

Veiligheidsrapport Urenco Nederland B.V.

Kenmerk: REA/06/3028 Datum: 12 oktober 2006



Veiligheidsrapport Urenco Nederland B.V.

behorend bij vergunningaanvraag REA/06/3027 d.d. 12 oktober 2006



INHOUD	Pagina
1 INLEIDING	3
2 BESCHRIJVING INRICHTING	4
2.1 Omgeving	4
2.2 Inrichting	4
3 VEILIGHEIDSBEHEERSSYSTEEM	24
3.1 Bedrijfsmanagementsysteem	24
3.2 Documentatiebeheer (Bedrijfshandboek)	26
3.3 Elementen veiligheidsbeheerssysteem	26
4 VOORBEREIDING OP NOODSITUATIES	30
4.1 BHV-organisatie	30
4.2 Bedrijfsnoodplan	30
4.3 Opleiding, training en oefeningen	30
5 STRALINGSBESCHERMING	32
5.1 Stralingsbeschermingorganisatie	32
5.2 Stralingsbronnen	33
5.3 Voorzieningen en maatregelen ten aanzien van de stralingsveiligheid	33
5.4 Stralingsbelasting van het personeel	34
6 VOORZIENBARE GEVAREN EN VEILIGHEIDSMATREGELEN	35
6.1 Voorzienbare gevaren	35
6.2 Maatregelen t.b.v. stralingbescherming	37
6.3 Algemene veiligheidsmaatregelen	41
7 BELASTING NORMAAL BEDRIJF	46
7.1 Emissies	46
7.2 Externe straling	48
7.3 Radioactief afval	51
8 ONGEVALSANALYSE	52
8.1 Ongevalsscenario's	52
8.2 Interne oorzaken	58
8.3 Externe oorzaken	62
8.4 Bedrijfservaring	66
8.5 Kansbepaling	68
8.6 Brontermen	70
8.7 Gevolgen	76
8.8 Risico-evaluatie	81

Annexen

1. Kriticietsbeheersing bij Urenco Nederland B.V.;
2. Kansberekening vliegtuigongeval;
3. Resultaten Brontermberekeningen vliegtuigongevallen;
4. Tekeningbijlage van DHV, kenmerk Z1260/0153 d.d. oktober 2006.

1 INLEIDING

In overeenstemming met het besluit Kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Staatsblad 2002, 407), wordt in dit document het Veiligheidsrapport van de inrichting van Urenco Nederland B.V. weergegeven.

In de vergunningaanvraag van de inrichting van Urenco Nederland B.V. d.d. 12 oktober 2006 waartoe dit Veiligheidsrapport behoort, zijn de aanpassingen aan de inrichting t.o.v. de situatie, die is vergund in 2005, beschreven. De belangrijkste wijzigingen zijn:

- verhoging van verrijkingscapaciteit naar 4500 tSW/jaar, uitbreiding verrijkingsfabriek SP5 naar 7 hallen;
- verhoging opslagcapaciteit van feed en product;
- spooraansluiting met laad/losplaats;
- verwerken van verarmd U_3O_8 bij afval(water) behandeling.

Hoofdstuk 2 omvat de beschrijving van de inrichting, opgesplitst in de omgeving en de installatie als zodanig. Hoofdstuk 3 behandelt het veiligheidsbeheerssysteem met daarin het veiligheidsbeleid, maatregelen aangaande bedrijfsvoering en noodsituaties en de kwaliteitsborging. Hoofdstuk 6 gaat in op de voorziene gevaren en de aanwezige veiligheidsmaatregelen. Hoofdstuk 6 beschrijft de gevolgen van de lozingen tijdens normaal bedrijf. Hoofdstuk 7 beslaat de ongevalanalyse voor verschillende denkbare ongevalsscenario's waarvan sommige in kans en gevolg kwantitatief zijn uitgewerkt.

In dit veiligheidsrapport wordt uitgebreide informatie gegeven over de uitgevoerde veiligheidsanalyses. Met name het gebruik van probabilistische technieken weerspiegelt de ontwikkelingen op het vakgebied van veiligheidsstudies.

Naast ontwerp-ongevallen wordt in dit veiligheidsrapport bovendien gedetailleerd ingegaan op de niet-ontwerp-ongevallen.

Alle veiligheidsmaatregelen zijn, voor zover relevant, in zijn geheel opgenomen.

De beschouwde meest ernstige bedrijfsstoring, zoals beschreven in hoofdstuk 8 van dit document, is niet afhankelijk van verrijkingscapaciteit van de inrichting of van een verrijkingsfabriek.

De waarschijnlijkheid voor het optreden van een bedrijfsstoring met lozing van UF_6 is vooral afhankelijk van het aantal en de omvang van de UF_6 -overdrukssystemen. Voor wat betreft de gehele inrichting is de omvang en het aantal UF_6 -overdrukssystemen in de achterliggende jaren alleen maar afgenomen, mede door het uit gebruik nemen van verrijkingsfabriek SP3. De capaciteitsvergroting van SP5 brengt ten opzichte van de vigerende vergunning geen uitbreiding van systemen met UF_6 -overdruk met zich mee.

De gevolgen van het meest ernstige ongeval met externe oorzaak (een vliegtuig dat op autoclaven of een UF_6 -opslag neerstort) zijn niet afhankelijk van het totaal aantal autoclaven en containers op de opslagplaats binnen de inrichting, maar worden bepaald door het deel van het totaal aantal autoclaven, inclusief containers, dat daadwerkelijk lek raakt bij een ongeval.

2 BESCHRIJVING INRICHTING

2.1 Omgeving

De inrichting is gelegen op het industrieterrein Bornsestraat te Almelo. De inrichting met de omgeving is weergegeven in figuur 1 van annex 4. Het industrieterrein ligt binnen de gemeente Almelo, dicht bij de zuidoost grens met de gemeente Borne.

Het terrein, bestemd voor verrijkingsactiviteiten, is ruim 30 hectare groot en wordt begrensd door:

- de Drienemansweg in het noordoosten (deze weg loopt parallel aan de N743 tussen Almelo en Borne);
- de doodlopende Bavinkelsweg in het zuidoosten;
- weilanden in het westen;
- de spoorlijn Almelo-Hengelo in het zuidwesten;
- de Weezebeek in het noordwesten.

Aan de andere kant van de Weezebeek bevinden zich andere bedrijven, waaronder het bedrijf Enrichment Technology Nederland B.V. (ET NL), dat voor 50% deel uitmaakt van de Urenco Groep. Hoewel beide inrichtingen deels tot dezelfde moedermaatschappij behoren, moeten de inrichtingen als twee aparte inrichtingen worden beschouwd, die onder andere vergunningenregimes vallen.

In het noordwesten van Urenco Nederland B.V. ligt de penitentiaire open inrichting "Niendure" aan de overzijde van de Drienemansweg onmiddellijk grenzend aan het industrieterrein. Daarachter aan de andere kant van de N743 liggen agrarisch gebruikte gronden. In het oosten, zuiden en westen liggen eveneens agrarisch gebruikte gronden met bijbehorende woningen. In de zuidoosthoek van de inrichting ligt een inrichting van Essent, vanwaar de elektriciteitsvoorziening plaatsvindt. Aan de overkant van de spoorlijn ligt een productiebos (Nijreesbos en het Dikkersbos).

In het noorden bevindt zich de rest van het industrieterrein "Drienemanslanden" en het industrieterrein "Bornsestraat" met een gieterij van Cirex B.V., Aeronamic (een fabriek voor aerospace onderdelen), een machinefabriek van Philips Enabling Technologies N.V., alsmede diverse bedrijven welke zich inmiddels gevestigd hebben op het eind negentiger jaren verder ontwikkelde industrieterrein. Op circa een kilometer afstand ten zuiden van Urenco Nederland B.V. ligt de stortplaats Elhorst-Vloedbelt. De afstand van Urenco Nederland B.V. tot de dichte bebouwing van de stad Almelo bedraagt in het noordwesten circa 2 km en tot de dichte bebouwing van de plaatsen Bornerbroek in het westen en Zenderen in het oosten circa 3 km.

2.2 Inrichting

2.2.1 Capaciteit en omvang

De inrichting, waarvoor Urenco Nederland BV vergunning aanvraagt, betreft een verrijkingsfabriek voor de productie van licht verrijkt uranium. Het licht verrijkte uranium wordt gebruikt als brandstof voor kerncentrales. Daarnaast worden op kleinere schaal stabiele (niet-radioactieve) isotopen verrijkt voor medische en industriële doeleinden. Voor zowel het verrijken van uranium isotopen als stabiele isotopen, wordt gebruik gemaakt van geavanceerde ultracentrifuges.

De totale maximale capaciteit voor het verrijken van uranium van Urenco Nederland B.V. is 4.500 tSW/jaar en de maximale verrijkingsgraad bedraagt 5% voor SP4 en 6% voor SP5. Indien verrijking plaatsvindt tot hogere

verrijkingsgraad (maximaal 10%) zullen de benodigde aanpassingen aan de installaties doorgevoerd worden en zullen deze aanpassingen ter goedkeuring aan de Kernfysische dienst (KFD) van het ministerie van VROM worden voorgelegd (zie 6.2.5).

Het voor verrijking in aanmerking komende voedingsmateriaal bestaat in hoofdzaak uit natuurlijk gewonnen uranium. Urenco Nederland B.V. zal tevens niet meer dan 20% van haar jaarcapaciteit aanwenden voor het verwerken van reprocessed materiaal¹.

De vergunningaanvraag betreft een uitbreiding van de verrijkingcapaciteit, de genoemde verrijkingsgraad en de samenstelling van het voedingsmateriaal zijn reeds vergund.

De productiecapaciteit van de inrichting wordt thans gerealiseerd met de verrijkingsfabrieken SP4 en SP5 met de daarbij behorende infrastructuur, die nodig is voor de ondersteuning van de verrijkingsactiviteiten. Verrijkingsfabriek SP4 is in 1981 in bedrijf genomen en wordt niet verder uitgebreid. In 1999 is gestart met de bouw van de eerste module (cascadehal) van verrijkingsfabriek SP5, alwaar in 2000 de eerste cascades met ultracentrifuges in bedrijf zijn genomen. In 2001 is gestart met de tweede module van SP5 en in 2002 met de derde module. Deze eerste drie modules zijn inmiddels volledig in bedrijf. Momenteel worden in module 4 de centrifuges geïnstalleerd. Begin 2007 zal ook module 4 volledig in bedrijf zijn genomen, waarna een verdere capaciteitsuitbreiding gefaseerd zal plaatsvinden in respectievelijk de modules 5, 6 en 7 van SP5, deels ter vervanging van uitvallende capaciteit in SP4. De uitbreiding van SP5 met modules 5 en 6 is reeds vergund.

De in voorgaande beschikkingen vergunde verrijking in SP3 is inmiddels beëindigd. SP3 wordt momenteel ontmanteld en gesloopt. Deze locatie wordt teruggebracht naar "groene weide", in afwachting van de verdere uitbreiding van SP5.

2.2.2 Procesbeschrijving

Uranium bestaat uit een mengsel van isotopen. Natuurlijk uranium bestaat voor 0,711% uit de isotoop U-235, terwijl de rest voornamelijk U-238 is. Het eveneens voor verrijking in aanmerking komend 'reprocessed' uranium, bestaat voor minder dan 1% uit U-235 en verder voornamelijk uit U-238. Dit materiaal kan echter ook sporen van andere isotopen bevatten (zie 2.2.10.1). Ten behoeve van brandstof in nucleaire reactoren is meestal een mengsel van uranium isotopen nodig, waarbij de concentratie van U-235 groter dan 0,711% is. Het scheiden van het uranium isotopenmengsel in een fractie die meer dan 0,711% U-235 bevat en een die minder dan 0,711% U-235 bevat, wordt verrijken genoemd. Het scheiden van isotopenmengsels met behulp van ultracentrifuges is uitsluitend mogelijk, indien uranium zich in de gasfase bevindt. Een geschikte verbinding om uranium vluchtig te krijgen is uraniumhexafluoride (UF_6). Het procesmedium in verrijkingsfabrieken is dan ook UF_6 . Voor de samenstelling van het UF_6 -materiaal gelden internationale ASTM-specificaties als contractuele basis. De controle op deze specificaties geschiedt door monsternamen en certificering. Voor voedingsmateriaal geschiedt dit bij de producent en voor verrijkt materiaal bij Urenco Nederland B.V. Het procesmedium uraniumhexafluoride (UF_6) is verder beschreven in de aanvraag waar dit veiligheidsrapport deel van uitmaakt.

¹ Reprocessed uranium wordt elders teruggewonnen uit gebruikte splijtstofstaven uit kerncentrales.

De primaire systemen in verrijkingsfabrieken zijn de UF₆-systemen. Deze systemen bestaan uit:

- het UF₆-gasvoedingssysteem;
- de cascadesystemen;
- de UF₆-“take-off”- en containervulsystemen.

In het gasvoedingssysteem worden UF₆-containers opgewarmd in voedingsstations met als doel gasvormig UF₆ te produceren dat naar de ultracentrifuges wordt geleid. De ultracentrifuges maken onderdeel uit van de cascadesystemen. In de cascadesystemen ontstaat een in U-235 verrijkte en verarmde gasstroom. Deze beide gasstromen worden met behulp van het UF₆-“take-off”- en containervulstelsel naar containers gevoerd, alwaar het UF₆ in vaste vorm wordt neergeslagen.

Figuur 6 van annex 4 geeft een overzicht van het volledige proces van uraniumverrijking door middel van het ultracentrifugeprocédé. Als onderdeel daarvan geeft figuur 7 van annex 4 het algemene proces weer, zoals dat plaatsvindt binnen verrijkingsfabrieken, die door Urenco Nederland BV worden geëxploiteerd.

2.2.3 Bedrijfsgebouwen

Hieronder volgt een overzicht van de bedrijfsgebouwen met een korte beschrijving van de functie (zie figuur 9, annex 9).

In figuur 4 van annex 4 is een overzicht gegeven van het terrein van de inrichting met daarop de gebouwen en belangrijkste infrastructurele voorzieningen.

- Central Services Building (verder: CSB): in dit gebouw bevinden zich alle ondersteunende activiteiten voor de verrijkingsfabrieken, onder andere analyselaboratorium, containerreiniging, afvalwaterbehandeling en blendingafdeling.
- Container Receipt and Dispatch-gebouw (verder: CRD): in dit gebouw worden onder andere de containers met uraniumhoudend materiaal transportklaar gemaakt als fallback voor het CRDB en er vindt opslag plaats.
- Container Receipt and Dispatch Building (verder: CRDB): in dit gebouw worden containers ontvangen, containers geschikt gemaakt voor vervoer over weg of spoor en er vindt tussenopslag van UF₆ plaats.
- Separation Plant 2 (verder: SP2): in dit gebouw vindt in hoofdzaak decontaminatie plaats. Alle apparatuur die met radioactief materiaal in contact geweest is, wordt hier gereinigd.
- Separation Plant 4 en 5 (verder: SP4 en SP5): in deze gebouwen vindt het feitelijke verrijkingsproces plaats door middel van het ultracentrifugeprocédé.
- Bewakingsloge: hier bevinden zich enkele kantoren en bevindt zich ook de bewakingsdienst, die toegangscontrole uitvoert op personen en goederen.
- Urenco Office Building (verder: UOB): het kantoorgebouw en bedrijfsrestaurant.
- Chemische opslag: opslag gevaarlijke stoffen.
- Stable Isotopes Building (verder: SIB): gebouw waar scheidings- en conversieprocessen plaatsvinden voor de productie van niet-nucleaire stoffen (stabiele isotopen), onder andere door middel van ultracentrifuges.
- Niet nader gespecificeerde kleine bebouwing zoals tijdelijke bouwketen, fietsen- en motorstalling, aardgasinkoopstation, reinwaterkelder, opstallen voor hulpmaterialen en lichte mechanische werkzaamheden.
- Naast bebouwing en permanente opslagplaatsen bevinden zich op het terrein regelmatig (zee)containers voor tussenopslag van aan- en af te voeren materialen zoals in de aanvraag behandeld.

2.2.4 Beschrijving gebouwen en installaties

Deze paragraaf geeft een beknopte beschrijving van de gebouwen en installaties zoals dat bij Urenco Nederland B.V. plaatsvindt. Voor een meer uitvoerige beschrijving wordt verwezen naar de aanvraag waar dit veiligheidsrapport deel van uitmaakt. Omwille van de zelfstandige leesbaarheid van het veiligheidsrapport wordt hier een beschrijving gegeven van de verrijkingsfabrieken, het primaire proces en in de volgende paragraaf enkele, voor het veiligheidsrapport relevante, hulpsystemen.

2.2.4.1 Het gebouwencomplex SP5

Het gebouwencomplex SP5 zal uiteindelijk bestaan uit zeven verrijkingsmodules. Iedere verrijkingsmodule bestaat uit een cascadehal met ultracentrifuges en voorts uit een hoofdgebouw waarin de UF₆-systemen, de elektrische- en hulpsystemen staan opgesteld (zie de figuren 8 en 9 van annex 4). Elke verrijkingsmodule heeft een verrijkingscapaciteit van circa 600-800 tSW/jaar (afhankelijk van toegepast type centrifuges).

Tussen verrijkingsmodules 1 en 3 bevindt zich een centraal gebouw, met de ingang voor personeel, de regelzaal, ruimtes voor elektrische en hulpsystemen en de ruimtes voor centrifugeontvangst en -assemblage. De verrijkingsmodules 5, 6 en 7 sluiten aan bij verrijkingsmodule 2 (zie ook figuur 4 van annex 4).

