -bestrijding bevat. De getroffen maatregelen zijn gericht op handhaving van de integriteit van de opsluiting en op handhaving van de effectiviteit van de filters, daar brand tot een verlies van opsluiting van radioactieve stoffen en tot verspreiding van radioactiviteit zou kunnen leiden.

In essentie berust het omgaan met brand bij de MPF op drie pijlers, namelijk:

- brandpreventie door minimaal gebruik van brandbare materialen
- vroegtijdige detectie van een eventuele brand in de cel
- blussing van de brand, waarbij het blusmechanisme redundant is uitgevoerd.

In geval van een brand wordt de volgende filosofie gehanteerd voor zowel de ruimten als de cellen.

- De ventilatietoevoer naar de ruimte waarin brand optreedt wordt afgesloten. Bij de diverse ruimten van het gebouw gebeurt dat doordat de brandkleppen die in de overstortroosters zijn opgenomen automatisch sluiten als er een brandalarm in werking treedt. Als het een brand in de cel betreft wordt ook automatisch de brandklep van de cel gesloten. De brandklep van een cel kan overigens ook worden gesloten door een knop in te drukken.
- De ventilatieafvoer van de ruimte waarin brand optreedt blijft werken. Daardoor worden de gassen die mogelijk activiteit met zich mee voeren via de filters geleid waardoor de risico's voor de omgeving het meest worden beperkt en het best worden beheerst.

Ten aanzien van de verschillende elementen van het brandbeschermingsbeleid is het volgende in de MPF gerealiseerd:

Brandpreventie

- Bij het ontwerp zijn de toegepaste materialen beoordeeld op hun brandbaarheid.
- In een HAZOP-studie zijn geen situaties geïdentificeerd die tot een significant brandrisico kunnen leiden.
- Indringing van zuurstof bij het oplosproces wordt voorkomen door het spoelen met stikstof.
- De muren en deuren binnen het gebouw zijn brandwerend uitgevoerd.
- Hierdoor ontstaan brandzones: ruimten gescheiden door middel van wanden/deuren met 1 uur brandvertraging.
- Alvorens het oplosproces te starten wordt cel 01 of 11 van de ⁹⁹Mo-productielijn gespoeld met stikstof, zodat bij een groot lek van het productiesysteem waarbij waterstof ontsnapt (ontwerpongeval, zie ook paragraaf 6.2 Ongevalsituaties en gevolgenanalyses) explosiecondities niet zullen worden bereikt.
- Tijdens normaal bedrijf wordt in de cellen niet met open vuur gewerkt. Voor onderhoudswerkzaamheden waarbij open vuur nodig is (bijvoorbeeld lassen) moet een aparte werkvergunning zijn verleend.

Branddetectie en alarmering

- Brandmelders zijn geïnstalleerd in alle werkruimten van het gebouw (rookmelders).
- Brandmelding op iedere individuele cel vindt plaats door temperatuurmeting van de uittredende cellenlucht (positie opnemer zo dicht mogelijk bij de celbox, juist buiten de loodafscherming).
- Brandalarm en locatie van de brand worden aangegeven op het centrale bedieningspaneel.
- Het alarm wordt doorgemeld aan de centrale meldpost.
- Bij brand treedt een akoestisch signaal in werking via de intercom.

Brandbestrijding

- De ventilatietoevoer wordt afgesloten om geen verse lucht aan te voeren.
- De ventilatieafvoer blijft open om de filters te kunnen gebruiken.
- Er zijn roestvaststalen leidingen toegepast vanaf de cellen tot aan de eerste filters.
- De MPF is uitgerust met voor iedere productielijn een apart CO₂-blussysteem dat per cel handmatig in werking wordt gesteld. Elk blussysteem is bovendien voorzien van een aansluiting waardoor de brandweer additionele brandbestrijdende gassen kan inbrengen.
- De cellen 01 en 11 kunnen worden geventileerd met stikstof, hetgeen als additionele brandblusvoorziening kan worden beschouwd.
- Op diverse plaatsen in het gebouw zijn losse brandblussers geplaatst.
- In de werkruimten kunnen hoge-drukbrandhaspels worden gebruikt.

6.1.4 Ongevalsbestrijding en noodplannen

Hiervoor wordt verwezen naar paragraaf 6.1.4 van deel 4a van deze serie.

6.2 Ongevalsituaties en gevolgenanalyses

In dit rapport zijn de kansen op en de gevolgen van de belangrijkste ontwerp- en buitenontwerpongevallen van de MPF beschreven. Uit de analyse blijkt dat voldaan wordt aan de door de overheid gestelde eisen.

Ten aanzien van gebeurtenissen met extern geweld, zoals aardbevingen, dient de integriteit van de hot cells en de opslagvoorzieningen gehandhaafd te blijven. De mogelijke uitwerking van de in deel 1 omschreven ontwerpaardbeving met maximale intensiteit, is nader beschouwd overeenkomstig de IAEA-criteria voor gesimplificeerde evaluatie van het aardbevingsrisico van het RL. Hierbij is gebleken dat onder de beschouwde condities de integriteit van de hot cells en de opslagvoorzieningen behouden blijft.

6.2.1 Ongevalsituaties

In deze paragraaf wordt een opsomming gegeven van potentiële ongevalsituaties in de MPF.

De schatting van de kansen en gevolgen is 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 welk ongeval een grotere waarschijnlijkheid van optreden heeft.

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

- ontwerpgegevens: in het ontwerp van de MPF zijn voorzieningen getroffen om deze ongevallen te voorkomen en om de gevolgen ervan te beperken
- buitenontwerpgegevens: in het ontwerp is geen rekening gehouden met het optreden hiervan, omdat de zeer kleine kans van optreden van deze ongevallen dit rechtvaardigt.

In de tabellen 4 en 7 zijn de belangrijkste potentiële ongevallen onderverdeeld in deze twee groepen.

Ontwerpgegevens

Brand in een der cellen kan niet leiden tot gevolgen van enige omvang omdat in elke cel de hoeveelheid brandbaar materiaal daarvoor te klein is. Om dezelfde reden moet ook de kans op het ontstaan van een brand klein worden geacht. Bovendien zijn alle cellen uitgerust met een branddetectie- en blussysteem.