De verrijkingsmodules

Elke verrijkingsmodule is opgebouwd uit:

- een hoofdgebouw, dat zich aan de kopzijde van een cascadehal bevindt;
- een cascadehal, waar de centrifuges zijn opgesteld.

In het hoofdgebouw staan gescheiden van elkaar opgesteld:

- a. De UF₆-systemen:
 - het UF₆-gasvoedingssysteem;
 - het reinigingssysteem;
 - het containervulstelsel.
- b. De hulpsystemen:
 - de luchtventilatiesystemen voor het hoofdgebouw;
 - het afvalwater opvangstelsel;
 - overige hulpsystemen.
- c. De installaties voor de elektrische energievoorziening:
 - de transformatoren;
 - laagspanningsdistributie;
 - noodstroomaggregaten.

In de cascadehallen bevinden zich de cascadeboxen. In de cascadeboxen staan de ultracentrifuges opgesteld. Tussen de cascade hallen bevinden zich een aantal proces service corridors, zoals aangegeven in figuur 8 van annex 4.

In de proces service corridor bevinden zich:

- de pijpsystemen voor transport voor het procesmedium UF_6 , het koelwater, de instrumentenlucht en het gasvormig stikstof;
- de compressoren van het UF_6 -“take-off”-systeem;
- de dump- en evacuatiesystemen;
- het koelwatersysteem;
- de elektrische installaties voor de centrifugeaandrijving;
- de specifieke technische voorzieningen, zoals elektrische kabeltracés en instrumentatie;
- de luchtventilatiesystemen;
- de afzuig- en luchtreinigingsysteem.

In SP4 is in de mogelijkheid voorzien om in een opstelling het scheidingsgedrag van individuele centrifuges te testen. In de toekomst vindt dit mogelijk ook in SP5 plaats.

Het centraal gebouw

In het centraal gebouw bevinden zich hulpsystemen zoals:

- ruimtes voor heetwatersysteem;
- ruimtes voor stikstofsysteem;
- ruimtes voor instrumentluchtsysteem;
- ruimtes elektrische voorzieningen;
- ruimtes voor afzuig- en ventilatiesystemen;
- ruimtes voor centrifugeontvangst met daarin de assemblage-installaties;
- de ingang voor personeel met sanitaire voorzieningen en kleedruimtes;
- de regelzaal;
- EHBO/brandweerpост.

2.2.4.2 Het gebouwencomplex SP4

Het gebouwencomplex bestaat uit een hoofdgebouw met een loodrecht daarop staande vleugel, centraal gebouw genoemd, en voorts uit cascadehallen die aan weerszijden van het centraal gebouw gesitueerd zijn. In figuur 10 en 11 van annex 4 is een plattegrondtekening van het hier beschreven gebouwencomplex opgenomen.

Het hoofdgebouw

In het hoofdgebouw (het aan de kopzijde van SP4 gesitueerde bouwdeel) staan gescheiden van elkaar opgesteld:

- a. de voeding en “take-off” systemen:
 - het UF_6 -gasvoedingssysteem;
 - het reinigingssysteem;
 - compressoren van het UF_6 -“take-off”-systeem;
 - het containervulsysteem.

- b. de hulpsystemen:
- het stoomsysteem;
 - het heetwatersysteem;
 - het koelwatersysteem;
 - het instrumentenluchtsysteem;
 - het stikstofsysteem;
 - het afzuig- en luchtreinigingsysteem;
 - de luchtventilatiesystemen;
 - het afvalwatersysteem.
- c. de installaties voor de elektrische energievoorziening:
- de transformatoren;
 - het hoog- en laagspanningsdistributiesysteem;
 - de noodstroominstallaties.

Het centraal gebouw

Het centraal gebouw (het bouwdeel dat zich tussen de aan weerszijde gesitueerde cascadehallen bevindt) bestaat uit vier secties. Elke sectie heeft verbinding met twee cascadehallen.

In het centraal gebouw bevinden zich:

- de compressoren van het UF₆-“take-off”-systeem;
- de warmtewisselaars voor het centrifugekoelwatersysteem;
- de verwarmings-, ventilatie- en koelsystemen;
- de elektrische installaties voor de centrifugeaandrijving;
- de kabel- en pijpleidingtracés;
- de additionele hulpsystemen.

De cascadehallen

SP4 bestaat uit acht cascadehallen. In elke afzonderlijke cascadehal zijn de navolgende installaties opgesteld:

- de in cascades opgestelde ultracentrifuges;
- de bijbehorende pijpsystemen voor transport van het procesmedium (UF₆) en het koelwater;
- de specifieke technische voorzieningen, zoals elektrische aandrijving en instrumentatie;
- de luchtventilatiekanalen.

2.2.4.3 kenmerkende systemen

In de navolgende paragraaf worden de kenmerkende systemen beschreven van de verrijkingsfabrieken. Bij de opbouw van SP5 zijn en worden (hulp)systemen toegepast van nieuwste generaties. Derhalve wordt, voor zover een in SP4 aanwezig systeem afwijkt van een systeem in SP5, eerst het systeem in SP5 beschreven en achtereenvolgens het in SP4 toegepaste, vergelijkbare systeem.

De UF₆-systemen

Kenmerkend voor een uraniumverrijkingsfabriek zijn de UF₆-systemen. Deze systemen kunnen worden onderscheiden in:

- het UF₆-gasvoedingssysteem;
- het UF₆-“take-off”- en containervulsysteem;
- het cascadesysteem (met ultracentrifuges).

Het UF₆-gasvoedingssysteem

Om het verrijkingsproces te kunnen laten plaatsvinden moeten de in de cascadehallen opgestelde ultracentrifuges gevoed worden met UF₆-gas. De opwekking van de benodigde UF₆-gasstroom geschiedt door middel van verdamping vanuit de vaste (SP5) of vloeibare (SP4) fase. Daartoe wordt gebruik gemaakt van specifiek hiervoor opgestelde gasvoedingsstations.

SP5

De voedingsstations zijn uitgevoerd als opwarmboxen, waarin UF₆-containers met voedingsmateriaal kunnen worden geplaatst, aangesloten en verwarmd met door middel van elektrisch verwarmde lucht. De verwarming wordt zodanig begrensd dat de UF₆-inhoud van de container in de vaste fase blijft en de UF₆-druk steeds beneden-atmosferisch. Het gasvoedingssysteem van een verrijkingsmodule bestaat uit vijf tot acht voedingsstations en één of twee reinigingvulstations.

Voor en na het opwarmen van de containerinhoud wordt het UF₆ met behulp van meetapparatuur op de aanwezigheid van lichtgassen² gecontroleerd en zonodig van lichtgasbestanddelen ontdaan door afgassen naar het lichtgasreinigingssysteem. Alvorens de UF₆-gasvoedingsstroom naar de cascades wordt geleid passeert het UF₆-gas een drukreducerstation, waarbij de gasdruk tot circa 70 mbar wordt verlaagd, waarna het UF₆-gas via leidingsystemen in hoofdgebouw en de proces service corridor de cascades bereikt.

SP4 heeft een systeem, waarbij de inhoud van een container direct vanuit het voedingsstation kan worden overgebracht naar een andere container in het vulstation. In de toekomst is voorzien dit systeem ook in SP5 aan te brengen.

Een schematische weergave van het UF₆-voedingssysteem voor SP5 is gegeven in figuur 23 van annex 4.

SP4

De gasvoedingsstations bestaan uit autoclaven en drukreducerstations en twee reinigingvulstations. De autoclaven zijn uitgevoerd als hermetisch afsluitbare systemen, waarin UF₆-containers met voedingsmateriaal kunnen worden geplaatst, aangesloten en verwarmd met door met stoom elektrisch verwarmde lucht.

In een autoclaaf wordt een UF₆-container geplaatst, die met lucht verwarmd wordt tot circa 80°C. De vaste UF₆-inhoud van de container gaat dan over in de vloeibare fase. Hierbij stelt zich in de container een geringe overdruk in. Voor en na het opwarmen van de containerinhoud wordt het UF₆ met behulp van meetapparatuur op de aanwezigheid van lichtgassen gecontroleerd en zonodig van lichtgasbestanddelen ontdaan door afgassen naar het lichtgasreinigingssysteem.

Alvorens de UF₆-gasvoedingsstroom naar de cascades wordt geleid, passeert het UF₆-gas een drukreducerstation, waarbij de gasdruk naar circa 70 mbar wordt verlaagd, waarna het UF₆-gas via leidingsystemen in het centraal gebouw de cascades bereikt. De drukreducerstations van autoclaaf 1 tot en met 8 staan opgesteld in de drukreducerruimte. De drukreducering bij de autoclaven 9 en 10 vindt reeds in de autoclaaf zelf plaats.

Met behulp van één van de autoclaven kan ook de gehele inhoud van een container direct overgebracht worden naar een container in een vulstation.

Een schematische weergave van het UF₆ voedingssysteem voor SP4 is gegeven in figuur 24 van annex 4.

² Lichtgassen zijn gassen die zich bevinden in een container met UF₆ in de ruimte boven het UF₆. Deze gassen bestaan hoofdzakelijk uit HF, stikstof, radon en helium.

Het UF₆- "take-off"- en containervulstelsysteem

Het als voeding naar de cascades geleide UF₆-gas wordt bij het doorlopen van het verrijgingsproces gesplitst in twee afzonderlijke gasstromen, te weten:

- een verrijkte gasstroom : product (zie figuur 25 van annex 4)
- een verarmde gasstroom : tails (zie figuur 26 van annex 4)

Het opvangen van de beide gasstromen uit de cascades geschiedt met de UF₆- "take-off"-systemen. De UF₆- "take-off"-systemen bevatten compressoren, die zorgen voor een constante gasstroom van de cascades naar de containers in de vulstations in het hoofdgebouw, alwaar het UF₆-gas in de containers overgaat van de gasfase naar de vaste fase. De containers worden met lucht of water gekoeld. De druk van het UF₆-gas, dat van de cascades naar de containers stroomt, is steeds beneden-atmosferisch.

De productcontainers worden op de aanwezigheid van lichtgassen gecontroleerd en zonodig van lichtgasbestanddelen ontdaan door afgassen naar het lichtgasreinigingssysteem.

Het cascadesysteem

Door ultracentrifuges onderling door middel van een pijpsysteem parallel te verbinden (trappen) en vervolgens deze trappen in serie te schakelen, ontstaat een cascade die geschikt is voor het verrijken van uranium. Zie ook figuur 2 van annex 4.

Een ultracentrifuge kan worden gekarakteriseerd als een trommel, geplaatst in een geëvacueerde mantel. Met behulp van elektrische aandrijving wordt de trommel in snelle rotatie gehouden. Bij toevoer van gasvormig UF₆ aan de ultracentrifuges treedt, ten gevolge van het verschil in massa's van de uraniumisotopen, onder invloed van het centrifugaal veld, alsook door thermische effecten in de ultracentrifuge, een gedeeltelijke ontmenging van het gas op.

Na het doorlopen van de cascades is de toegevoerde gasstroom gesplitst in twee fracties, te weten: één waarin ten opzichte van het voedingsmateriaal een verhoogde concentratie van het U-235 isotoop voorkomt (product) en één waarin een verlaagde concentratie van het U-235 isotoop voorkomt (tails).

Het gehele verrijgingsproces vindt plaats bij een druk, die beduidend lager ligt dan de atmosferische. Bij de in de cascades optredende temperatuur en druk kan het UF₆ zich alleen in de gasfase bevinden.

In geval van uitval van de elektrische energievoorzieningen worden de gasvoedingsafsluiters naar de cascades gesloten en wordt het UF₆ gas uit de cascades verwijderd door de product- en tails take-off systemen. Na ongeveer een uur wordt de laatste hoeveelheid UF₆ uit de cascades verwijderd door het evacuatiesysteem. Hierbij wordt het gas door een koudeval of actief-koolfilter geleid, onder zeer lage druk. Door middel van vacuümpompen worden lichtgassen, die in de koudeval of actief-koolfilters achterblijven, afgevoerd naar het lichtgasreinigingssysteem.

In figuur 7 van annex 4 wordt een schema gegeven van het verrijgingsproces in de verrijgingsfabrieken.

2.2.5 Hulpsystemen en -processen

2.2.5.1 De ventilatiesystemen

De ventilatiesystemen verzorgen de vereiste klimaatcondities, die gewenst zijn voor het proces en/of in het kader van arbeidsomstandigheden.

SP5

In SP5 zijn de volgende, van elkaar gescheiden ventilatiesystemen aanwezig:

- ventilatiesysteem voedings- en "take-off"-ruimtes;
- ventilatiesysteem ruimtes voor hulpsystemen;
- ventilatiesysteem elektrische ruimtes;
- ventilatiesystemen cascadehallen en proces service corridor ;
- ventilatiesysteem regelzaal;
- ventilatiesysteem centrifugeassemblage;
- ventilatiesysteem centrale sluis.

De verwarming van ventilatielucht geschiedt door het heetwatersysteem; de koeling geschiedt door middel van decentrale units ter plaatse.

Afhankelijk van de warmtebehoefte van de voedings- en "take-off"-ruimtes wordt de afvoerlucht van deze ruimte afgevoerd of gerecirculeerd.

SP4

In SP4 zijn de volgende, van elkaar gescheiden ventilatiesystemen aanwezig:

- ventilatiesysteem voedings- en "take-off"-ruimtes en drukreducerruimte;
- ventilatiesysteem ruimte voor hulpsystemen en ketelhuis;
- ventilatiesysteem elektrische ruimtes;
- ventilatiesysteem voormalige regel- en controlekamer;
- overige ventilatiesystemen hoofdgebouw;
- ventilatiesystemen centraal gebouw;
- ventilatiesystemen cascadehallen.

Daar waar doorvoeren zijn aangebracht door de brandwerende scheidingen, hebben de doorvoeren hetzelfde brandwerende vermogen als de scheiding. Waar ventilatiesystemen door een brandwerende scheiding lopen, zijn deze voorzien van automatisch werkende brandkleppen.

Het ventilatiesysteem van de voedings- en "take-off"-ruimtes en drukreducerruimte is samengesteld uit een apart systeem voor de voedings- en "take-off"-ruimtes en een apart systeem voor de drukreducerruimte. Deze twee systemen hebben een gezamenlijke toevoer voor beide ruimtes, maar de afzuiging van de ruimtes vindt gescheiden plaats.

Afhankelijk van de warmtebehoefte van de voedings- en "take-off"-ruimtes wordt de afvoerlucht van deze ruimtes afgevoerd of gerecirculeerd.

De afvoerlucht van de drukreducerruimte en de voedings- en "take-off"-ruimtes wordt continu gecontroleerd op contaminatie, alvorens naar buiten te worden afgevoerd.

Wanneer een UF₆-lekage plaatsvindt, zal de ventilatie van de drukreducerruimte door de detectieapparatuur automatisch worden omgeschakeld en de afvoerlucht zal via de luchtreinigingsinstallatie worden geleid; deze

omschakeling is ook met de hand uitvoerbaar. Indien de concentratie verder oploopt, worden automatisch de UF_6 -afsluiters gesloten, zodat er geen toevoer van UF_6 meer plaatsvindt.

Om in geval van contaminatie verspreiding naar andere ruimtes te voorkomen, wordt er in de drukreducerruimte voortdurend een lichte onderdruk gehandhaafd.

Wanneer de ventilatie omgeschakeld is op luchtreinigingsbedrijf wordt de toevoerlucht naar de drukreducerruimte afgesloten, waardoor de onderdruk in de ruimte wordt versterkt.

De (stand-by) luchtreinigingsinstallatie in SP4 bestaat uit een filtersysteem, bestaande uit een voorfilter en een absoluutfilter ten behoeve van aerosolen (UO_2F_2) en een koolfilter ten behoeve van HF. De totale efficiency van voor- en absoluutfilters bedraagt daarmee 99,9% voor UO_2F_2 . De koolfilters hebben een efficiency van > 99,5% voor HF.

De monitoren van de luchtreinigingsinstallaties zijn continu in bedrijf. Daarnaast wordt de werking van de luchtreinigingsinstallatie op regelmatige tijden gecontroleerd. Tenminste jaarlijks wordt door een gecertificeerde instantie een test uitgevoerd.

Een vergelijkbaar ventilatiesysteem is aanwezig voor de "gebied 1" ruimtes (zie 6.2.1) in het CSB en SP2 (zie figuur 29 en 30 van annex 4).

2.2.5.2 Het afzuigstelsel

Om eventueel vrijkomende dampen bij het demonteren van flensverbindingen, containeraansluitingen en apparatuur op te kunnen vangen, alsmede om de uitlaatlucht van vacuumpompen af te kunnen voeren, is een afzuigstelsel aanwezig.

Het afzuigstelsel voert de afgezogen lucht naar een continu werkend luchtreinigingssysteem, dat bestaat uit een filtersysteem dat is opgebouwd uit een voorfilter en een absoluutfilter ten behoeve van aerosolen (UO_2F_2) en een actief koolfilter ten behoeve van HF. De totale efficiency van voor- en absoluutfilters bedraagt daarmee > 99,9% voor UO_2F_2 . De koolfilters hebben een efficiency van > 99,5% voor HF. De uitlaat van het afzuigstelsel wordt gecontroleerd op doorslag door middel van een activiteitsmonitor.