Ongevallen en verstoringen met een grotere kans van optreden, zijn ook onderzocht maar evenmin in dit rapport opgenomen omdat hiervan de gevolgen kleiner zijn dan de gevolgen van de emissies bij normale bedrijfsvoering. De in de tabel 4 aangegeven ongevallen zijn de maatgevende verstoringen in deze categorie.

tabel 4 Ontwerpgegevens bij de MPF

nr.	omschrijving	kans per jaar
1.	groot systeemlek ⁹⁹ Mo-productie-apparatuur in cel 01 of 11 waardoor onder meer alle edelgassen vrijkomen; met functionerende filters	3×10^{-2}
2.	groot systeemlek van een tank voor hoogradioactief vloeibaar afval	$\leq 1 \times 10^{-4}$

Groot systeemlek in cel 01 of 11

De leidingen en vaten buiten de cellen zijn dubbelwandig. In de binnenste vaten bevinden zich de opgeloste splijttingsproducten en eventuele splijtstof. Daaromheen bevindt zich de koeling. Als

begingebourtenis wordt aangenomen dat er in één van de cellenlijnen een lek ontstaat in de binnenste wand. Bovendien wordt aangenomen dat ook de buitenwand faalt.

De vloeistof met de daarin opgeloste splijtingsproducten en eventuele splijtstof zal vrijkomen in de cel. Daardoor kunnen vluchtige stoffen uit de vloeistof in de 'cellenlucht' komen. Verondersteld wordt alle edelgassen worden vrijgezet. Verder wordt aangenomen dat ongeveer 1% van de vloeistof verdampt, waarbij 1% van de weinig- en niet-vluchtige componenten uit de inventaris als aerosol in de 'cellenlucht' komt.

Bij het overbrengen van het filterresidu van het uraanfilter naar de verzamelfilters wordt een zuur gebruikt. Wanneer een systeemlek optreedt van de zure vloeistof, kan 20% van het in de filters aanwezige jodium vervluchtigen.

Bij het systeemlek zal alle xenon en krypton in de cellenlucht vrijkomen en via het ventilatiesysteem in de filterbatterij terechtkomen. Het xenon heeft uren nodig om het vertragingsfilter te passeren, het krypton slechts minuten. Binnen circa een uur zal alle in de cel vrijgekomen radioactiviteit in de filters zijn terechtkomen. Indien na enkele uren het Xenon door het filter begint te lekken, zal de operator dit filter isoleren en de ventilatielucht over een van de andere opgestelde filters leiden. Al het krypton is dan al via de schoorsteen in de atmosfeer verdwenen. Het geïsoleerde filter zal pas weer worden gebruikt als de radioactiviteit van het daarin verzamelde xenon voldoende is vervallen (na enkele weken). Om te voorkomen dat het gebouw gedurende deze periode niet toegankelijk is door het hoge stralingsniveau, is een van de filterbatterijen van extra afscherming voorzien. De operator zal dus overschakelen naar deze batterij als het hier geschetste ongeval zich zou voordoen. Het vluchtige jodium en de aerosolen zullen grotendeels worden tegengehouden door het kool in het zogenoemde ketelfilter en de absoluutfilters. De vangst van jodium in het ketelfilter is minimaal 99,9%. Bij de ongevalsanalyse wordt ervan uitgegaan dat 99,9% van het jodium in het ketelfilter wordt gevangen. Het absoluutfilter houdt meer dan 99,99% van de aerosolen tegen.

De in de gebouwenlucht opgenomen jodiumfilters zijn niet meegenomen in de analyse van de ongevalconsequenties.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de fracties die vrijkomen uit de vloeistof en de uiteindelijke emissie naar de buitenlucht.

tabel 5 Vrijzettingspercentage in de buitenlucht bij een groot systeemlek

element	fractie vloeistof [%]	fractie vacuümtanks [%]	doorlaat filter [%]	vrijzetting naar buitenlucht*) [%]
Kr	100	100	100	100
Xe	100	100	5	5
I, zuur milieu	20		0,1	0,02
I, basisch milieu	1		0,1	0,001
andere nucliden	1		0,1	0,001

*) product van voorgaande kolommen

Groot systeemlek van een tank voor hoogradioactief vloeibaar afval

De afvaltanks voor hoogactief afval zijn zo uitgevoerd dat de kans op lekkage bijzonder klein geacht mag worden. Door verbeteringen van het productieproces bevat het vloeibaar afval geen jodium en broom meer. Hierdoor is tevens het vrijkomen van edelgassen niet meer mogelijk. Indien toch lekkage op zou treden, zullen de vluchtige componenten in het vloeibare afval worden vrijgezet. Deze worden door het ventilatiesysteem na filteren via absoluutfilters vrijgezet in de buitenlucht. In tabel 6 is een overzicht gegeven van de fracties die bij deze gebeurtenis uit de vloeistof vrijkomen en de hierop volgende emissies naar de buitenlucht.

tabel 6 Vrijzettingspercentage in de buitenlucht bij een groot systeemlek in een waste tank

element	fractie vloeistof uit waste tank [%]	doorlaat filter [%]	vrijzetting naar buitenlucht*) [%]
andere nucliden	1	0,1	0,001

Buitenontwerpegevallen

Bij het neerstorten van een zwaar jachtvliegtuig op de MPF zijn twee belangrijke effecten te verwachten. De zwaardere delen van het zware jachtvliegtuig zullen onder meer het dak van de MPF, de cellen en de inhoud van de cellen beschadigen. Daarnaast zal door de vrijkomende brandstof (kerosine) een brand ontstaan.

Het neerstorten van een zwaar jachtvliegtuig op de MPF zal leiden tot vrijzetting van een groot deel van de inventaris in de MPF. Twee varianten van dit scenario zijn beschouwd:

- Variant A met een kleine brand, waarbij RVS verpakkingen, zoals RVS bussen en de waste tanks intact blijven.
- Variant B met een zeer felle brand, waarbij ook de RVS verpakkingen met verzamelfilters en scheidingskolommen, en de waste tanks falen.

Beide buitenontwerpegevallen zijn met de geschatte kans van optreden in tabel 7 weergegeven.