Ingeval van overschrijding van een ingestelde waarde wordt de lucht voor het afzuigstelsel via het stand-by filtersysteem (SP5) of de luchtreinigingsinstallatie (SP4) geleid. Voor het opvangen van eventueel uit vacuumpompen meegevoerde oliedampen is een elektrostatisch filter voorgeschakeld.

De monitoren van de luchtreinigingsinstallaties zijn continu in bedrijf. Daarnaast wordt de werking van de luchtreinigingsinstallatie op regelmatige tijden gecontroleerd. Tenminste jaarlijks wordt door een gecertificeerde instantie een test uitgevoerd.

SP5 heeft afzuigsystemen, met filtersystemen die parallel staan. Het ene filtersysteem is in bedrijf, terwijl het andere stand-by staat.

In de afvoerkanalen van de verrijkingsfabrieken bevinden zich de monsternamapunten van monitor-systemen, die zowel HF als activiteit meten en registreren.

Het afzuigsysteem zoals toegepast in SP2 is vergelijkbaar met het systeem zoals toegepast in SP5.

Een schematische weergave van het afzuigsysteem van SP5 en SP2 is gegeven in figuur 30 van annex 4.

Voor SP4 en het CSB wordt verwezen naar de eerder genoemde figuur 29 van deze annex.

2.2.5.3 UF₆-blendingsysteem

In het blandingstation wordt UF₆-materiaal op specificatie gebracht door het samenvoegen ("blenden") van UF₆ met verschillende verrijkingsgraden. Hiertoe worden containers vanuit de productopslag via het weegstation in het blandingstation gebracht en met een speciaal railvoertuig in de hiertoe opgestelde voedingsstations geplaatst. In deze voedingsstations, die zijn uitgevoerd als autoclaven, worden de containers opgewarmd. In de autoclaven vindt drukreductie plaats tot beneden-atmosferische druk, waarna het UF₆ via pijpleidingen de autoclaaf verlaat naar de containervulstations. In de containervulstations staan containers opgesteld, die met lucht gekoeld worden.

Ten gevolge van de koeling desublimeert het aangevoerde gasvormige UF₆. Wanneer de juiste hoeveelheden zijn samengevoegd, worden de containers afgekoppeld van het vulstation en in de zogenaamde homogeniseringsautoclaven geplaatst (zie volgende paragraaf).

De containervulstations zijn uitgevoerd als koelboxen voor 30"- en 48"-containers. In het blandingstation is een evacuatiesysteem beschikbaar, waarmee ten behoeve van het afkoppelen van containers, UF₆-leidingen geëvacueerd kunnen worden. Het evacuatiesysteem bestaat uit koudevallen en vacuÛmpompen.

2.2.5.4 UF₆ homogenisatie- en monsternamen

Elke container met licht verrijkt UF₆ dient voor uitlevering te worden geanalyseerd op isotoop- en chemische samenstelling. Omdat productcontainers, bijvoorbeeld door blanding, niet voortdurend gevuld worden met UF₆ van dezelfde isotoopsamenstelling, dient de inhoud homogeen gemaakt te worden voordat wordt overgegaan tot monsternamen. Daartoe worden in de homogeniseringsautoclaven de containers verwarmd, zodat de inhoud vloeibaar en homogeen wordt. Daarna wordt een aantal monsterampullen gevuld ten behoeve van analyse van het UF₆. De homogeniseringsautoclaven zijn zo geconstrueerd dat alle handelingen, waarbij het productmateriaal zich in de vloeistoffase bevindt, kunnen worden uitgevoerd in gesloten toestand. Na het nemen van deze vloeibare monsters worden de containers afgekoeld en als het productmateriaal zich in de vaste fase bevindt, worden de containers via het weegstation naar de productopslag getransporteerd. Voor het verkrijgen van de vereiste kwaliteit van de monsters is het alleen mogelijk in vloeibare vorm te homogeniseren.

Het proces van zowel blanding als homogenisatie is schematisch weergegeven in figuur 38 van annex 4.

2.2.5.5 Containerreiniging

Het proces van containerreiniging wordt uitgevoerd overeenkomstig de ANSI 14.1-2001, *American National Standards Institute; Uranium Hexafluoride Packaging for Transport*.

UF₆-containers moeten gereinigd worden, wanneer de resthoeveelheid in de container (de zogenaamde "heel") een maximum waarde overschrijdt of wanneer een herkeuring noodzakelijk is. Daartoe worden de containers in de reinigingsopstelling geplaatst en wordt er gespoeld met een gelimiteerde hoeveelheid spoelwater. Het spoelwater wordt afgevoerd naar separate opslagtanks, die staan opgesteld in de tussenopslag.

De spoelgangen worden uitgevoerd met water, waaraan chemicaliën zijn toegevoegd. Na de laatste spoelgang wordt op hoeveelheid uranium gecontroleerd en kan de keuring van de container plaatsvinden. Na de keuring wordt de container gedroogd en verder voorbereid voor gebruik in de fabrieken. Bij deze voorbereiding wordt een druktest uitgevoerd. Na evacuatie wordt de container dan via het weegstation afgevoerd.

Spoelwater vanuit de containerreiniging wordt in eerste instantie opgevangen in geometrisch veilige tanks. Hier wordt, na monsternamen en analyse op hoeveelheid aanwezig uranium, eventueel verarmd $U_3O_8^3$ bijgemengd (zie verder de paragraaf 2.2.8). Daarna wordt het spoelwater, eventueel via tussenopslag, verder verwerkt in het uraniumneerslagsysteem. Daar worden uraniumverbindingen uit het spoelwater neergeslagen met behulp van chemicaliën. Het water van dit proces wordt naar de radioactief afvalwaterbehandeling gevoerd.

Het neergeslagen materiaal, natriumdiuranaat (NaDU) wordt afgefilterd, gedroogd en in geëigende vaten gereed gemaakt voor transport naar COVRA.

Het processchema voor de spoelvoestofverwerking van containerreiniging is weergegeven in figuur 39 van annex 4.

2.2.5.6 De radioactief-afvalwateropslag en -behandeling

Water vanuit de containerreiniging, decontaminatieprocessen en ander radioactief gecontamineerd afvalwater, gaat naar de afvalwateropslagtanks (tussenopslag) in het CSB. Dit gecontamineerd water gaat vanuit de afvalwateropslagtanks naar de indampers. Het destillaat van de indampinstallaties wordt na controle op activiteit geloosd op het gemeentelijk riool. Van elke lozing vindt registratie plaats van hoeveelheid water en radioactiviteit.

Het concentraat uit de indampinstallaties wordt naar een concentraatopslagvat gepompt. De verdere behandeling van het concentraat wordt in de hierna volgende paragraaf beschreven. Eventueel zal in het gebouw SP2 en in de toekomst SP4 ook een afvalwaterbehandelinginstallatie geïnstalleerd worden.

Figuur 41 van annex 4 geeft het processchema van de radioactief afvalwaterbehandeling.

2.2.5.7 Vast radioactief-afvalbehandeling

Het vast radioactief afval dat vrijkomt bij de radioactief afvalwaterbehandeling (vanuit de drogers) wordt afgevoerd naar de COVRA. Het destillaat van het droogproces wordt naar de opslagtanks voor gecontamineerd water afgevoerd.

Vast afval, dat ontstaat in de verrijkingsfabrieken en in de decontaminatieinrichtingen, wordt gescheiden ingezameld als "mogelijk gecontamineerd" en "gecontamineerd" (afvalscheiding aan de bron). Alle vaste afval wordt op activiteit gecontroleerd in een speciaal daarvoor bestemde meetinrichting. Afval beneden de vrijgavegrens wordt als normaal bedrijfsafval afgevoerd. Gecontamineerd afval wordt in vaten verzameld en gereed gemaakt voor afvoer naar de COVRA.

In figuur 42 van annex 4 is het processchema weergegeven van de verwerking van vast radioactief afval

2.2.5.8 Behandeling gecontamineerde olie

Olie, die in vacuümpompen is gebruikt, kan gecontamineerd zijn met uranium. Indien de hoeveelheid uranium boven de vrijgavegrens ligt, wordt dit uit de olie verwijderd door middel van extractie met verdund salpeterzuur, waarbij het uranium in waterige oplossing gaat. Deze waterige oplossing wordt naar de radioactief afvalwaterbehandeling gevoerd. De aldus behandelde olie is, na neutralisatie en controle op activiteit, geschikt om als normale afgewerkte olie afgegeven te worden aan een daartoe erkend inzamelaar. Ook kan uranium wordt verwijderd door de olie door een filter te leiden. Het uranium wordt in het filter opgevangen en wordt als radioactief afval afgevoerd.

Daarnaast kan gecontamineerde olie ook rechtstreeks afgevoerd worden naar de COVRA.

³ U-235 concentratie minder dan 0,7%

2.2.5.9 Decontaminatievoorzieningen

Het basisschema voor de decontaminatie is weergegeven op figuur 43. van annex 4,

De volgende activiteiten zijn te onderscheiden:

- decontaminatie van procesapparatuur en componenten : SP2/SP4
- decontaminatie na uitbedrijfname : SP2/SP4

Decontaminatie van procesapparatuur en componenten

Procesapparatuur en componenten worden voor onderhoud aangeboden in SP2 en in de toekomst in SP4, waarbij decontaminatie onderdeel is van het onderhoudsproces. Het betreft onder meer:

- vacuümpompen en UF₆-compressoren;
- koudevallen en monsternam-ampullen;
- filters, leidingen en appendages;
- afsluiters;
- instrumentatie.

Voordat decontaminatie van deze apparatuur c.q. componenten plaats kan vinden, zijn deze UF₆ vrij gemaakt.

Waar nodig vindt eerst demontage plaats tot op componentenniveau.

Voor de decontaminatie worden twee verschillende technieken c.q. methodes toegepast, te weten:

- het nat-chemisch reinigen met behulp van citroen- en/of salpeterzuur;
- het abrasief reinigen met behulp van grit-, glaspapel- en/of CO₂-stralen.

Na het decontamineren worden de componenten gedroogd en gecontroleerd op radioactiviteit. Vervolgens worden de componenten afgevoerd naar werkplaatsen en magazijnen voor reparatie, montage, testen en uiteindelijk hergebruik.

Het gecontamineerde afvalwater in de diverse reinigingsprocessen wordt periodiek gecontroleerd op hoeveelheid uranium en verrijkingsgraad. Indien noodzakelijk wordt hieraan in oplossing gebracht verarmd U₃O₈ toegevoegd. Na controle op de samenstelling wordt de inhoud overgepompt in mobiele transporttanks, die vervolgens naar de radioactief-afvalwaterbehandeling in het CSB worden getransporteerd.

Decontaminatie na uitbedrijfname (decommissioning)

Gedemonteerde installatiedelen die ter decontaminatie worden aangeboden, zijn onder meer:

- centrifuges;
- leidingen, appendages, afsluiters en filters;
- pompen;
- delen van ventilatiesystemen.

Decontaminatie vindt zowel bij Urenco Nederland B.V. als ook bij derden plaats. De ruimte waar decontaminatiewerkzaamheden worden verricht, bevindt zich in SP2 en in de toekomst ook in SP4.

Grotere installatiedelen en componenten worden eerst gedemonteerd teneinde het scheiden van materialen en/of verkleining te bewerkstelligen. Indien decontaminatie extern plaatsvindt, worden deze installatiedelen of componenten gereed gemaakt voor transport.

Voor de decontaminatie worden twee verschillende technieken c.q. methodes toegepast, te weten:

- het nat-chemisch reinigen met behulp van citroen- en/of salpeterzuur;
- het abrasief reinigen met behulp van grit-, glaspapel- en/of CO₂-stralen;
- extern smelten.

Na het decontamineren worden de componenten gedroogd en gecontroleerd op radioactiviteit. Vervolgens worden de componenten afgevoerd naar externe verwerkingsbedrijven (recycling, COVRA).

Het gecontamineerde afvalwater in de diverse reinigingsprocessen wordt periodiek gecontroleerd op hoeveelheid uranium en verrijkinggraad. Indien noodzakelijk wordt hieraan in oplossing gebracht verarmd U_3O_8 toegevoegd. Na controle op de samenstelling wordt de inhoud overgepompt in mobiele transporttanks, die vervolgens naar de radioactief-afvalwaterbehandeling getransporteerd.

2.2.5.10 Overige hulpsystemen

Overige hulpsystemen die van belang zijn voor het verrijkingsproces zijn onder andere het elektrische energievoorziening, stoomsysteem, heetwatersysteem, koelwatersysteem, stikstofsysteem en persluchtsysteem. Voor de beschrijving van deze systemen wordt verwezen naar de tekst van de aanvraag.

2.2.6 Bronnen en toestellen

In de inrichting wordt op een aantal plaatsen en voor verschillende doeleinden gebruik gemaakt van radioactieve bronnen en röntgentoestellen. Het betreft hier ingekapselde bronnen en open bronnen (vloeistoffen). Voor de ingekapselde bronnen wordt hieronder per toepassingsgebied de maximale activiteit aangegeven. Deze waarden komen overeen met die welke reeds zijn vergund.

toepassingsgebied	Maximale activiteit in Bq
Oppervlakte kalibratie	5×10^5
analyses	3×10^9
Kalibratie dosimeters	10^6

Het totaal aantal ingekapselde bronnen heeft een radiotoxiciteitsequivalent van maximaal 2,5 Re, uitgaande van volledige ingestie.

Voor de kalibratie van de gammaspectrometrie worden radioactieve vloeistoffen gebruikt met een maximale activiteit van 4×10^7 Bq. Met betrekking tot de nuclidensamenstelling betekent dit een totale radiotoxiciteit van maximaal 0,5 Re.

Voor montagewerkzaamheden zijn maximaal drie röntgentoestellen met een maximale buisspanning van 200 kV in gebruik.

De maximale hoeveelheden open- en ingekapselde bronnen zijn gelijk aan hetgeen nu vergund is. Thans zijn 2 röntgentoestellen vergund. In deze aanvraag worden 3 röntgentoestellen aangevraagd.

De radioactieve bronnen worden gebruikt voor kalibraties, niveaumetingen en in analyseapparatuur in het laboratorium en de waterbehandeling. In SP4 worden bronnen toegepast voor verrijkinggraadmetingen en in SP5 wordt röntgenapparatuur gebruikt bij montagewerkzaamheden. De bronnen en röntgentoestellen zijn zo uitgevoerd dat het dosistempo op 10 cm van de bron niet meer bedraagt dan $1 \mu\text{Sv/uur}$. Omdat de bronnen en toestellen zich op afstanden van 120 tot 250 meter van de terreingrens bevinden, is de dosis als gevolg van een bron of toestel aan de terreingrens maximaal $0,05 \mu\text{Sv/jaar}$. In praktijk zullen de doses nog minstens een factor 10 lager zijn wanneer de werkelijke bedrijfstijd en de afscherming door de gebouwen wordt meegenomen. Verder zijn de toestellen volledig afgeschermd en is het niet mogelijk tijdens het in werking zijn van de toestellen binnen de afscherming te komen. Het dosistempo buiten de afscherming bedraagt niet meer dan $1 \mu\text{Sv/uur}$.

De open bronnen betreffen oplossingen in vloeistof waarvan het jaarlijks verbruik zeer gering is. De maximaal aanwezige hoeveelheid open bronnen is minder dan de vrijgavegrens zoals aangegeven in het Besluit stralingsbescherming. Het jaarverbruik ligt in de orde van 10% van de voorraad. Open bronnen worden alleen gebruikt in de laboratoria in het CSB, een gebied waar het afvalwater wordt opgevangen, bemonsterd en geanalyseerd, waarna het wordt geloosd als de activiteit voor alpha kleiner is dan 100 kBq/m^3 en voor

bèta/gamma kleiner dan 1.000 kBq/m^3 . De mogelijke besmetting voor leden van de bevolking is dientengevolge zeer gering en ligt ver onder het secundair niveau.

2.2.7 Verrijking stabiele isotopen

Urenco Nederland B.V. heeft de techniek ontwikkeld om ultracentrifuges te gebruiken voor de productie van niet-radioactieve isotopen (zogenaamde stabiele isotopen). Deze stabiele isotopen worden gebruikt voor de volgende doeleinden:

- als grondstof voor de productie van radio-isotopen voor medische en industriële doeleinden;
- als niet-activerende stoffen voor gebruik in met name kerncentrales.

De productie van stabiele isotopen bestaat uit het scheiden van stabiele, niet-radioactieve isotopen met behulp van ultracentrifuges. Voor een aantal isotopen die niet in de vorm van het procesmedium worden aangeleverd, dan wel een andere chemische samenstelling vereisen voordat ze aan klanten worden uitgeleverd, wordt een chemische conversie uitgevoerd. De omvang van deze conversie is beperkt en gebeurt overwegend in een chemisch laboratorium. Voor de conversie van diethylzink naar zinkoxide is een permanente installatie in gebruik. De productie van stabiele isotopen wordt uitgevoerd in het Stable Isotopes Building (SIB).

In figuur 36 van annex 4 is het proces van verrijking/verarming van diethylzink schematisch weergegeven. In vereenvoudigde vorm is dit proces eveneens van toepassing voor ander stabiele isotopen.

2.2.8 Wijzigingen van de inrichting

De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de vigerende vergunning zijn:

- verhoging van verrijkingscapaciteit van de inrichting naar 4500 tSW/jaar, uitbreiding verrijkingsfabriek SP5 naar 7 hallen;
- verhoging opslagcapaciteit van feed en product;
- spoor aansluiting met laad-/losplaats;
- verwerken van verarmd U_3O_8 bij de radioactief (afval)waterbehandeling.