Er zijn meer buitenontwerpongevallen dan in tabel 7 zijn vermeld. Deze zijn echter niet verder beschouwd, omdat hun risico kleiner is dan dat van de wel aangegeven buitenontwerpongevallen.

tabel 7 Buitenontwerpongevallen bij de MPF

nr.	omschrijving	kans per jaar
3.	neerstorten van een zwaar jachtvliegtuig op de MPF gevolgd door kleine brand (Variant A)	2×10^{-8}
4.	neerstorten van een zwaar jachtvliegtuig op de MPF gevolgd door felle brand (Variant B)	2×10^{-8}

6.2.2 Ongevalconsequenties

Bij de dosis- en risicoberekeningen zijn de volgende blootstellingswegen beschouwd:

- straling vanuit de wolk met radioactieve stoffen tijdens het overtrekken
- inademing van verontreinigde lucht tijdens de passage van de wolk
- straling vanaf de door depositie besmette bodem gedurende 50 jaar na het ongeval
- ingestie van direct besmette groenten en fruit
- ingestie van groenten en fruit geteeld op door depositie verontreinigde bodem, waarbij door opname via de wortels de eetbare delen eveneens verontreinigd raken.

De doses voor ingestie zijn berekend voor personen die uitsluitend groenten uit het besmette gebied eten.

Ontwerpongevallen

In het eerste ontwerpongeval is een systeemlek in cel 01 of 11 beschouwd. Het ontwerp van het HCL-MPF is berekend op lekkage in de cellen. Indien een lekkage optreedt kan, zoals in paragraaf 6.2.1. is beschreven, met behulp van de filters en de vertraginglijnen een groot deel van de vluchtige nucliden opgevangen worden. De berekende maximale dosis bij dit veronderstelde ongeval is in tabel 8 opgenomen.

tabel 8 Doses (95 percentielwaarden) bij het ontwerpongeval 'Groot systeemlek in cel 01 of 11'

effectieve dosis	berekenningsresultaat	norm bij 10^{-1} tot 10^{-2} per jaar	
		nieuwe norm	oude norm
personen vanaf 16 jaar	0.05 mSv	1 mSv	0.4 mSv
personen tot 16 jaar	0.08 mSv	0.4 mSv	0.15 mSv
schildklierdosis	< 1.6 mSv	500 mSv	

Voor het tweede ontwerp ongeval is een lekkage in de kelder van een van de waste tanks met hoogradioactief-afval beschouwd. De maximale dosis bij dit veronderstelde ongeval is in tabel 9 opgenomen.

tabel 9 Doses (95 percentielwaarden) bij het ontwerp ongeval 'Groot systeemlek van de afval tanks in de kelder'

effectieve dosis	berekeningsresultaat	norm bij 10^{-4} tot 10^{-6} per jaar	
		nieuwe norm	oude norm
personen vanaf 16 jaar	3.6 mSv	100 mSv	40 mSv
personen tot 16 jaar	3.7 mSv	40 mSv	15 mSv
schildklierdosis			
	< 80 mSv	500 mSv	

De berekende dosis bij de beschouwde ontwerpgevallen voldoen aan de door de overheid gestelde eisen. Ook in tabel 8 en 9 is de oude norm opgenomen, de berekeningsresultaten voldoen ook aan deze oude, strengere eisen.

Buitenontwerpgevallen

Bij de beschouwde buitenontwerpgevallen (tabel 7) zijn vijf potentiële bronnen van radioactief materiaal geïdentificeerd.

- Het oplosvat.
Bij de analyse is er van uitgegaan dat op het moment van inslag er een batch is opgelost in het oplosvat, of dat de vloeistof met radionucliden over andere delen van de productielijn verspreid is. Er wordt verondersteld dat beide lijnen in gebruik zijn. Omdat het afval vloeibaar is, zal bij een kleine brand niet de volledige inventaris vrijkomen. Bij een grote brand wordt verondersteld dat de volledige inventaris vrijkomt.
- De vacuümtanks.
De volledige inventaris van de vacuümtanks wordt in beide scenario's verondersteld vrij te komen.
- De scheidingskolommen.
Omdat de scheidingskolommen in een RVS-verpakking verpakt zijn, kan alleen bij een grote brand de inventaris vrijkomen.
- De verzamelfilters.
Omdat de verzamelfilters in een RVS-verpakking verpakt zijn, kan ook hier alleen bij een grote brand de inventaris vrijkomen.
- De waste tanks.
De waste tanks bevinden zich in de kelder. De vloer van het MPF is zo dik dat het zeer onwaarschijnlijk is dat de waste tanks beschadigd raken bij een vliegtuiginslag. Bij een inslag met kleine brand blijven de tanks daarom intact. Bij het vierde scenario wordt verondersteld dat kerosine uit het zware jachtvliegtuig de kelder inloopt, en daar ontbrandt, waardoor lekkage en vrijzetting van een deel van het afval optreedt.

Bij de berekening van de risico's van de vliegtuigongevallen is uitgegaan van een kans van optreden van 2×10^{-8} per jaar voor een vliegtuigcrash op de MPF. De berekende doses als gevolg van een vliegtuigongeval voor onbeschermde personen buiten de inrichting zijn zodanig laag dat er geen direct dodelijke slachtoffers zullen zijn.

In tabel 10 staan de berekende maximale individuele risico's en de sommatie voor zowel ontwerp-ongevallen als buitenontwerp-ongevallen. Alleen voor het maximaal risico berekend voor de buitenontwerp-ongevallen geeft het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (BKSE) een toetsingscriterium: het maximale risico moet kleiner zijn dan 10^{-6} per jaar.

tabel 10 Vergelijking van het maximaal risico van de kritieke groep met het criterium

ongeval	locatiemaximum		risico per jaar	gesommeerd ^{*)} per jaar	criterium per jaar
	richting	afstand (m)			
buitenontwerpongevallen					
vliegtuiginslag en kleine brand	ONO	150	2.7E-10		
vliegtuiginslag en grote brand	NNO	2000	4.6E-10		
som ^{*)} buitenontwerpongevallen				7.3E-10	1E-6

*) Deze sommatie is een overschatting omdat het maximum voor de verschillende ongevallen niet op dezelfde locatie optreedt.

Het berekende risico bij de beschouwde ontwerp-ongevallen voldoet aan de door de overheid gestelde eis.

7 Stralingsbescherming

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de specifieke implementatiekenmerken voor de Molybdenum Production Facility. Voor toelichting op de algemene wijze van implementatie van de stralingshygiënische zorg en over de waarborging van het ALARA-beginsel binnen NRG, wordt verwezen naar deel 1: Algemeen & Centrale Voorzieningen van het Veiligheidsrapport Kernenergiewetvergunning NRG-Petten.

Voor de stralingshygiënische voorzieningen bij HCL wordt verwezen naar hoofdstuk 7 van deel 4a van deze serie.

7.1 Maatregelen met betrekking tot stralingbescherming

7.1.1 Maatregelen bij de behandeling van radioactief afval

Het laagactieve afval, in standaardvaten, geeft in het algemeen geen aanleiding tot een verhoogde persoonsdosis. Bij de behandeling van het overige radioactief afval vindt geen significante blootstelling aan straling plaats omdat het afval zich slechts òf in een cel òf in een afschermend vat kan bevinden.

Bij het verwijderen of vervangen van filters uit de cellen en het waterbassin kan zich wel een blootstelling voordoen, doch deze is zeer gering daar het oppervlakte-dosistempo nooit meer dan 2 mSv/uur bedraagt. Deze werkzaamheden worden in drukpak uitgevoerd.

7.1.2 Afscherming

De afscherming van de stralingsbronnen in de MPF is van primair belang bij het toepassen van het ALARA-beginsel. De bedrijfservaring heeft geleerd dat buiten de radiologische zones de ontvangen dosis kleiner is dan 1 mSv per jaar.

Daar waar de afscherming geopend kan worden, is deze voorzien van een 'shutter' met een slot waarvan de sleutels in het bezit zijn van enkele bevoegde personen zodat deze slechts willens en wetens geopend kunnen worden.

Ter controle van de niveaus van directe straling zijn vaste stralingsmonitors geïnstalleerd in:

- de werkruimten voor de cellen;
- de O/T hal vanwege transportcontainers;
- de ventilatiezolder;
- de verbindingsgang tussen de werkruimten.

De toegangscontrole vindt centraal plaats bij de hoofdingang van de HCL.

7.1.3 Ventilatie

Het ventilatiesysteem is een maatregel ter voorkoming en controle van interne besmetting en is een middel om de accumulatie van zwevende radioactieve stoffen in het gebouw te voorkomen;

hiermee wordt ook het ALARA-beginsel nageleefd. In zowel de cellenventilatie als in de gebouwventilatie zijn edelgas-, aerosol- en jodiummonitoren ingebouwd, zodat de hoeveelheid radioactieve stoffen die het gebouw via de ventilatie verlaat gecontroleerd kan worden (tabel 11).

Alle cellen hebben een filterpakket, bestaande uit

- een voorfilter, dat de meeste stofdeeltjes vangt;
- een koolfilter, om het jodium af te vangen;
- een absoluutfilter, om de fijnere deeltjes die niet door het voorfilter gevangen zijn alsnog tegen te houden.

Vóór de ventilatoren bevindt zich een tweede absoluutfilter-batterij.

7.1.4 Meetapparatuur

In tabel 11 is weergegeven welke monitoren ten behoeve van stralings- en radioactiviteitsmetingen in de MPF aanwezig zijn en welke een alarmeringsfunctie hebben in het gebouwalarmsysteem.

Er vindt besmettingscontrole plaats van personen die zich verplaatsen tussen het RL en de MPF. Besmettingscontrole vindt ook plaats wanneer personen zich verplaatsen tussen de werkruimten en de onderhoudshal. Voorts worden er metingen binnen de MPF gedaan om controle over de procesgang en de veiligheid voor de medewerkers te hebben.

De instrumenten bedoeld voor het meten van de uitgaande luchtstromen zijn reeds aangegeven in tabel 3 van paragraaf 5.3.3 Controle van lozingen en andere activiteitsmetingen. De overige stralingsmeetinstrumenten zijn aangegeven in tabel 11.

tabel 11 Overige stralingsmeetapparatuur binnen de MPF

omschrijving	locatie	alarmfunctie	frequentie
edelgasmonitor	celventilatie	ja	continu
edelgasmonitor	vertragingslijn	ja	continu
jodiummonitor	transportabel	ja	continu
jodiummonitor	O/T-hal	ja	continu
gamma-monitor	vele	ja	continu
hand-voetmonitor	uitgang MPF	ja	op aanspraak
hand-voetmonitor	O/T-hal	ja	op aanspraak