Verhoging van verrijkingscapaciteit naar 4500 tSW/jaar

De verrijkingsfabriek SP5 wordt opgebouwd uit naast elkaar geplaatste verrijkingmodules (productiehallen). Elke module bestaat uit een cascadehal, ruimtes voor elektrische voorzieningen en ventilatiesystemen en een ruimte voor de UF_6 systemen. Elke module is in feite een op zichzelf staande verrijkingsfabriek. Alleen de container aan- en afvoer en enkele centrale hulpsystemen zijn gemeenschappelijk en ondergebracht in een centrale sluis. De regelzaal voor de totale SP5 is gesitueerd op de verdieping boven deze ruimte. Vanuit de regelzaal SP5 vindt ook de besturing van de verrijkingsfabriek SP4 plaats. De verhoging van de capaciteit van de inrichting geschiedt door het bijbouwen van een additionele module (hal 7) aan de SP5.

Mede in verband met de vergroting van de verrijkingcapaciteit en het uit bedrijf nemen van capaciteit zijn enkele aanpassingen van de infrastructuur onderdeel van de voorgenomen wijziging.

In het CSB wordt een beperkte herverdeling van de activiteiten over de diverse ruimten doorgevoerd. Verder zal op termijn de energievoorziening en enkele hulpsystemen voor het CSB vanuit SP4 in het CSB zelf worden ondergebracht.

Verhoging opslagcapaciteit van voedings- en productmateriaal

De maximum voorraad verrijkt materiaal wordt met 500 ton verhoogd en zal 2.000 ton UF_6 bedragen.

De voorraad aan voedingsmateriaal is afhankelijk van de toelevering door klanten. Na realisatie van de voorgenomen wijziging wordt de opslagcapaciteit verhoogd met 3.500 ton en kan maximaal 10.000 ton UF_6 worden opgeslagen.

Voor voedingsmateriaal met max. 1% U-235 en verarmd materiaal zijn thans een tweetal buitenopslagplaatsen beschikbaar. Andere locaties voor buitenopslagplaatsen zijn niet voorzien. In het nieuwe CRDB vindt tussenopslag plaats. Verrijkt materiaal wordt binnen de gebouwen opgeslagen.

In figuur 5 van annex 4 is een plattegrond van de inrichting gegeven waarop de opslagplaatsen zijn aangegeven.

Spooraansluiting met laad-/losplaats

Het voornemen bestaat een aansluiting te realiseren voor het vervoer van containers over het spoor. Hiertoe wordt een aftakking van de bestaande spoorlijn aangelegd die doorloopt tot op het terrein van de inrichting. In het CRDB-gebouw vinden werkzaamheden plaats die verband houden met het laden en lossen van de wagons en vrachtwagens.

Voor het vertrek en aankomst van treinen wordt rekening gehouden met het rijden van een diesellocomotief van derden op het terrein. Voor het laden van wagons en het samenstellen van de trein wordt een shunter gebruikt van Urenco Nederland B.V.

Wanneer transport over het spoor plaatsvindt, zal dit een deel van het vervoer per vrachtwagen (met name de afvoer van tails) vervangen en zal het totaal aantal verkeersbewegingen per vrachtwagen dalen.

Wanneer de spooraansluiting niet gerealiseerd wordt, zal het aantal vrachtwagenbewegingen verhoudingsgewijs met het uitbreiden van de productiecapaciteit toenemen.

Door aan- en afvoer van UF_6 containers per spoor zal geen andere situatie ontstaan ten aanzien van de externe veiligheid ten opzichte van afvoer per vrachtwagen.

Het laad- en losproces wordt overeenkomstig dat van vrachtwagens uitgevoerd. Ook zal er geen wijziging optreden ten aanzien van de straling aan de terreingrens. Treinen worden geladen tussen het grote opslagterrein en de bedrijfsbebouwing in, waardoor dit geen invloed zal hebben op de thans waarneembare stralingsdosis.

Vanwege de zeer lage snelheid waarmee te treinen op het bedrijfsterrein rangeren is het uitgesloten dat hier een ongeval optreedt welke zal leiden tot vrijzetting van UF_6 .

De veiligheidsaspecten zijn voor wat betreft het vervoer van UF_6 per spoor op het terrein van de inrichting dan ook gelijkgesteld aan het vervoer per vrachtwagen (behoudens daar waar dit specifiek is aangegeven).

Verwerken van verarmd U_3O_8 bij de radioactief (afval)waterbehandeling

In het CSB wordt een installatie gebouwd waarmee verarmd uranium in de vorm van verarmd U_3O_8 (poeder) in oplossing wordt gebracht. Deze uraniumoplossing kan zo gemengd worden met andere waterige uraniumoplossingen, die ontstaan in het container reinigingsproces, de decontaminatie-processen, de zuurkasten van het laboratorium (CHA) en de opvang van proceswater in het CSB. Dit zogenaamde downblenden met U_3O_8 -oplossing is onderdeel van de maatregelen ten aanzien van beheersing van criticiteit en dient om de verrijkingsgraad onder de 1% te houden.

De installatie bestaat uit een tweetal doseersystemen van waaruit een HNO_3 mengsel en het U_3O_8 (poeder) toegevoegd kunnen worden aan een mengvat. In dit mengvat wordt een waterig U_3O_8 -mengsel op specificatie gebracht. Vanuit dit vat kan de oplossing geïnjecteerd worden in:

1. de geometrisch veilige opvangsystemen van de containerreiniging;
2. de geometrisch veilige opvangsystemen in de radioactief afvalwaterbehandeling.

Daarnaast is het mogelijk om het waterige U_3O_8 af te tappen in een mobiele doseerunit. Deze unit wordt elders gebruikt om andere waterige uraniumoplossingen te downblenden.

Het U_3O_8 in poedervorm wordt van elders naar de inrichting aangevoerd. Er zal maximaal 7500 kg verarmd U_3O_8 per jaar worden verwerkt.

Het processchema van het werken met U_3O_8 is weergegeven in figuur 41 van annex 4.

2.2.9 Uitbedrijfname en Decommissioning

De verrijkingsinstallaties zijn ontworpen voor continubedrijf. De levensduur van een verrijkingsfabriek wordt primair bepaald door de levensduur van de ultracentrifuges; de huidige generatie ultracentrifuges heeft een levensduur van tenminste 15 jaar. Een verrijkingsfabriek wordt over een aantal jaren opgebouwd en volgebouwd met ultracentrifuges. Dit houdt in dat de eerste cascades in een fabriek substantieel eerder (jaren) in bedrijf worden genomen dan de laatste cascades. Het gevolg is dat de cascades die het eerst in bedrijf zijn genomen, ook het eerst het eind van hun levensduur hebben bereikt. Uitbedrijfname, decommissioning en decontaminatie volgt hierna en is daardoor eveneens een geleidelijk en continu proces. Indien een verrijkingsfabriek daarvoor (civiel)technisch geschikt is, is het plaatsen van nieuwe centrifuges in dezelfde fabriek mogelijk. In praktijk blijkt echter veelal dat de nieuwe generatie ultracentrifuges en gasbehandelingsinstallaties een andere infrastructuur vereisen.

Het proces van uitbedrijfname en decommissioning gaat als volgt:

Na uitvoering van de evacuatie- en spoelprocedure worden deelsystemen met stikstof belucht tot atmosferische druk en gedemonteerd en afgeblind. Op het moment dat deelsystemen ten behoeve van de demontage worden geopend is ter plekke afzuiging aanwezig. De afgezogen lucht wordt via een luchtreinigingsinstallatie geleid. Systeemdelen worden na demontage in tussenopslag gehouden voor de decontaminatie. Tijdens de demontage- en decontaminatiewerkzaamheden worden in de betreffende ruimtes besmettingscontroles uitgevoerd.

Het decontamineren van gedemonteerde delen van de UF_6 -systemen en van de uit bedrijf genomen centrifuges geschiedt niet anders dan de decontaminatieactiviteiten tijdens het regulier onderhoudsproces. Hierbij wordt aangemerkt dat bij uitbedrijfname van fabrieken ook decontaminatiewerkzaamheden bij derden kan plaatsvinden en dat tevens gecontamineerde onderdelen worden afgevoerd buiten de inrichting als radioactief afval.

Nadat de UF_6 -systemen en de hulpsystemen zijn verwijderd en het overblijvende gebouw is vrijgegeven door de stralingsbeschermingdienst, kan het gebouw voor andere doeleinden worden gebruikt of worden afgebroken. In het laatste geval zal door middel van het nemen van een aantal bodemonsters worden bevestigd dat er geen bodemverontreiniging heeft plaatsgevonden.

Samenvattend kan worden gesteld dat het uit bedrijf nemen, demonteren en decontamineren van een verrijkingsfabriek niet wezenlijk verschilt van werkzaamheden welke tijdens de bedrijfsperiode van een verrijkingsfabriek worden verricht ten behoeve van regulier onderhoud en reparatie.

2.2.10 Gevaarlijke stoffen

2.2.10.1 Uranium houdende stoffen

UF₆

In het algemeen komen significante hoeveelheden uranium alleen voor in de UF₆-gasvoedingssystemen van de verrijkingsfabrieken, in de take-off en containervulsystemen in de verrijkingsfabrieken, in de blendingsystemen van het CSB en op diverse UF₆-opslaglocaties. Kleinere hoeveelheden uranium bevinden zich in de cascades van de verrijkingsfabrieken en in de decontaminatieruimtes.

Indien UF₆ vrijkomt en in contact met (vochtige) lucht komt, reageert UF₆ volledig met water onder de vorming van HF en UO₂F₂.

De maximum hoeveelheden UF₆ die kunnen worden opgeslagen zijn:

Verrijkt materiaal (product, > 1% U-235) 2000 ton UF₆

Voedingsmateriaal (feed, 0,711-1 % U-235) 10000 ton UF₆

Verarmd materiaal (tails, < 0,711 % U-235) 37500 ton UF₆

Een overzicht van eigenschappen en samenstelling van een aantal representatieve UF₆-materialen is gegeven in tabel 1.

Tabel 1: Overzicht representatieve UF₆-materialen en limietwaarden

Isotoop		ASTM C787 commercial natural	Actuele waarden				ASTM C787 reprocessed
			Natuurlijk materiaal	Verarmd materiaal	Licht verrijkt materiaal	LWR materiaal	
U-232	gew. %	<1 x 10 ⁻⁹	--	--	--	2 x 10 ⁻⁷	5 x 10 ⁻⁷
U-234	gew. %	<5,8 x 10 ⁻³	5,4 x 10 ⁻³	1,3 x 10 ⁻³	15 x 10 ⁻³	1,7 x 10 ⁻²	4,8 x 10 ⁻²
U-235	gew. %	<5	0,711	0,3	1,8	0,88	5
U-236	gew. %	<2 x 10 ⁻³	--	--	--	4 x 10 ⁻¹	8,4 x 10 ⁻¹
U-238	gew. %	rest	99,28	99,67	98,19	98,7	rest
Tc-99	gew. %	<1 x 10 ⁻⁷	--	--	--	3,3 x 10 ⁺¹	5 x 10 ⁻⁵
Splijtings- producten	MeV Bq/kgU	--	--	--	--	--	110 x 10 ⁺³
Transuranen	dpm/gU	--	--	--	--	452	1500
Specifieke α-activiteit	dpm/gU	--	25	16	48	54	--

U_3O_8

U_3O_8 is een stabiele vaste uraniumverbinding. U_3O_8 reageert niet met water, maar is in zuren oplosbaar. De soortelijke massa van los gestort U_3O_8 poeder bedraagt 2 tot 4 g/cm³.

Het verarmd U_3O_8 bevat verarmd uranium en wordt gebruikt in oplossing om afval(water) stromen met uranium op te mengen en zodoende de verrijkingsgraad onder 1% te houden

De maximale hoeveelheid verarmd U_3O_8 die in de aanmaakinstallatie verwerkt zal worden, bedraagt 7500 kg U_3O_8 per jaar.

2.2.10.2 Gecontamineerd afval

Radioactieve afvalstoffen worden naar de COVRA afgevoerd. In 2005 was de hoeveelheid afval ongeveer 14.000 kg in 216 vaten met een opgegeven α -activiteit van 41.000 MBq [bron: Milieujaarverslag 2005]. De smeltafvalproducten afkomstig van de nucleaire smelt van centrifugeonderdelen (externe decontaminatie) zijn in de totalen opgenomen.

Circa 80% van de hoeveelheid radioactief afval is afkomstig van decommissioning, zowel intern als extern, van SP3. De komende jaren zal de totale hoeveelheid toenemen als gevolg van de voortzetting van decommissioning van SP3 en in de toekomst van SP4.

Een deel van de radioactieve afvalstoffen is afkomstig van decontaminatie activiteiten, zoals:

- decontaminatie van olie;
- decontaminatie van componenten en procesapparatuur (onderhoud en decommissioning).

Vast afval dat ontstaat in de verrijkingsfabrieken en in de decontaminatie-inrichtingen wordt gescheiden ingezameld als "mogelijk gecontamineerd" en "gecontamineerd" (afvalscheiding aan de bron). Alle mogelijk gecontamineerde vaste afval wordt op activiteit gecontroleerd in een speciaal daarvoor bestemde meetinrichting. Afval beneden de vrijgavegrens wordt als normaal bedrijfsafval afgevoerd. Gecontamineerd afval wordt in vaten verzameld en gereed gemaakt voor afvoer naar COVRA.

2.2.10.3 Overige stoffen

Naast de uraniumhoudende stoffen op het terrein zijn er ook andere gevaarlijke, merendeels brandbare, hulpstoffen op het terrein. Een overzicht van de maximaal mogelijke hoeveelheden van deze hulpstoffen is hieronder gegeven.

Tabel 2: Overzicht gevaarlijke hulpstoffen (niet uranium houdend)

Stof	Hoeveelheid	Gevaarlijke eigenschappen
Stikstof	50 m ³	Bevriezend Verstikkend
Argon	10 m ³	Bevriezend Verstikkend
Dieselolie	36 m ³ (ondergronds) 13 m ³ (bovengronds; inclusief dagtanks)	Brandgevaarlijk
Chemicaliën	Ca. 10.000 kg/liter (in gebouw voor chemicaliënopslag)	Divers: Corrosief Giftig Bijtend Milieugevaarlijk Brandgevaarlijk
Gasflessen	Ca. 190 flessen	Divers: Verstikkend Giftig Brandgevaarlijk
Diethyl zink	Ca. 3 m ³ (maximaal 8000 kg) (waarvan 7500 kg in opslag)	Brandgevaarlijk
Freon 22	32.000 kg (in installatie SP4 en CSB)	Milieugevaarlijk
HFC's	Ca. 2.500 kg (in installatie SP5, SP4, CSB en SP2)	
Ammoniak	Ca. 260 kg (in installatie CSB)	Divers: Giftig Brandgevaarlijk

Naast bovenstaande gevaarlijke stoffen zijn er tevens gevaarlijke afvalstoffen, zoals olie, actief kool en elektronica, op het terrein. Deze stoffen worden één à twee maal per jaar afgevoerd. In 2005 werd ongeveer 11.000 kg afgevoerd [bron: Milieujaarsverslag 2005].

Gezien de beperkte hoeveelheden van gevaarlijke stoffen die geen uranium bevatten, worden de gevaren gerelateerd aan deze stoffen beperkt behandeld in dit Veiligheidsrapport.

In de vergunningaanvraag is in hoofdstuk 7 een overzicht gegeven van de opslagen van gevaarlijke stoffen die geen uranium bevatten.

3 VEILIGHEIDSBEHEERSSYSTEEM

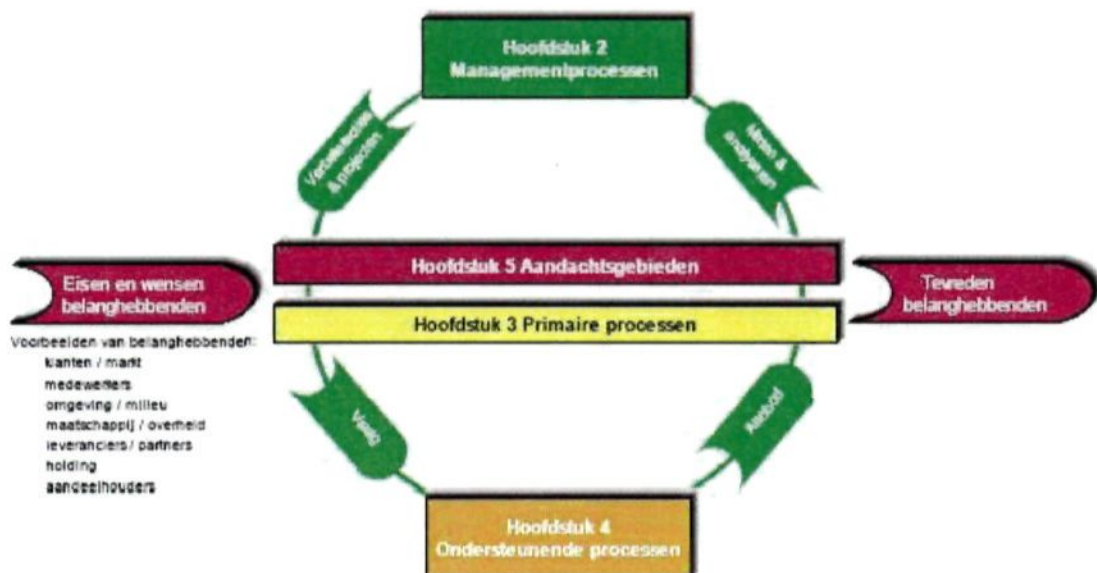
Urenco Nederland B.V. heeft een geïntegreerd managementsysteem waarmee de aspecten kwaliteit, milieu en veiligheid van de bedrijfsvoering worden beheerst en continu verbeterd. Binnen dit bedrijfsmanagementsysteem (BMS) zijn beleid en doelstellingen t.a.v. de genoemde aspecten vastgelegd evenals de benodigde organisatie en maatregelen om deze doelstellingen te bereiken.