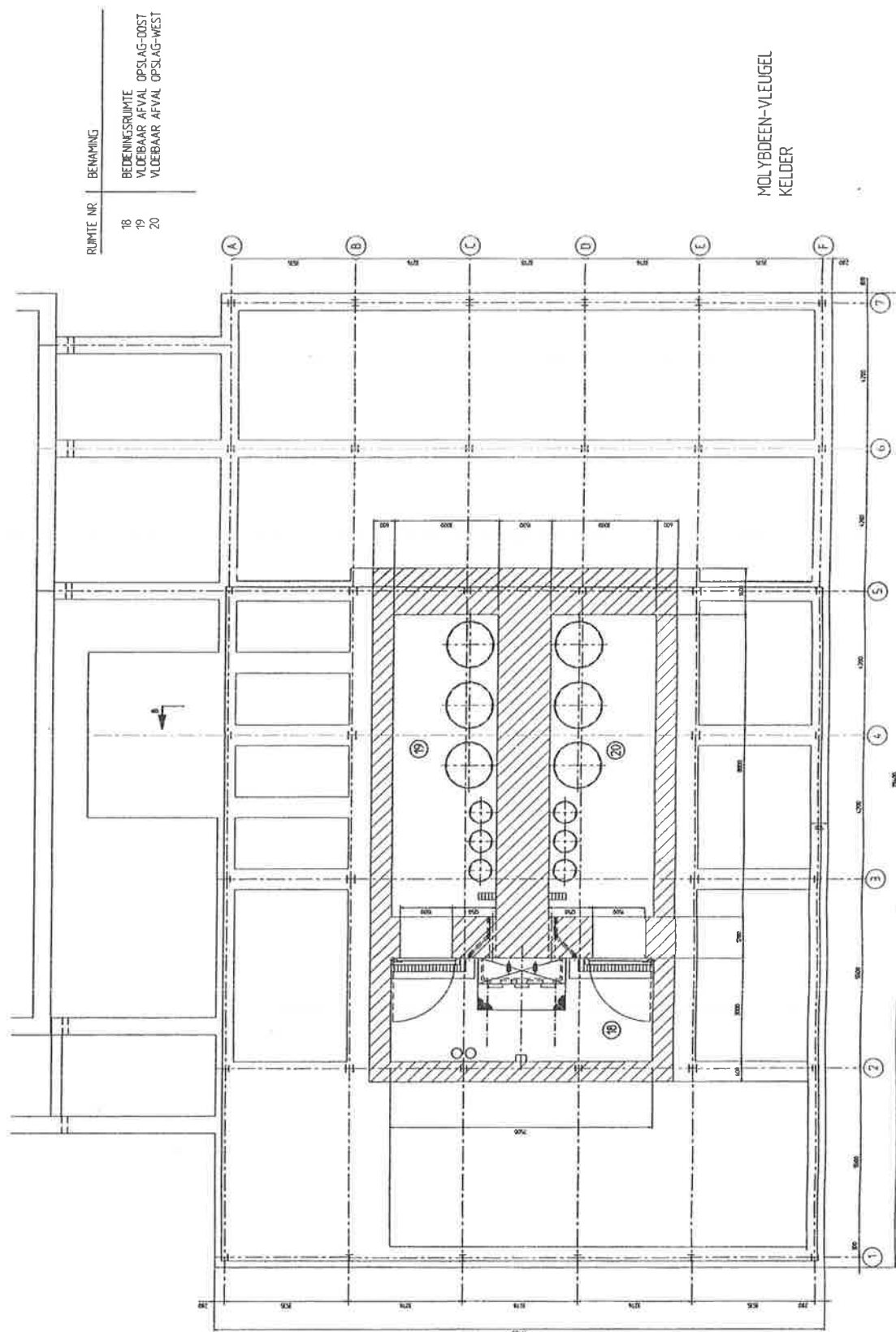
Naast bovenstaande instrumenten is er een groot aantal draagbare meetapparaten aanwezig voor het bepalen van lokale stralingsniveaus en besmettingen. Verder zijn alle medewerkers uitgerust met ambtelijke persoonsdosimeters, die maandelijks worden uitgelezen.

[illegible]