In dit hoofdstuk wordt de structuur van het BMS en de veiligheidsbeheersaspecten daarvan beschreven. Uitgangspunt bij deze beschrijvingen is de structuur van een veiligheidsbeheerssysteem volgens het Besluit Risico's Zware Ongevallen (BRZO) 1999.

3.1 Bedrijfsmanagementsysteem

Het bedrijfsmanagementsysteem (BMS) van Urenco Nederland B.V. is opgebouwd uit 5 onderdelen of hoofdstukken, die samen een systeem vormen voor planmatige en systematische beheersing en verbetering van de bedrijfsvoering op alle niveaus in de organisatie. Daarbij zijn de aspecten kwaliteit, milieu en veiligheid volledig geïntegreerd. De structuur van het BMS en het beleid op hoofdlijnen en per onderdeel zijn vastgelegd in het Handboek BMS Urenco Nederland B.V..

Het door Urenco Nederland B.V. toegepaste model voor het op processen gebaseerde BMS wordt hieronder weergegeven. Het model demonstreert direct de samenhang en de interacties tussen de verschillende typen processen en de belanghebbenden.



Model van het BMS

In hoofdstuk 1 van het BMS komen de missie, visie en strategie van Urenco Nederland B.V., de organisatie en de structuur en het beheer van het BMS aan de orde.

In hoofdstuk 2 zijn de managementprocessen beschreven, waarmee wordt gestuurd op het behalen van de beoogde resultaten en het integraal voldoen aan de randvoorwaarden die worden gesteld vanuit de processen en aandachtsgebieden. Uitgangspunt van de managementprocessen is de Plan-Do-Check-Act- (PDCA) systematiek.

Hoofdstuk 3 beschrijft de primaire processen, ofwel de processen waarmee het product wordt gerealiseerd. Onderscheiden worden de verrijking van uranium en het proces Stabiele isotopen (SI).

Hoofdstuk 4 bevat de ondersteunende bedrijfsprocessen, die een bijdrage in middelen of dienst leveren aan de overige processen zijnde personeel, IT, inkoop, planning, vernieuwbouw, reiniging, afvalverwerking en onderhoud.

In hoofdstuk 5 tenslotte zijn de aandachtsgebieden ondergebracht, die raakvlakken hebben met meerdere bedrijfsprocessen en zowel beleidsmatig als uitvoerend afdelingsoverschrijdend zijn. Het betreft hier Arbo, veiligheid, milieu, safeguards, security, kwaliteit, financiën en communicatie.

Het BMS is gecertificeerd volgens ISO 9001:2000 en ISO 14001:2004. Doelstelling is ook om naar certificering volgens ISO 27001 t.a.v. informatiebeveiliging te streven. Twee keer per jaar wordt de werking van het managementsysteem middels een externe audit geverifieerd en iedere drie jaar vindt een herhalingsaudit plaats waarna, indien er geen tekortkomingen worden geconstateerd, een hercertificering voor een nieuwe periode van drie jaar plaatsvindt.

3.1.1 Veiligheidsbeleid Urenco Nederland B.V.

In het BMS van Urenco Nederland B.V. is op het niveau van visie en strategie aandacht besteed aan de elementen arbo, milieu en veiligheid. Daarnaast is in de beschrijving van de processen, de aandachtsgebieden en het beleid op hoofdlijnen vastgelegd. Van belang voor arbo, veiligheid en milieu zijn de volgende punten:

- Urenco Nederland B.V. wil goed presteren op alle onderdelen van het ondernemen. Dit betekent het managen van de organisatie met visie, aandacht voor het individu en de continuïteit, zorg voor het milieu, veiligheid en de beveiliging en het uitoefenen van een maatschappelijk verantwoorde bedrijfsvoering.
- Met betrekking tot arbo, veiligheid en milieu opereert Urenco Nederland B.V. in de voorste gelederen van de industrie. Door middel van continue verbetering wordt zeker gesteld dat de activiteiten worden uitgevoerd op een veilige wijze en met zorg voor het milieu.
- Het beheersen en continu verbeteren van de bedrijfsprocessen wordt gestimuleerd en ondersteund.
- Het waarborgen van veiligheid, gezondheid en welzijn van de medewerkers en omgeving is een voorwaarde voor de bedrijfsvoering.
- Op basis van ontwerp, bouw en bediening van de plants wordt er naar gestreefd ongelukken te voorkomen en de effecten van ongelukken te minimaliseren.
- Veiligheid en beperkingen van milieueffecten worden in eerste instantie bereikt door middel van technische voorzieningen (mensonafhankelijk), en administratieve en procedurele maatregelen.

3.1.2 Plan/Do/Check/Act (PDCA) cyclus

De managementprocessen binnen het BMS zijn gestructureerd in een PDCA-cyclus, gericht op het realiseren van gestelde doelen op een steeds effectievere en efficiëntere manier.

In de **Plan**-fase worden de eisen en wensen van belanghebbenden, de managementdoelstellingen en de verbetermaatregelen gecombineerd in een beleid, businessplan en diverse meerjarenplannen, o.a. op arbo en milieugebied.

In de **Do**-fase wordt concreet gemaakt hoe het beleid ten uitvoer wordt gebracht en de doelen moeten worden bereikt. Dit vindt zijn plaats in jaarplannen op diverse gebieden, die ten uitvoer moeten worden gebracht.

In hoeverre de plannen worden uitgevoerd en de doelen bereikt wordt gemeten in de **Check**-fase van de cyclus. Door meting, monitoring, periodieke risicoinventarisatie en -evaluatie en in- en externe audits en de analyse van de resultaten in de management review wordt deze fase gecompleteerd.

De **Act**-fase tenslotte behandelt het uitvoeren van grote en kleine corrigerende maatregelen en continue verbeteracties, die de cirkel rondmaken en leiden tot bijstelling van beleid en doelstellingen in de **Plan**-fase.

3.1.3 Continue verbetering

Een belangrijk element in de bedrijfsvoering en het BMS is het nastreven van continue verbetering. Dit gebeurt via een continu verbeterplan, wat een centrale rol inneemt in het BMS. Dit plan bevat jaarlijks een aantal wat grotere projecten en doelen, welke geselecteerd zijn uit de onderkende verbeterpunten. Het continue verbeterplan vormt een aanvulling op de meerjarenplannen en jaarplannen, en geeft mede uitvoering aan de gestelde doelen, oplossen van onderkende problemen en het inspelen op nieuwe ontwikkelingen.

3.2 Documentatiebeheer (Bedrijfshandboek)

Naast het hoofddocument van het BMS, het Handboek BMS, is er een stelsel van procedures, voorschriften en instructies voor de verschillende processen en aandachtsgebieden. Deze onderliggende documenten zijn vastgelegd in een bedrijfshandboek. De in het bedrijfshandboek onderscheiden processen zijn:

- Productieplanning
- Productie
- Onderhoud en decommissioning
- Nieuwbouw
- Stabiele isotopen
- Ondersteunende processen.

De processen zijn eventueel nog onderverdeeld in een aantal subprocessen, en daarin zijn de procedures, voorschriften en instructies ondergebracht. Algemene instructies die door de productie- of onderhoudsafdeling worden uitgevoerd zijn ook bij deze afdeling/processen ondergebracht. Het ondersteunende proces Kwaliteit, Veiligheid en Milieu bevat daardoor een beperkt aantal procedures, voorschriften en instructies.

De opzet van het bedrijfshandboek zal in 2006/2007 worden aangepast in lijn met de processen en aandachtsgebieden zoals vermeld in paragraaf 3.1.

3.3 Elementen veiligheidsbeheerssysteem

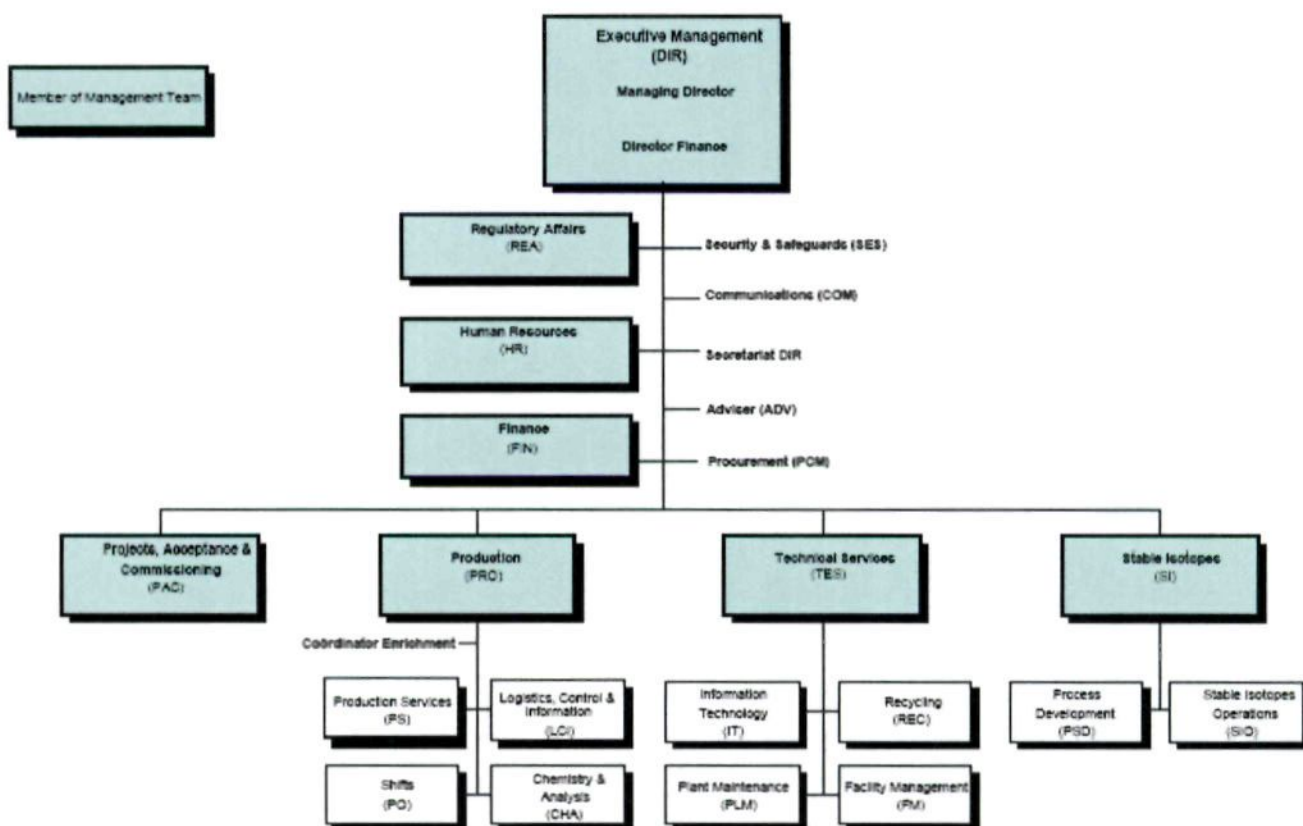
Voor de beschrijving van de elementen ten behoeve van de beheersing van de veiligheid binnen Urenco Nederland B.V. is de indeling van een Veiligheidsbeheerssysteem (VBS) volgens het Besluit Risico's Zware Ongevallen aangehouden. Het onderwerp noodsituaties is in een aparte paragraaf beschreven. Deze elementen zijn integraal onderdeel van het BMS van Urenco Nederland B.V.

3.3.1 Organisatie, training en opleiding

De verantwoordelijkheden en bevoegdheden met betrekking tot veiligheid en milieu zijn duidelijk vastgelegd. In het BMS-handboek is de drielaags managementstructuur (management, proceseigenaar en medewerker) beschreven en zijn de proceseigenaren genoemd.

Functie-eisen, taken en bevoegdheden zijn ondergebracht in algemene functiebeschrijvingen, onderdeel van de functiewaardering. Dit is ondergebracht in het ondersteunende proces Personeelsmanagement.

Specifieke taken, verantwoordelijkheden en bevoegdheden zijn vastgelegd in procedures, voorschriften en instructies. Er worden strenge opleidings- en trainingseisen gesteld aan het operationele personeel, wat wordt bijgehouden in trainingsoverzichten. Aan de hand van deze overzichten wordt bepaald in welke delen van de installatie medewerkers bevoegd zijn om te werken. Ook aan derden die werkzaamheden komen verrichten in de installatie worden strenge eisen gesteld.



Organisatieschema Urenco Nederland B.v.

De aspecten die spelen binnen Urenco Nederland B.V. op de gebieden van arbeidsveiligheid en gezondheid (ARBO en veiligheid), en milieu vallen onder de verantwoordelijkheid van de manager Regulatory Affairs. De manager Regulatory Affairs is lid van het Management team en heeft een gespecialiseerd team van personeel onder zich. De aspecten beveiliging (security) en safeguards vallen binnen de afdeling Security & Safeguards waarvan het hoofd rechtstreeks aan de directie rapporteert.

3.3.2 Gevaarsidentificatie, risico-inventarisatie en –evaluatie

Identificatie van de gevaren en risico's van de installaties, processen en stoffen bij Urenco Nederland B.V. vindt op verschillende wijzen plaats. In het kader van dit veiligheidsrapport is de verrijkingsinstallatie, inclusief het bedrijven van de installatie beschouwd op de mogelijkheid van ongevallen, zowel kijkend naar de situatie bij normaal bedrijf als ingeval van storingen. De resultaten van deze beschouwing zijn vastgelegd in hoofdstuk 5 van dit veiligheidsrapport.

Naast genoemde risicoanalyse zijn een drietal risico-inventarisatie en –evaluatie (RI&E)-studies uitgevoerd: de Urenco Nederland B.V. Risk Matrix studie, de (wettelijk verplichte) Arbo-RI&E, en een Milieuaspectenstudie. Deze laatste twee studies, onderdeel van het continu verbeterplan, hebben een HAZOP-achtig karakter, waarbij de risico's van gebeurtenissen zijn gewogen in een risicomatrix. Afhankelijk van de uitkomsten zijn daar aanvullende maatregelen voorgesteld.

Als onderdeel van het vernieuwbouwproces worden tevens HAZOP-studies uitgevoerd.

3.3.3 Operationele procedures

Operationele procedures, voorschriften en instructies zijn ondergebracht in het Bedrijfshandboek. Dit varieert van bedieningsinstructies tot de controles en inspecties die door het operationele en onderhoudspersoneel moeten worden uitgevoerd.

3.3.4 Wijzigingen en nieuwbouw

De ontwerpfilosofie van Urenco Nederland B.V. is erop gericht om de installaties inherent veilig te maken, door met technische middelen ongevallen te voorkomen. De verrijkingsinstallaties zijn zo ontworpen en uitgevoerd dat UF_6 zoveel mogelijk in onderdruk aanwezig is. Daar waar UF_6 in overdruk kan zijn, zijn speciale maatregelen getroffen om te voorkomen dat UF_6 in de omgeving kan komen (Second containment, ruimteventilatie via continu en stand-by filtersystemen).

Wijzigingen aan installatie of werkwijze doorlopen een vastgestelde procedure, waarbij o.a. veiligheids- en milieuaspecten nadrukkelijk onderdeel uitmaken van de overwegingen. Grotere projecten (vernieuwbouw) moeten een procedure doorlopen die gedeeltelijk vanuit Urenco Limited is opgelegd en verwerkt in een procedure voor nieuwbouw.

3.3.5 Incidentmelding, -onderzoek en –analyse

Incidenten, ongevallen, bijna-ongevallen, gevaarlijke situaties en afwijkingen van de vastgestelde werkwijze op kwaliteits-, milieu-, veiligheids-, arbo- en beveiligingsgebied worden centraal gerapporteerd, geregistreerd en geanalyseerd. De analyseresultaten worden gebruikt om verbeteringen door te voeren in de installatie en/of de werkwijze teneinde het risico van incidenten en ongevallen verder te verkleinen.

3.3.6 Metingen en inspecties

Tijdens productie worden op verschillende plaatsen en aspecten metingen en monitoring uitgevoerd om de prestaties op kwaliteit, milieu en veiligheid te bepalen. Zo wordt onder andere de lucht uit de uitlaten van de ventilatiesystemen continu geanalyseerd op de aanwezigheid van radioactiviteit en HF. Deze metingen vormen de basis voor periodieke rapportages en kunnen aanleiding zijn om in te grijpen in het proces.

Inspectie van gebouwen, installaties en voorzieningen vindt regelmatig plaats en is onderdeel van de procedurele instructies of het onderhoudsproces.

3.3.7 Audits en management review

De werking van het BMS en het naleven van de daarin ondergebrachte procedures, voorschriften en instructies wordt gemeten middels het uitvoeren van audits. De audits worden volgens een vastgesteld schema uitgevoerd door interne auditors die hiervoor door de organisatie zijn gekwalificeerd. Daarnaast vinden door overheden, klanten en andere belanghebbenden regelmatig externe audits plaats.



De afdeling Regulatory Affairs, als onafhankelijke afdeling, voert audits uit met betrekking tot de werking van het totale veiligheidsbeheerssysteem en rapporteert hierover aan de Managing Director van Urenco Nederland B.V.