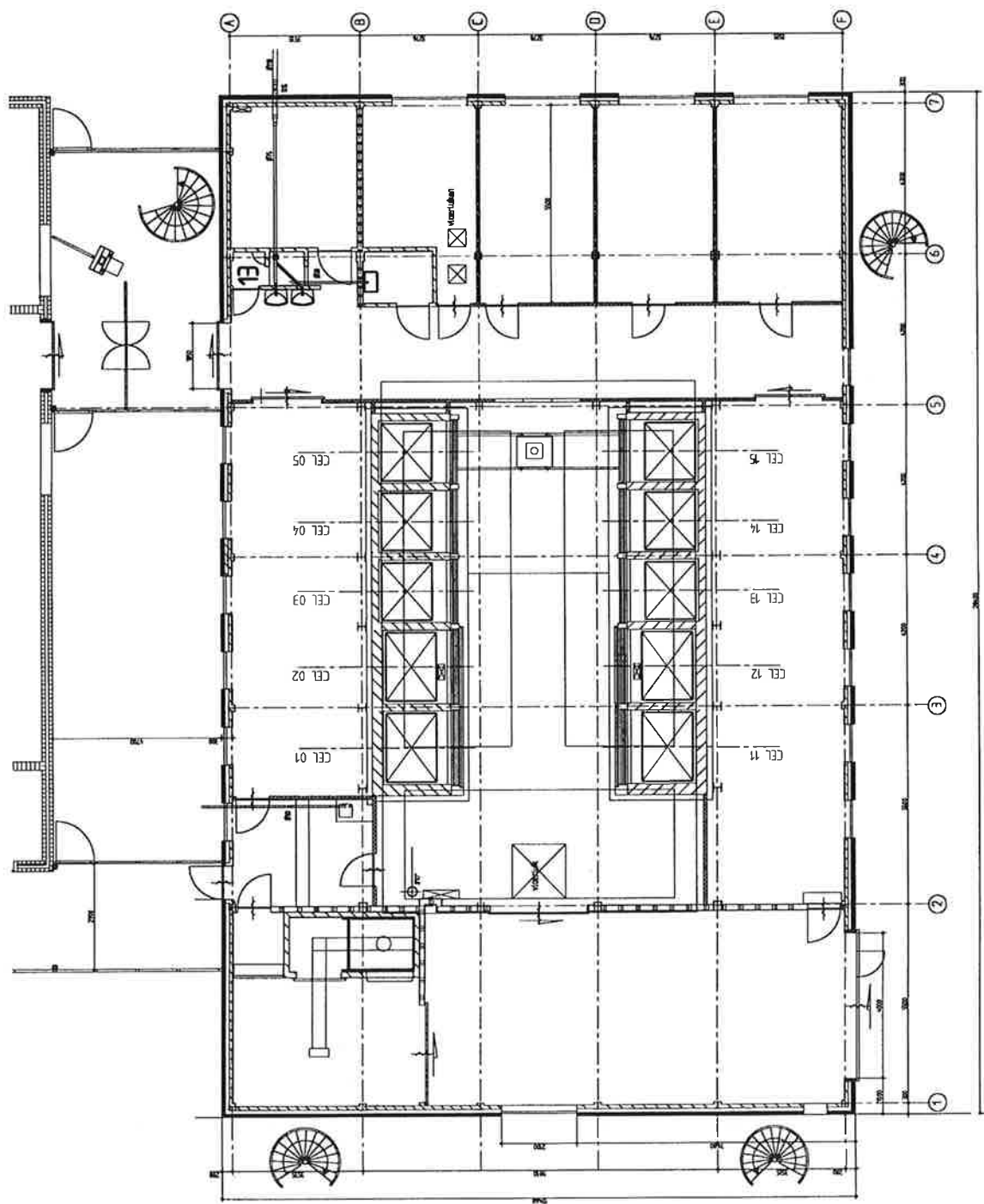
21872/07.83882



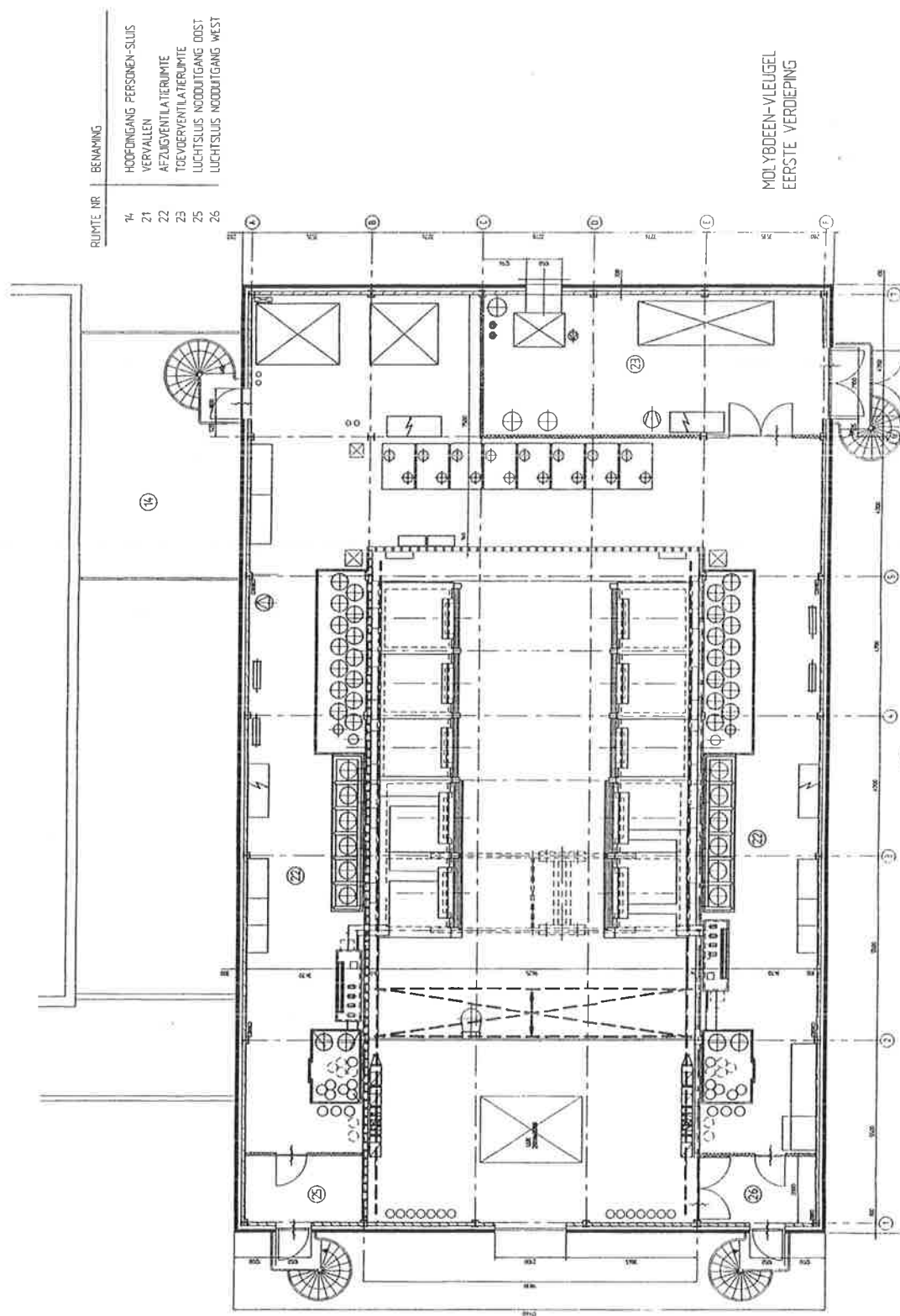
figuur 2 Gevelaanzicht noord/west HCL



figuur 4 Kelder van de MPF

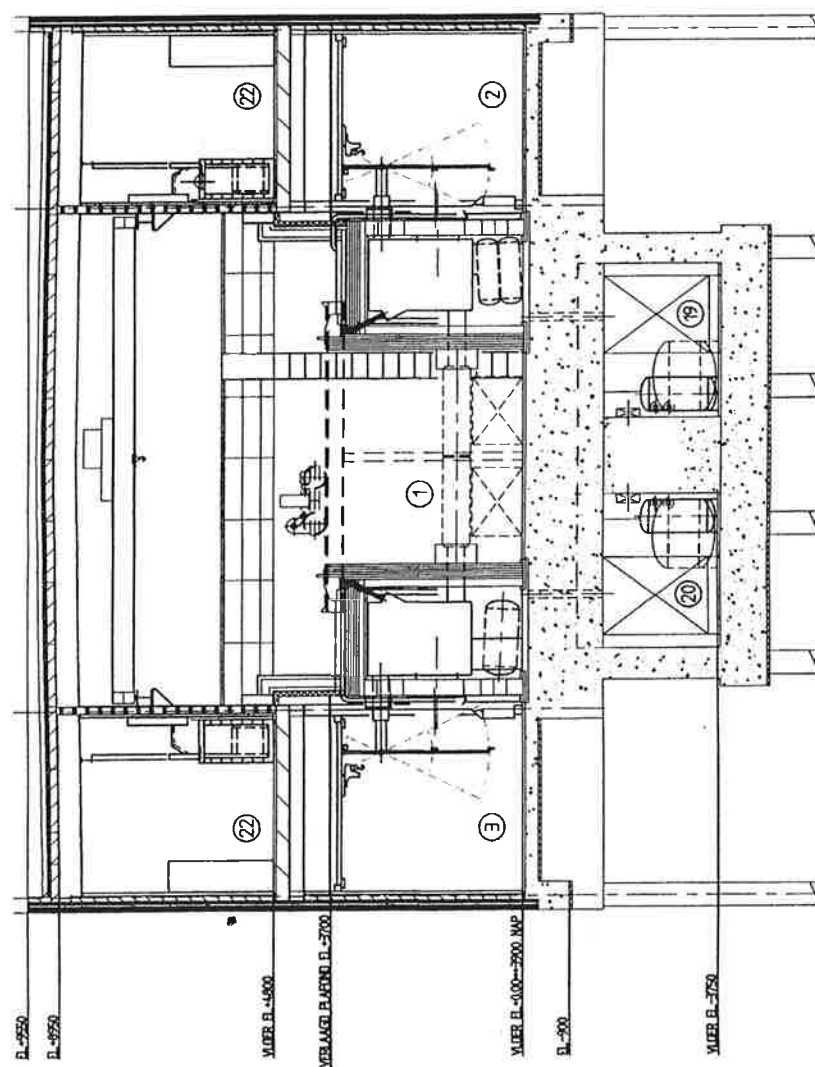


figuur 5 Begane grond van de MPF



figuur 6 Eerste verdieping van de MPF

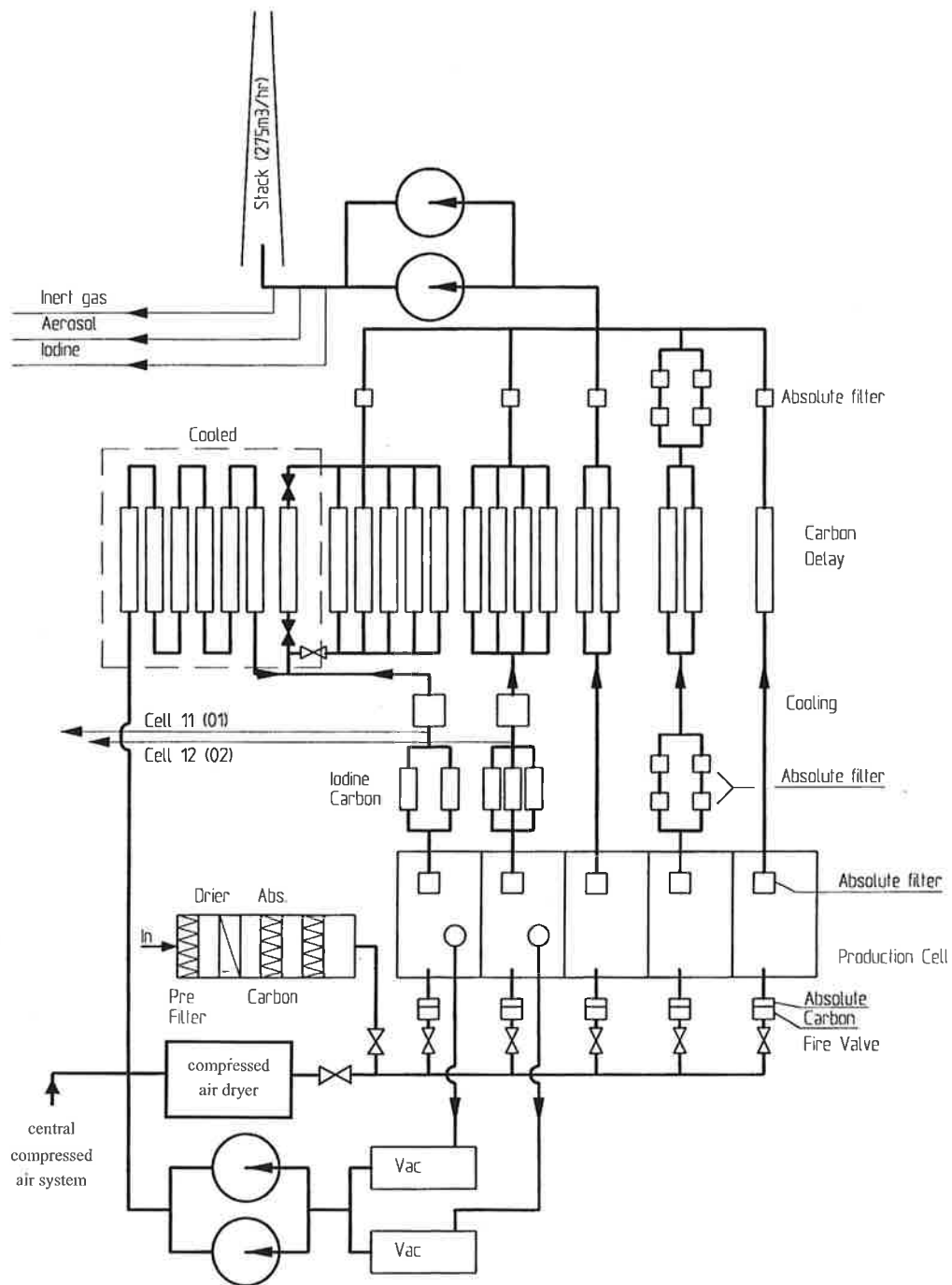
RUIMTE NR.	BENAMING
1	ONDERHOUD/TRANSPORTHAL (D/T-HAL)
2	WERKRUIMTE-OOST
3	WERKRUIMTE-WEST
19	VLOEBAAR-AFVALOPSLAG-OOST
20	VLOEBAAR-AFVALOPSLAG-WEST
22	AFZUIGVENTILATERUIMTE