De resultaten van incidentenanalyse, metingen, inspecties en audits worden jaarlijks geanalyseerd en geëvalueerd tijdens een management review. Hieruit volgen corrigerende maatregelen, bijstelling van beleid c.q. doelstellingen en/of acties voor het continu verbeterplan.

4 VOORBEREIDING OP NOODSITUATIES

Naast alle preventieve maatregelen ter voorkoming van ongevallen en incidenten, beschikt Urenco Nederland B.V. over een bedrijfshulpverleningsorganisatie (BHV) om adequaat te kunnen optreden in geval zich toch onverhoopt een ongeval of andere noodsituatie voordoet.

4.1 BHV-organisatie

De BHV-organisatie van Urenco Nederland B.V. is uitgerust en getraind om in geval van een ongeval adequaat te kunnen optreden opdat de gevolgen van het ongeval zo beperkt mogelijk blijven en die maatregelen worden getroffen die in dit kader nodig zijn. De taken van de BHV zijn repressief van aard.

De manager van de afdeling Regulatory Affairs heeft als hoofd BHV de organisatorische leiding. De dienstdoende shiftmanager is plaatsvervangend hoofd BHV; bij hem berust de operationele leiding van de BHV. Deze bestaat uit vier onderdelen:

1. calamiteitenbestrijding (brand, chemicaliën): volcontinu medewerkers, bezetting minimaal 6 medewerkers;
2. EHBO: volcontinu en dagdienstmedewerkers, bezetting afgestemd op de hoeveelheid personen op het terrein;
3. ontruimers: dagdienstmedewerkers, verdeeld over gebouwen;
4. alarmcentrale (beveiliging): volcontinu medewerkers, bezetting minimaal 2 medewerkers.

De BHV-brandweer kan gebruik maken van een aantal brandweerposten, verdeeld over het terrein, waar beschermende kleding, ademluchttoestellen en brandbestrijdingsmiddelen aanwezig zijn. Voor EHBO-ers zijn er speciale EHBO-posten.

Bij incidenten met (mogelijke) grote gevolgen, wordt het crisismanagementteam (CMT) geformeerd, voorgezeten door de Managing Director. Het functioneren van het CMT is vastgelegd in het Crisisplan Urenco Nederland B.V.

4.2 Bedrijfsnoodplan

De BHV-organisatie, werkafspraken, actielijsten, onderhoud van middelen, opleiding en oefening en aanvalsplannen zijn vastgelegd in het Bedrijfsnoodplan van Urenco Nederland B.V. Dit bedrijfsnoodplan sluit aan op de aanvalsplannen en rampenbestrijdingsplannen van de plaatselijke en regionale hulpverleningsinstanties.

De werkafspraken bevatten het alarmschema van melding tot nazorg en de algemene gedragsregels voor alle medewerkers. De actielijsten beschrijven de specifieke taken van de BHV-leden in geval van brand, ontruiming, ongeval, incident met chemicaliën/UF₆ en externe incidenten.

Tevens bevat het bedrijfsnoodplan een controlelijst van de middelen die op de brandweerposten aanwezig moeten zijn en diverse andere checklijsten en formulieren.

4.3 Opleiding, training en oefeningen

Voor het vervullen van taken binnen de BHV-organisatie is opleiding door middel van het volgen van cursussen noodzakelijk. Voor elke BHV-functie is een aantal opleidingseisen vastgesteld. De meeste van deze cursussen moeten periodiek worden herhaald.



De verkregen vaardigheden dienen ook in de praktijk te worden toegepast. Daarom wordt er regelmatig geoefend. Het hoofd BHV zorgt ervoor dat er jaarlijks een oefenschema wordt opgesteld, waarbij een aantal oefeningen samen met de Brandweer Almelo worden uitgevoerd. Hij dient er tevens zorg voor te dragen dat de geplande aangekondigde en onaangekondigde oefeningen en periodieke trainingen worden uitgevoerd.

Op basis van resultaten van de oefeningen, en eventuele audits en inspecties, wordt een evaluatierapport opgemaakt, waarin ook verbetermaatregelen zijn opgenomen.

5 STRALINGSBESCHERMING

Op basis van het ALARA principe wordt binnen Urenco Nederland B.V. voor medewerkers, derden en omwonenden, met inzet van de daartoe binnen de organisatie aangewezen functionarissen (stralingsbeschermingorganisatie), een zo laag mogelijke stralingsbelasting nagestreefd, waarbij als minimum wordt voldaan aan de hiervoor geldende wet- en regelgeving.

5.1 Stralingsbeschermingorganisatie

De stralingsbeschermingorganisatie staat onder leiding van de Algemeen Coördinerend deskundige (manager Regulatory Affairs). De Algemeen Coördinerend deskundige rapporteert aan de Managing Director van Urenco Nederland B.V. De in de organisatie opgenomen Coördinerend deskundigen rapporteren operationeel en functioneel aan de Algemeen Coördinerend deskundige.

De sectormanagers functioneren als toezichhoudende deskundigen op relevante plaatsen in de Urenco Nederland B.V. lijnorganisatie.

Afwijkingen met betrekking tot de normen worden door elke medewerker direct gemeld aan de (Algemeen) Coördinerend deskundige. Niet routinematige werkzaamheden worden door of onder direct toezicht c.q. na toestemming van de (Algemeen) Coördinerend deskundige uitgevoerd. Beleidsformulering en realisatie met betrekking tot stralingshygiëne vinden plaats binnen de werkwijze zoals deze is beschreven in het BedrijfsManagementSysteem (BMS).

De Urenco Nederland B.V. directie draagt zorg voor de veiligheid en de gezondheid van de medewerkers, en dus ook voor het beleid en organisatie van stralingshygiëne. Het Urenco Nederland B.V. lijnmanagement is verantwoordelijk voor de bedrijfsvoering binnen het door de Urenco Nederland B.V. directie vastgestelde beleid. Taken, bevoegdheden en competenties zijn verder in detail uitgewerkt in de Urenco Nederland B.V. regeling stralingshygiëne.

Handelingen of werkzaamheden welke in relatie staan met stralingsbelasting mogen uitsluitend worden uitgevoerd na interne toestemming van de Algemeen Coördinerend of Coördinerend deskundige. Handelingen of werkzaamheden welke niet zijn vastgelegd in procedures, dienen vooraf te worden gemeld middels een Probleemstellingsformulier. De handelingen of werkzaamheden mogen eerst dan worden uitgevoerd, nadat toestemming is verleend. De intern verleende toestemmingen worden geadministreerd.

De werkwijzen voor handelingen of werkzaamheden zijn vastgelegd in procedures, voorschriften en instructies in de documentatie van het BMS. De betreffende documentatie wordt geaccordeerd door de Algemeen Coördinerend of Coördinerend deskundige. Gezien het feit dat Urenco Nederland B.V. geen A-medewerkers heeft binnen haar organisatie, zijn de toelatingseisen voor blootgestelde medewerkers niet van toepassing.

Urenco Nederland B.V. komt haar registratieverplichtingen na middels registratie en administratie van dosismetingen, periodieke urinecontroles en periodieke bepaling van de stralingsniveaus (omgevingsdosis) in de verschillende ruimtes en op het terrein van de inrichting. Dosisrapportages vinden plaats in NDRIS.

De afvalplannen voor inzameling, de opslag en de overdracht van radioactief afval zijn vastgelegd in procedures, voorschriften en instructies in de documentatie van het BMS. De betreffende documentatie wordt onder andere geaccordeerd door de Algemeen Coördinerend of Coördinerend deskundige.

De calamiteitenregeling voor incidenten of ongevallen met bronnen, splijtstoffen en/of toestellen maakt onderdeel uit van het Bedrijfsnoodplan. De formele melding van incidenten en ongevallen vindt plaats middels het hiervoor geldende voorschrift in het BMS.

5.2 Stralingsbronnen

De stralingsbronnen bij Urenco Nederland B.V. worden gevormd door;

- het procesmateriaal UF_6 ;
- de radioactieve bronnen en toestellen.

5.2.1 Procesmateriaal UF_6

Het UF_6 veroorzaakt een dosis als gevolg van de externe straling en bij potentiële inhalatie en/of ingestie. De externe straling is alleen relevant in de nabijheid van grotere hoeveelheden containers met UF_6 . Ook pas geleegde containers zijn bronnen als gevolg van de in de container achtergebleven vervalproducten van uranium. Containers met UF_6 bevinden zich in het CRDB, in de voedings- en take-off ruimtes van SP4 en SP5 en op de containeropslagplaatsen.

Bij het aan- en afkoppelen van containers, containerreiniging, decontaminatiewerkzaamheden en dergelijke is potentieel UF_6 -besmetting van de werkplek of de ruimte mogelijk.

5.2.2 Radioactieve bronnen en toestellen

Op een beperkt aantal plaatsen worden radioactieve bronnen en röntgentoestellen gebruikt. Gesloten bronnen worden thans in SP4 en CSB gebruikt voor niveaumetingen en bepaling van flow en verrijkingsgraad. Voor kalibratie van apparatuur voor het bepalen van oppervlakte besmetting worden ijkplaten gebruikt.

In het laboratorium in het CSB worden open bronnen (oplossingen met radioactieve stoffen) gebruikt voor kalibratie van meetmethoden en meetapparatuur.

In het centraal gebouw van SP5 worden 3 röntgenbronnen gebruikt voor de montage van centrifuges.

De dosis als gevolg van de externe straling van deze bronnen en toestellen is verwaarloosbaar.

5.3 Voorzieningen en maatregelen ten aanzien van de stralingsveiligheid

Om de negatieve effecten van het werken met genoemde stralingsbronnen zoveel mogelijk te beperken zijn de volgende voorzieningen getroffen:

- de werkzaamheden nabij containers met UF_6 worden zoveel mogelijk beperkt. Het logistieke proces is deels geautomatiseerd;
- stralingsverzwakkende voorzieningen (muren) zijn aangebracht tussen containeropslagplaatsen in de gebouwen en werkplekken;
- bij werkzaamheden met potentieel risico op inhalatie en/of ingestie worden lokale afzuiging, zuurkasten, gesloten systemen e.d. toegepast;
- lucht uit ruimtes, waarin met "open systemen" wordt gewerkt, wordt via monitoren afgevoerd. Deze ruimtes worden op onderdruk gehouden.

Daarnaast zijn in de bedrijfsvoering een aantal maatregelen getroffen om de individuele dosis te beperken en de kans op besmetting te minimaliseren.

De genomen maatregelen en voorzieningen ten aanzien van stralingsveiligheid zijn verder uitgewerkt in paragraaf 4.3.2 en 6.2.

5.3.1 Procedures en werkinstructies

De processen en afzonderlijke handelingen zijn vastgelegd in procedures respectievelijk werkinstructies als documentatie van het BMS. Ten aanzien van stralingsbescherming betekent dit, dat de routinematige werkzaamheden m.b.t. het werken met stralingsbronnen in procedures of werkinstructies vastliggen.

5.3.2 Preventieve maatregelen

Kennis en kunde medewerkers

De medewerkers die met stralingsbronnen werken hebben algemene kennis van de stralingshygiëne en specifieke kennis en kunde betreffende de uit te voeren werkzaamheden. Voor de algemene kennis is stralingsdeskundigheidsniveau 5 uitgangspunt. De specifieke kennis en kunde wordt middels interne opleiding en "training on the job" gerealiseerd.

Persoonlijke beschermingsmiddelen

Bij werkzaamheden, waarbij (lokale) besmetting niet geheel kan worden uitgesloten, worden jassen, overalls, handschoenen en dergelijke gebruikt. In speciale gevallen worden gelaatsmaskers gebruikt. Bij aan- en afkoppelwerkzaamheden, en daar waar systemen na spoelen worden geopend, wordt gewerkt onder locale afzuiging. Nadat de werkzaamheden zijn beëindigd, wordt de werkplek gecontroleerd op besmetting en zonodig gereinigd.

Radiologische zones met besmettingscontroles

Conform het Besluit Stralingsbescherming zijn ruimtes, waar potentieel een individuele dosis van 1 mSv per jaar of meer kan worden opgelopen, geclassificeerd. Urenco Nederland B.V. kent in dit verband alleen bewaakte zones (maximale dosis 6 mSv/jaar).

Indien tijdelijk werkzaamheden worden verricht waarbij besmetting niet geheel is uit te sluiten, wordt een tijdelijke bewaakte zone ("RA-werkgebied") ingericht.

5.4 Stralingsbelasting van het personeel

De externe stralingsbelasting van de Urenco Nederland B.V. medewerkers die in de bewaakte zones werken, wordt bewaakt door middel van het dragen van persoonsgebonden dosimeters. De dosimeters worden maandelijks uitgelezen en de resultaten worden in NRIS ingevoerd. In 2005 droegen 108 medewerkers een dosimeter. De collectieve jaardosis was 33 mSv. De hoogste individuele jaardosis was 2.2 mSv (één medewerker), 7 medewerkers hebben een dosis ontvangen van 1 tot 2 mSv, 4 medewerkers hebben een dosis ontvangen van 0,5 tot 1 mSv en 96 medewerkers ontvingen een dosis van minder dan 0,5 mSv.

6 VOORZIENBARE GEVAREN EN VEILIGHEIDSMaatregelen

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste voorzienbare gevaren beschreven die aanwezig zijn binnen de inrichting van Urenco Nederland B.V. Tevens zijn in dit hoofdstuk de veiligheidsmaatregelen beschreven die zijn genomen om te voorkomen dat de gevaren tot uiting kunnen komen en om de gevolgen van de gevaren – in het geval dat het gevaar tot uiting komt – te beperken.

De veiligheidsmaatregelen zijn verdeeld in algemeen geldende maatregelen en specifieke maatregelen ten behoeve van de stralingsbescherming.

6.1 Voorzienbare gevaren

De voorzienbare gevaren binnen de inrichting van Urenco Nederland B.V. zijn als volgt onderverdeeld:

- straling;
- vrijkomen van uranium houdende stoffen (UF_6 , UO_2F_2) en HF;
- vrijkomen van niet-uranium houdende stoffen;
- kriticiiteit.

6.1.1 Straling

Het uranium houdend materiaal aanwezig op het terrein is licht radioactief. Grote hoeveelheden materiaal in opslag veroorzaken bij normale bedrijfsvoering een meetbare verhoging van het stralingsniveau op de terreingrens. De externe straling die wordt gemeten aan de terreingrens is vooral afkomstig van de UF_6 containers met voedingsmateriaal en verarmd materiaal (tails), die buiten op het terrein zijn opgeslagen. De externe straling bestaat uit directe en indirecte (weerkaatsing via luchtlaag, ook wel "sky shine" genoemd) straling.

Het opslagterrein is ter plaatste van de terreingrens omgeven door een aarden wal, waarmee de directe straling wordt afgeschermd.

Op een beperkt aantal plaatsen worden radioactieve bronnen en röntgentoestellen gebruikt. De dosis als gevolg van de externe straling van deze bronnen en toestellen is verwaarloosbaar.

Urenco Nederland B.V. beschikt over meetgegevens van de externe straling aan de terreingrens. Daaruit blijkt dat de maximale omgevingsdosis-equivalent aan de terreingrens minder dan 4mSv/jaar bedraagt. Deze dosis neemt snel af verder buiten het Urenco Nederland B.V. terrein. Op ca. 400 meter buiten het terrein is geen verhoogde dosis ten opzichte van het achtergrondniveau meetbaar.

6.1.2 Vrijkomen van uranium houdende stoffen (UF_6 , UO_2F_2) en HF

Uraniumhexafluoride (UF_6) is bij omgevingstemperatuur een vaste kristallijne stof met een dampdruk van ca. 100 mbar absoluut (beneden-atmosferische druk). Bij verwarming tot 56°C wordt de dampdruk boven het vaste UF_6 atmosferisch en bij verdere verwarming tot 64°C wordt het tripel punt bereikt, waarbij alle drie de aggregatietoestanden (vast, gasvorming, vloeibaar) in thermodynamisch evenwicht zijn. De soortelijke massa van UF_6 is temperatuurafhankelijk en vertoont een sprong bij de overgang van de vaste naar de vloeibare fase.

UF₆ reageert met water (vochtige lucht) volgens de reactievergelijking:



Deze reactie verloopt exotherm en relatief snel. De reactieproducten van UF₆ en water (in de vorm van luchtvochtigheid) vormen een witte, goed zichtbare nevel. UO₂F₂ is een vaste stof en is goed oplosbaar in water. UO₂F₂ is chemisch en radiologisch toxisch. HF is een giftig en corrosief gas dat goed oplosbaar is in water, waarbij fluorwaterstofzuur wordt gevormd.

Bij normale bedrijfsvoering zal hoogstens een geringe hoeveelheid UF₆ (en dus ook UO₂F₂ en HF) vrijkomen. Emissies naar de omgeving, met gevaar van blootstelling en besmetting, worden zoveel mogelijk beperkt door speciale voorzieningen, zoals luchtreinigingssystemen.

Alleen bij een incident is een lozing of lekkage van UF₆ mogelijk waardoor verhoogde concentraties van HF en UO₂F₂ binnen en buiten de terreingrens zouden kunnen optreden.

UO₂F₂ kan zich na een incident verspreiden via lucht of water en kan op deze wijze mensen en omgeving besmetten. In dit geval kunnen mensen op korte termijn besmet worden door inhalatie van of aanraking met UO₂F₂. Door besmetting van de grond kunnen op de lange termijn mensen en dieren worden blootgesteld aan straling. Dat kan via externe bestraling van op de bodem neergeslagen UO₂F₂, via inhalatie van opwarrelend stof en via het innemen van besmet voedsel.

6.1.3 Vrijkomen van niet-uranium houdende stoffen

De in de inrichting aanwezige conventionele gevaren betreffen het vrijkomen van deze niet-uranium-houdende stoffen waarna een giftige wolk of een brand kan ontstaan. Hieronder zijn de mogelijke ongevalsscenario's beschreven:

- lekkage van diesel, kans op een plasbrand na ontsteking;
- brand in de chemicaliënopslaggebouwen, kans op giftige rookgaswolk;
- lekkage van stikstof of argon, kans op bevrozing en verstikkende gas wolk;
- lekkage van ammoniak, kans op giftige gaswolk en brand;
- lekkage van procesgassen stabiele isotopen; kans op giftige gaswolk en brand.

Deze ongevallen kunnen letsel veroorzaken bij personen die zich in de buurt van het incident bevinden. Dit kan letsel zijn door blootstelling aan brand en hitte (brandwonden) of door hete, giftige of verstikkende gaswolken.

Gezien de beperkte hoeveelheden gevaarlijke stoffen die bij deze ongevalsscenario's horen en de afstand van de mogelijke bronterm van deze ongevalsscenario's tot de terreingrens is het niet waarschijnlijk dat de effecten van deze scenario's gevolgen hebben voor de omgeving buiten de terreingrens.

6.1.4 Kriticiteit

Kriticiteit is de situatie waarbij voldoende neutronen beschikbaar zijn (in een kritische massa) om een kettingreactie in stand te houden. De voorwaarden voor het bereiken van kriticiteit zijn een combinatie van de aanwezige massa en verrijkingsgraad van het uranium, bepaalde geometrische randvoorwaarden en de aanwezigheid van modererende stoffen zoals H₂O, HF en koolstof.

Alleen uranium met een verrijkingsgraad van meer dan 1% U-235 wordt beschouwd als een mogelijk kriticietsrisico. Uranium met een verrijkingsgraad van 1% U-235 of minder is uitsluitend onder zeer bijzondere omstandigheden splijtbaar. Deze omstandigheden zijn bij Urenco Nederland B.V. niet aanwezig.

Als gevolg van een kriticietsongeval kunnen door productie van neutronen en gammastraling, en door emissie van de gevormde splijttingsproducten, verhoogde stralingsniveaus binnen en buiten het terrein optreden.

De ervaring leert dat kriticietsongevallen uiterst zeldzaam zijn en alleen zijn voorgekomen bij installaties waar veel hoger verrijkt materiaal wordt verwerkt dan bij Urenco Nederland B.V. Ook dan nog bleven de effecten daarvan met name beperkt tot direct betrokkenen. Het meest recente ongeval betreft dat te Tokaimura, Japan (zie verder paragraaf 7.4.3).

6.2 Maatregelen t.b.v. stralingbescherming

De belangrijkste gevaren gerelateerd aan de installaties en activiteiten op het terrein van Urenco Nederland B.V. zijn geassocieerd met het in contact komen met vrijgekomen radioactieve stoffen of chemische stoffen (zoals waterstoffluoride). Daarom is er een uitgebreide serie maatregelen genomen ter voorkomen van en bescherming van personeel tegen de gevaren van deze radioactieve stoffen. Deze maatregelen zijn beschreven in deze paragraaf.

Organisatorische maatregelen en personele maatregelen t.b.v. stralingsbescherming zijn reeds beschreven in hoofdstuk 5.

6.2.1 Separatie van potentieel gevaarlijke gebieden

In de verrijkingsfabrieken en de andere gebouwen waar UF_6 wordt behandeld, worden ten aanzien van het UF_6 -bedrijf, twee gebieden onderscheiden. In figuur 37 van annex 4 is een plattegrond van de inrichting gegeven, waarop deze gebieden zijn aangegeven.

Gebied 1: Het gebied waar UF_6 in de systemen kan voorkomen bij boven-atmosferische druk dan wel met open (gecontamineerde) systemen wordt gewerkt. Hiertoe behoren:

- de drukreducerruimte van SP4;
- decontaminatieruimtes in het CSB, SP2 en SP4;
- laboratorium in het CSB;
- containerreiniging;
- radioactief afvalwaterbehandeling.

Ruimtes van Gebied 1 worden in onderdruk gehouden ten opzichte van de omliggende ruimtes.

In SP4 (take-off ruimte) en in CSB (blending) kan UF_6 in containers bij boven-atmosferische druk voorkomen. Deze containers zijn in autoclaven (drukvaten) geplaatst. De autoclaven staan in gebied 2 ruimtes, terwijl het interne van de autoclaaf Gebied 1 is.

Gebied 2: Het gebied waar UF_6 in de systemen uitsluitend kan voorkomen bij beneden-atmosferische druk. Hiertoe behoren:

- de cascadehallen van de verrijkingsfabrieken;
- het blendingstation in het CSB;
- het UF_6 -gebied van SP5;
- de centrale corridor tussen de modules van SP5.

6.2.2 Voorkomen van emissie van uraniumhoudende stoffen

De verrijkingsinstallaties zijn ontworpen en uitgevoerd als volledig gesloten systemen. In het grootste deel van de installaties bevindt het UF_6 zich in onderdruk. Bij een eventueel lek in de installatie stroomt lucht naar binnen en loopt de druk op. Deze situatie is bedrijfsmatig ongewenst. De installatie is dan ook zo ontworpen en uitgevoerd dat de kans op een lekkage zeer klein is. In het systeem zijn drukmeters en kleppen die de druk constant monitoren en, in geval van verhoogde druk, delen van de installatie kunnen afsluiten. In geval van een werkelijke breuk is de hoeveelheid UF_6 die buiten de installatie kan komen zeer beperkt (zie hoofdstuk 8 analyse ongevalsscenario's).

In het voedingssysteem van SP4 en in het blendings- en homogenisatiesysteem in het CSB is UF_6 in grotere hoeveelheden in overdruk aanwezig. Het UF_6 bevindt zich in een (transport)container en in het leidingwerk direct gekoppeld aan de container. De container is zo ontworpen, uitgevoerd en getest dat de kans op lekkage zeer klein is, zelfs na een mechanische overbelasting.

De container en leidingwerk met UF_6 in overdruk is geplaatst in een autoclaaf (hermetisch gesloten druk vat) en/of een ruimte met een gecontroleerde ventilatie in onderdruk (Gebied 1).

Omdat in Gebied 1 systemen aanwezig zijn waarin UF_6 voor kan komen onder overdruk, is het optreden van UF_6 -lekkages tijdens een ernstige bedrijfsstoring niet uitgesloten te achten. In verband hiermee zijn voor de drukreducerende ruimte in SP4 drie veiligheidsmaatregelen getroffen:

1. Het luchtventilatiesysteem handhaaft in de ruimte een lichte onderdruk waardoor in het geval van een UF_6 -lekkage geen UF_6 of reactieproducten naar buiten kunnen treden.
2. De ventilatielucht van de ruimte wordt continu op contaminatie bewaakt. Zodra, als gevolg van UF_6 -lekkage, contaminatie van de ventilatielucht wordt gedetecteerd, wordt de afgevoerde lucht automatisch ter zuivering door een luchtreinigingsinstallatie geleid.
3. De ruimte bezit een separaat opvangsysteem voor afvalwater dat geheel is gescheiden van het openbare rioleringsnet.

Voor de decontaminatieruimtes in het CSB, SP4, het gebouw SP2 en het laboratorium in het CSB zijn overeenkomstige maatregelen van toepassing.

In de autoclaven zijn UF_6 -containers en -pijpleidingen aanwezig waarin UF_6 onder overdruk kan voorkomen. In verband hiermee zijn m.b.t. de autoclaven, zoals thans aanwezig, in de SP4 en het CSB, de volgende maatregelen getroffen:

- de autoclaven zijn uitgevoerd als hermetisch afsluitbare vaten;
- de autoclaven mogen niet geopend worden zolang in de container UF_6 -overdruk aanwezig is.

In geval van UF_6 -lekkage binnen een autoclaaf wordt deze van het proces afgekoppeld en daarna met behulp van een evacuatiesysteem geleegd en vervolgens gedecontamineerd.

De ruimtes waar autoclaven staan opgesteld, zijn ook aangesloten op het separate opvangsysteem voor afvalwater van het betreffende gebouw, dat geheel is gescheiden van het openbare rioleringsnet.

Aangezien in Gebied 2 het UF_6 alleen bij onderdruk voorkomt en in de verrijkingsfabrieken en het blandingstation de autoclaven lekkages van UF_6 in de ruimte uitsluiten, wordt in Gebied 2 geen rekening gehouden met het mogelijk vrijkomen van UF_6 in de lucht. Detectie op contaminatie van de lucht vindt dan ook niet plaats. Wel is steeds een afzuigsysteem aanwezig waarmee bij het openen van apparatuur en het afkoppelen van leidingen eventueel vrijkomende dampen worden afgezogen. De afvoerlucht van dit systeem wordt via een continu werkend luchtreinigingssysteem geleid.

6.2.3 Beperken van straling

De directe straling afkomstig van de UF_6 -containers op de buitenopslag van verarmd materiaal (tails) wordt beperkt door een talud (aarden wal) rond het opslagterrein aan de zijde van de terreingrens. De bovenkant van de containers komt niet boven het talud uit.

6.2.4 Detectie van HF en radioactiviteit

Ter bewaking van de afvoerlucht van ruimtes behorend tot Gebied 1 zijn ter vaststelling van mogelijke contaminatie HF-detectoren en activiteitsmeters geplaatst in de luchtafvoerkanalen.

De meetinstrumenten activeren in geval van contaminatie enerzijds de luchtreinigingsinstallatie en meten en registreren anderzijds de optredende graad van contaminatie.

De HF-detectoren en activiteitsmeters die bij Urenco Nederland B.V. worden toegepast, zijn volgens de meest recente techniek. De HF-monitoren hebben een reactietijd variërend van minder dan 30 seconden tot enkele minuten, afhankelijk van de HF-concentratie in de lucht (hoogste concentratie, kortste tijd).

De activiteitsmeters hebben een reactietijd variërend tussen 10 minuten en enkele uren, afhankelijk van de activiteit in de lucht.

6.2.5 Preventie van kriticiiteit

In de inrichting is uranium in grote hoeveelheden aanwezig. Uranium met een verrijkingsgraad van minder dan 1% U-235 is uitsluitend onder zeer bijzondere omstandigheden splijtbaar, bijvoorbeeld door "zwaar water", deuteriumoxide of zeer zuiver koolstof als moderator toe te passen, kan uranium met een verrijkingsgraad van minder dan 1% kriticiiteit bereikt worden. Deze omstandigheden zijn bij Urenco Nederland B.V. niet aanwezig. Alleen uranium met een verrijkingsgraad van meer dan 1% U-235 wordt daarom beschouwd als splijtbaar materiaal. Daar waar dit materiaal aanwezig kan zijn, wordt uitgesloten dat kriticiiteit kan optreden. Dit geldt met name voor de systemen welke verrijkt materiaal (kunnen) bevatten. Ook voor de decontaminatieinstallaties en radioactief afvalwaterverwerking is dit van toepassing.

De voorwaarden voor het bereiken van kriticiiteit zijn een combinatie van de aanwezige massa, de verrijkingsgraad van het uranium, bepaalde geometrische randvoorwaarden en de aanwezigheid van modererende stoffen zoals H_2O , HF en koolstof.

De betreffende installaties (massa en geometrie) en processen (massa en modererende stof) zijn zo ontworpen dat kriticiiteit kan worden uitgesloten. In enkele gevallen wordt de kriticiiteitsveiligheid zeker gesteld middels procedurele en administratieve maatregelen. Hierbij wordt als uitgangspunt gehanteerd dat minstens een combinatie van twee onwaarschijnlijke en onafhankelijke gebeurtenissen moet plaatsvinden, voordat grenswaardes kunnen worden overschreden.

De grenswaardes voor kriticiiteit worden bepaald middels berekeningen en evaluaties volgens algemeen geaccepteerde en gevalideerde methodes. Urenco Nederland B.V. gebruikt hiervoor thans het programma Monte Carlo pakket MCNP (Monte Carlo N-Particle transport), onder toepassing van veiligheidsfactoren. De resulterende grenswaarden zijn conservatief.

De verrijkingsfabriek SP4 is ontworpen en gebouwd voor een verrijkingsgraad van maximaal 5% U-235. Bij het ontwerp en de bouw van verrijkingsfabriek SP5 is uitgegaan van een maximale verrijkingsgraad van 6% U-235; de installaties in het CSB en het gebouw SP2 zijn hierop aangepast. Wanneer in SP5 verrijking boven 6% U-235, of in SP4 boven 5% U-235 moet plaatsvinden (tot 10%) worden additionele maatregelen getroffen in de vorm van gekwalificeerde take-off en containervulsystemen. Overeenkomstig de vigerende vergunning is verrijking tot 10% U-235 toegestaan.

Wanneer Urenco Nederland B.V. zal verrijken tot boven de 5% respectievelijk 6%, zal dit in beperkte hoeveelheden gebeuren. Het verrijken zal dan plaatsvinden in campagnes (gedurende een vooraf bepaalde beperkte periode) en in één bepaald deel van de installatie. Dit wil zeggen dat voor dergelijke campagnes een vooraf bepaald aantal cascades en deel van het voedings- en "take-off"-systeem wordt gebruikt.

Voor het verrijken tot hogere verrijkingsgraden zullen deelsystemen in beperkte mate worden aangepast. De belangrijkste systemen in dit kader zijn:

- evacuatie- en monsternamen systemen;
- afzuigsystemen;
- systemen voor reiniging van delen die met UF_6 van een hogere verrijkingsgraad zijn besmet;
- afvalwateropslag en afvalwaterbehandeling;
- opslag/transportcontainers.

Voordat verrijking boven de 6% plaatsvindt, zullen berekeningen en tekeningen van bovengenoemde installatieonderdelen en -systemen, alsmede berekeningen van de te gebruiken cascades en voedings- en "take-off"-systemen en de te volgen werkwijze ter goedkeuring aan de directeur van de Kernfysische Dienst van het Ministerie van VROM worden overlegd.

Om toch een indruk te krijgen van de mogelijke gevolgen van een kriticiiteitsongeval is een hypothetisch scenario beschouwd, waarbij een uraanoplossing in een tussenopslagvat of in een precipitatievat kritiek wordt. Deze vaten bevinden zich in de containerreinigingsinstallatie in het CSB.

Kriticiiteit kan slechts optreden wanneer zich in een tussenopslagvat meer dan ca. 400 kg U (6 %) bevindt. Daarvoor is nodig dat een aantal fouten gelijktijdig optreden:

- a) de resthoeveelheid U moet in 20 lege en na elkaar gereinigde productcontainers meer dan 15 kg bedragen, in plaats van de gebruikelijke 1 tot 2 kg;
- b) bij het bepalen van de resthoeveelheid U moet een weegfout gemaakt zijn;
- c) resthoeveelheden van meer dan 20 productcontainers met telkens 6% U-235 moeten zonder vermenging met resthoeveelheden van containers met lager verrijkt U in hetzelfde vervalvat zijn gepompt;
- d) alle metingen van de U-concentratie in de spoelwaterverzamelvaten moeten fout zijn geweest.
- e) er moet afgezien zijn van het toevoegen van verarmd U_3O_8 .

Het gemeenschappelijk optreden van deze gebeurtenissen is zo onwaarschijnlijk dat een kriticiiteitsongeval in een tussenopslagvat kan worden uitgesloten. Een kriticiiteitsongeval bij de uraanprecipitatie is nog

onwaarschijnlijker, omdat aansluitend op de bovengenoemde voorwaarden in het tussenopslagvat (waaruit de U-oplossing voor precipitatie afkomstig is), verdere controlemaatregelen foutief moeten zijn uitgevoerd.

Berekeningen wijzen uit dat, wanneer men toch een kriticiet veronderstelt, er in het precipitatievat maximaal ca. 3.10^{19} splijtingen kunnen optreden. Als de afschermende werking van gebouwen in rekening wordt gebracht en conservatief wordt verondersteld dat het ventilatiefilter faalt en alle splijtingsproducten worden verspreid in de omgeving, dan bedraagt de effectieve dosis voor derden direct aan de terreingrens maximaal ca. 130 mSv.

Gegeven de veiligheidsmaatregelen die zijn genomen, kan een dergelijke ongevalsituatie worden uitgesloten. Deze situatie is dan ook niet opgenomen in de ongevalanalyse van het Veiligheidsrapport.

In annex 1 bij dit veiligheidsrapport wordt een uitgebreide beschrijving gegeven van de maatregelen in het kader van kriticietsveiligheid.

6.3 Algemene veiligheidsmaatregelen

Deze paragraaf beschrijft de algemene veiligheidsmaatregelen genomen op het terrein van Urenco Nederland B.V.

Organisatorische maatregelen en personele maatregelen t.b.v. algemene veiligheid binnen de inrichting zijn beschreven in hoofdstuk 3.

6.3.1 Voorkomen en opvang van lekkages en het morsen van vloeistoffen

Lekkages en het morsen van vloeistoffen in de chemicaliënopslagen worden voorkomen door de juiste verpakking en vervoervoorzieningen op het terrein toe te passen. Mocht toch een lekkage ontstaan of vloeistof worden gemorst, dan zal deze worden opgevangen op de vloeistofdichte vloer.