SECTIE B-B

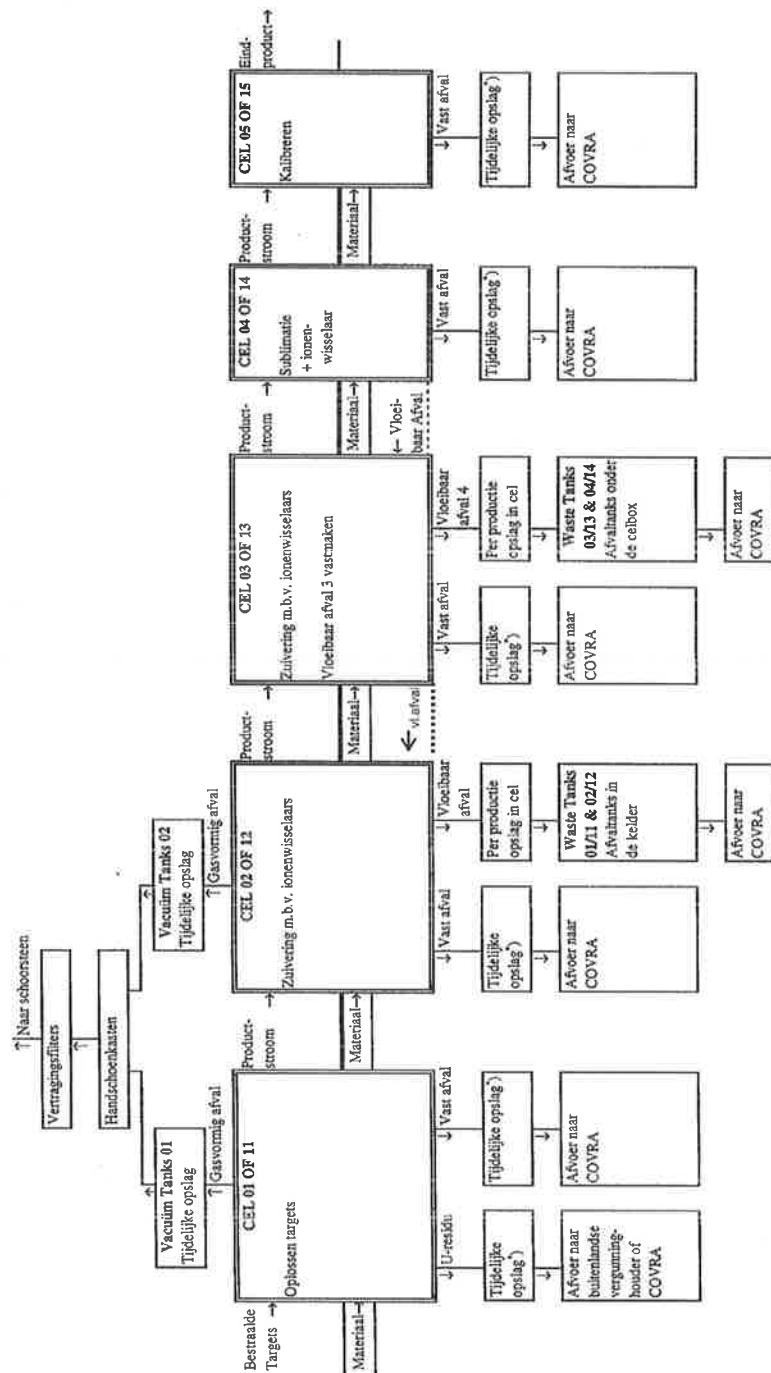
MOLYBDEEN-VLEUGEL
DWARSDOORSNEDE

figuur 7 Dwarsdoorsnede van de MPF

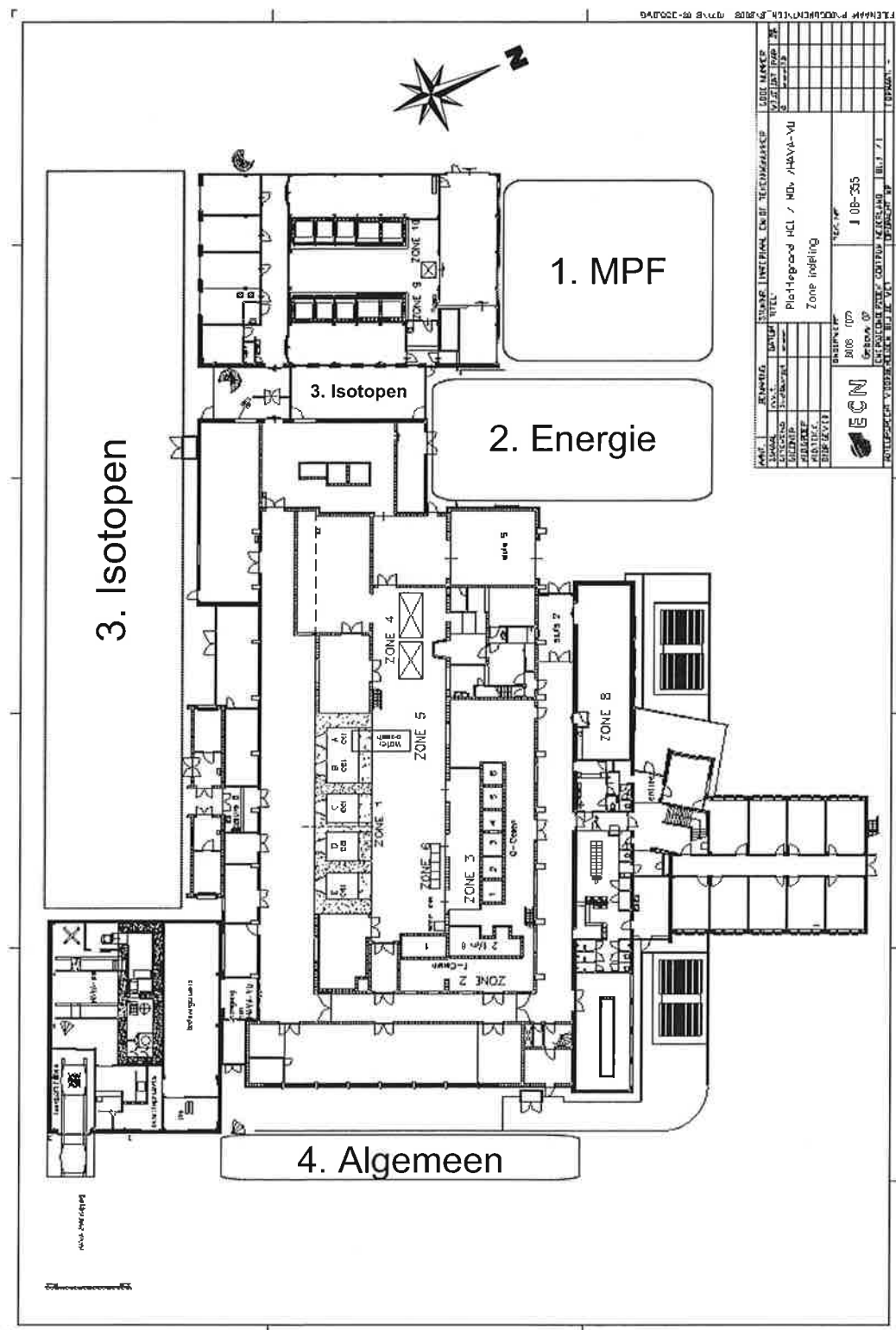


Ventilation and Filter System for production cells

figuur 9 Schema filters in cellenventilatiesysteem MPF



figuur 10 Afvalroutes MPF



figuur 11 Toekomstige wijzigingen aan de HCL (zie paragraaf 2.1.3).