Lekkages van diesel bij de opslagtanks en de verlaadpunten zullen worden opgevangen door vloeistofdichte vloeren onder de verlaadpunten.

Lekkages aan installaties die freon 22, HFC's, ammoniak, stikstof of argon bevatten, zullen zich verspreiden in de open lucht of leiden tot gasophoping in de ruimte waar de installatie staat. De ruimte met de ammoniak koelinstallatie is voorzien van een automatische gasmelder om een lekkage van ammoniak te detecteren en te melden.

6.3.2 Voorkomen en bestrijden van brand en explosie

Omdat het procesmedium UF_6 niet brandbaar is en er nauwelijks brandbare materialen bij de bouw van de installaties zijn toegepast, kan voor de brandbestrijding met de daartoe geëigende bestrijdingsmiddelen worden volstaan.

Slanghaspels en draagbare brandblusapparatuur zijn op goed zichtbare locaties geplaatst. Naast kooldioxide wordt sproeischuim als blusstof toegepast. Het aantal blussers bedraagt ca. 500 stuks met kooldioxide en ca. 150 stuks met sproeischuim. Er zijn geen automatische blussystemen aanwezig. In de gebouwen zijn totaal ca. 500 slanghaspels aanwezig. Buiten de gebouwen bevindt zich een groot aantal hydranten voor levering van bluswater; aanvullende hoeveelheden bluswater zijn beschikbaar in de Weezebeek.

Het bedieningspersoneel dat in continubedrijf werkzaam is, vervult tevens de rol van bedrijfsbrandwacht als onderdeel van de Bedrijfshulpverleningsorganisatie (BHV).

Andere locaties op het terrein waar brandgevaar is zijn:

- opslag en verlading van diesel;
- opslag van chemicaliën;
- ammoniak in koelinstallaties;
- opslag procesgas DEZ voor stabiele isotopen;
- opslag van gasflessen.

Voor de bestrijding van kleine lokale dieselbranden zijn draagbare brandblusapparatuur en slanghaspels geplaatst.

De chemicaliën zijn opgeslagen in een gecompartmenteerd gebouw (conform PGS15 richtlijn). Diethylzink is opgeslagen in containers afgescheiden van de omgeving door brandwerende wanden. Door de compartimentering wordt escalatie bij brand voorkomen en de brand beperkt. Lokale opslag van chemicaliën gebeurt in gecertificeerde chemicaliënkasten.

Een brandmelding wordt direct doorgegeven naar de regionale brandweer, die onder meer middels het Bedrijfsnoodplan van Urenco Nederland B.V. goed op de hoogte is van de situatie bij het bedrijf. Bovendien wordt er periodiek door de regionale brandweer geoefend op het terrein tezamen met de BHV van Urenco Nederland B.V.

De brandbeschermingsmaatregelen, alsmede de soort en hoeveelheid blusmiddel dat aanwezig moet zijn, worden steeds in overleg met de regionale brandweer en de lokale overheid vastgelegd.

Daar waar (licht-)ontvlambare stoffen op het terrein aanwezig zijn, zal in lijn met de ATEX-regelgeving de aanwezige elektrische apparatuur geschikt zijn voor veilig gebruik in een mogelijke explosieve atmosfeer.

6.3.3 Bliksemgeleiding en aarding

Overeenkomstig de voorschriften zijn alle aardingsinstallaties buiten de gebouwen in koper uitgevoerd. De verschillende aardingsinstallaties zijn strikt van elkaar gescheiden.

Er is voorzien in:

- een bliksembeveiligingsinstallatie;
- een hoogspanningsaarde;
- een fabrieksinstallatieaarde;
- een meetinstallatieaarde.

6.3.4 Externe factoren

Op het terrein behoeft geen rekening gehouden te worden met hoog water, mijnschade en schade ten gevolge van aardbevingen.

Het terreinniveau van de inrichting ligt op minimaal 11,5 m boven NAP (Nieuw Amsterdams Peil), de vloerniveaus van de gebouwen liggen 11,85 m boven NAP. Het weidegebied aan de westelijke zijde van de inrichting ligt circa 1 m lager dan het terreinniveau van Urenco Nederland B.V. Er wordt derhalve geen rekening gehouden met schade t.g.v. overstrooming van de Weezebeek.

Mijnactiviteiten hebben in Almelo en omgeving niet plaatsgevonden. Almelo en omgeving behoren verder niet tot de aardbevingsgevoelige gebieden van Nederland. Bovenstaande aspecten zijn van belangrijke invloed geweest bij de keuze van Almelo als vestigingsplaats voor de verrijkingsindustrie. Het ontwerp van de fabrieken en installaties is dan ook niet berekend op het optreden van aardbevingen. De voor Nederlandse begrippen grote aardbeving destijds bij Roermond, heeft geen enkel gevolg gehad voor de veiligheid van de inrichting in Almelo.

6.3.5 Noodstroomvoorziening

De stroomvoorziening van vitale apparatuur en systemen wordt bij uitval van de openbare elektriciteitsvoorzieningen gewaarborgd door redundante noodstroomvoorzieningen. Op deze voorzieningen is ook de noodverlichting aangesloten. Ook in het geval dat de noodstroomvoorziening niet adequaat functioneert, worden de UF₆-systemen automatisch in de veilige stand gezet.

De noodstroomvoorzieningen bestaan uit:

- stroomaggregaten;
- "No-break"-sets (accu's etc.) welke de stroomvoorziening verzorgen van die systemen die ononderbroken dienen te functioneren.

Op regelmatige tijden wordt de goede werking van de noodstroomvoorzieningen gecontroleerd.

6.3.6 Transportveiligheid

Op het terrein is een wegennet dat alle, voor de bedrijfsvoering noodzakelijke, logistieke bewegingen mogelijk maakt. Een systeem van éénrichtingsverkeer is op het terrein ingevoerd.

De wegen en kruispunten zijn ruim en overzichtelijk uitgevoerd om mogelijke verkeersongevallen zoveel mogelijk te voorkomen. Op het terrein gelden de normale openbare verkeersregels met een snelheidslimiet van 30 km/uur.

Voor de toekomstige spooraansluiting zullen de normale spoortransportbeveiligingen worden toegepast om ongewenste interacties tussen bewegingen over het spoor en andere activiteiten op het terrein te voorkomen.

6.3.7 Terrein en toegangsbewaking

Algemeen

Urenco Nederland B.V. beschikt over uitgebreide beveiligingssystemen tegen onbevoegde beïnvloeding, ter bescherming van de installaties, de splijtstoffen en de gevoelige technologie. Zonder in detail te treden, teneinde die elementen die geheim moeten worden gehouden niet in gevaar te brengen, kan het volgende worden toegelicht.

Beveiliging van de inrichting

Rondom het terrein van de inrichting is een beveiligingssysteem aanwezig waarmee ongecontroleerde passage van de terreingrens redelijkerwijs wordt voorkomen. De omheining volgt, om beveiligings-technische redenen, rechte lijnen en is geïntegreerd met de omheining van het terreingedeelte van het zusterbedrijf ET NL. De bewaking van de gehele locatie, inclusief ET NL, wordt verzorgd door Urenco Nederland B.V., en uitgevoerd door een particuliere beveiligingsorganisatie welke voldoet aan de door het Ministerie van VROM (KFD) gestelde eisen.

Bij de beveiliging van de inrichting en de daarmee samenhangende werkzaamheden worden de relevante bepalingen gevolgd van:

- de Beveiligingsrichtlijnen kerninstallaties (BRK 93);
- het Geheimhoudingsbesluit Kernenergiewet;
- de Algemene Beveiligingsrichtlijnen Uraniumverrijkingcontracten en -offertes (ABUCO).

Daarbij worden de aanwijzingen gevolgd van het bureau Nucleaire Beveiliging en Safeguards (NBS) van de KFD.

Terrorisme

De laatste jaren is (het dreigen met) terrorisme een niet geheel uit te sluiten vorm van onbevoegde beïnvloeding geworden. Nucleaire installaties, waaronder die van Urenco Nederland B.V., zijn in potentie doelwit van terrorisme. Echter bij Urenco Nederland B.V. ontbreken de stoffen die voor terroristen van belang zijn. Er zijn geen explosieve of hoog radioactieve materialen aanwezig, noch biologisch gevaarlijke stoffen. Het aanwezige UF₆ heeft een geringe radioactiviteit, is hooguit licht verrijkt en niet brandbaar. Wel is UF₆ in combinatie met buitenlucht vanuit chemisch oogpunt schadelijk. Daarom bevindt het zich in niet of moeilijk toegankelijke processystemen of in dikwandige opslagvaten. Het UF₆ bevindt zich daarbij overwegend in vaste vorm of in gasvorm en bij onderdruk. Deze zelfde condities gelden ook bij het transport van UF₆.

Mogelijke gevolgen van terrorisme

De gevolgen van een eventuele terroristische actie zullen die van een conventioneel ongeval niet overstijgen. Verwezen wordt in dat verband naar de ongevalanalyse in hoofdstuk 8. Daarin worden de gevolgen beschreven van het meest ernstige ongeval, te weten het neerstorten van een jachtvliegtuig. De gevolgen daarvan zijn te vergelijken met het doelbewust doen neerstorten van een verkeersvliegtuig en wel op een specifiek deel van Urenco, te weten de UF₆-opslagplaats of het UF₆-voedingssysteem van een fabriek. Overigens moet worden opgemerkt dat het zeer moeilijk is om een niet prominent uitstekend doel (laagbouw) op de grond doelbewust met een vliegtuig te raken, in tegenstelling tot bijvoorbeeld een hoog gebouw of een toren. Uiteindelijk zullen de gevolgen van een eventuele terroristische actie tegen Urenco Nederland B.V. eerder een materieel en psychologisch effect hebben, dan ernstige gevolgen voor mens en milieu.

Beveiliging tegen terrorisme

De beveiligingssystemen van Urenco Nederland B.V. zijn er op gericht onbevoegde beïnvloeding tegen te gaan. Daarbij wordt terroristische actie niet uitgesloten. Ondermeer worden nauwe contacten onderhouden met de relevante lokale, nationale en internationale (overheids-)organen, waaronder de veiligheids-diensten. In detail kan daar om geheimhoudingsredenen niet nader op worden ingegaan.

7 BELASTING NORMAAL BEDRIJF

Het werken met gevaarlijke (radioactieve) stoffen kan nadelige gevolgen voor de omgeving en voor het personeel op het terrein met zich meebrengen. De maatregelen, die ter bescherming tegen blootstelling aan de straling of de chemisch toxische effecten afkomstig van de gevaarlijke (radioactieve) stoffen aanwezig op het terrein zijn getroffen, zijn beschreven in hoofdstuk 5 en 6.

Naast UF_6 worden, in beperkte hoeveelheden, andere gevaarlijke stoffen gebruikt. Zoals in hoofdstuk 6 aangegeven, zijn de milieueffecten als gevolg van het gebruik van deze stoffen zeer gering en worden in dit kader verder niet beschouwd.

In dit hoofdstuk worden de milieueffecten als gevolg van het werken met UF_6 en reactieproducten bij normaal bedrijf geanalyseerd. Deze milieueffecten zijn te onderscheiden in:

- emissie van chemisch toxische stoffen in lucht;
- emissie van radioactieve stoffen in lucht;
- emissie van radioactieve stoffen in water;
- externe straling.

7.1 Emissies

7.1.1 Emissie van chemisch toxische stoffen in lucht

De lucht uit de verrijkingsfabrieken, het gebouw SP2 en het CSB die gecontamineerd is of mogelijk gecontamineerd is, wordt gefilterd alvorens te worden geloosd. Met behulp van een bemonsterings- en meetsysteem worden de geloosde hoeveelheden HF en UO_2F_2 gemeten en de resultaten worden verwerkt in periodieke rapportages. HF en UO_2F_2 zijn stoffen met chemisch toxische effecten. UO_2F_2 is een stof met tevens radiotoxische effecten welke in 7.1.2 worden beschreven.

De totale jaarlijkse emissie fluoride bedraagt maximaal 3 kg HF. Deze waarde is gebaseerd op de registraties van de HF-monitoren in de ventilatieschoorstenen. De werkelijke emissie zal duidelijk lager zijn. Uitgaande van deze jaarlijkse emissie is door NRG middels het computerprogramma NUDOS de maximale gemiddelde concentratie aan de terreingrens berekend, zijnde $0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ HF.

De totale jaarlijkse emissie uranium in de vorm van UO_2F_2 is ca. 5 g uranium. De lozing is berekend uit de lozing van de geregistreerde α -activiteit in de ventilatieschoorstenen, waarbij aangenomen is dat 1 gram uranium een activiteit heeft van 25 Bq. Evenals voor de emissie van HF zijn door NRG, uitgaande van de genoemde lozingen van UO_2F_2 , de effecten aan de terreingrens berekend, zijnde een gemiddelde concentratie van $0,003 \text{ ng}/\text{m}^3$ U.

Emissie van andere stoffen in de lucht, met uitzondering van max. 1000 kg ehtaan/jaar, afkomstig van stabiele isotopen is verwaarloosbaar.

7.1.2 Emissie van radioactieve stoffen in lucht

Urenco Nederland B.V. mag overeenkomstige de vigerende vergunning, via ventilatiesystemen, jaarlijks maximaal 130 Re_{inh} (radiotoxiciteitsequivalenten, Re voor inhalatie: Re_{inh} per jaar) lozen. Er wordt van uitgegaan dat deze lozingen worden veroorzaakt door uraniumisotopen en door de isotopen Th-234 en Pa-234m, zijnde vervalproducten van uranium. De werkelijke lozingen van deze uraniumisotopen en de vervalproducten Th-234 en Pa-234m lagen in de afgelopen jaren ruim onder de bovengenoemde waarden.

Naast de vervalproducten Th-234 en Pa-234m ontstaan ook isotopen van het edelgas radon. De radonisotopen ontstaan als vervalproducten van de verschillende uraniumisotopen, wanneer UF_6 gedurende lange tijd in een container verblijft. Daar radon een edelgas is, verdwijnt het via het ventilatiesysteem wanneer lichtgas uit een aan te sluiten of te reinigen container wordt verwijderd. De radonisotopen worden deels (als vervalproducten) tegengehouden door de filters in het ventilatiesysteem.

Wanneer hiermee geen rekening wordt gehouden, bedragen de geloosde hoeveelheden maximaal 4×10^{12} Bq/jaar respectievelijk 2×10^8 Bq/jaar aan Rn-220 respectievelijk Rn-222 (gebaseerd op modelberekeningen, welke zijn toegepast bij de Urenco-vestiging in Gronau). Beschouwen we de maximale lozingen van radonisotopen en de bovengenoemde werkelijke lozingen van uraniumisotopen en de andere vervalproducten, dan blijft de totale lozing naar lucht onder het voornoemd maximum van $130 \text{ Re}_{\text{inh}}$ per jaar. De lozingen in lucht zullen als gevolg van de voorgenomen wijziging niet veranderen.

Door NRG is een berekening (nadere analyse) gemaakt van de, als gevolg van lozing van radioactieve stoffen in de lucht, te verwachten dosis aan de terreingrens met behulp van NUDOS. De daarbij gevolgde berekeningsmethodiek is in overeenstemming met DOVIS A. De uitkomst van deze berekening bedraagt maximaal $0,7 \mu\text{Sv/jaar}$. Deze waarde is lager dan het SN.

7.1.3 Emissie van radioactieve materialen in water

Water, afkomstig uit UF_6 -gebieden, wordt voorafgaand aan lozing op radioactiviteit gecontroleerd. In 2004 is 315 m^3 afvalwater vanuit gecontroleerde gebieden in SP2, SP3, SP4, SP5 en CSB op het gemeentelijk riool geloosd [bron Milieujaarrapport 2005].

Urenco Nederland B.V. mag overeenkomstig de vigerende vergunning maximaal $1,7 \text{ Re}_{\text{ing}}$ per jaar op het riool lozen. De daadwerkelijke lozingen in de afgelopen jaren lagen ruim onder deze waarde. De op het riool geloosde radioactiviteit zal niet direct de bevolking bereiken. Voorzover dit het geval is, zal dit alleen voorkomen na (langdurig) verblijf en verspreiding in het milieu. Op basis van een conservatieve benadering resulteert dit dan in een verdunning met tenminste een factor 10^8 .

De werkelijke, op het riool, geloosde hoeveelheid radioactieve stoffen was de afgelopen jaren minder dan $1 \text{ Re}_{\text{ing}}$. Aangezien de lozing radioactieve stoffen met een halveringstijd > 250 jaar betreft, moet conform MR-AGIS een correctiefactor van 100 worden toegepast, waardoor $W_{\text{max}} < 100 \text{ Re}_{\text{ing}}$.

Conform MR-AGIS geldt dat $W_{\text{SN}} = 100$, uitgedrukt in Re_{ing} , een ingestiedosis ter grootte van $1 \mu\text{Sv/jaar}$ veroorzaakt.

De emissie van radioactiviteit in water zal als gevolg van de voorgenomen wijziging niet veranderen en bedraagt minder dan de locatielimiet.

7.1.4 Toetsing emissies

De jaargemiddelde concentratie, buiten het terrein, van geloosd HF valt ruimschoots onder het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) voor het jaargemiddelde ($0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zoals toegepast in het door het RIVM opgestelde rapport "Luchtkwaliteit Jaaroverzicht 1998 en 1999". (rapportnummer 725301106)

De jaargemiddelde concentratie, buiten het terrein, van geloosd uranium ligt ver onder de Tolerable Air Concentration van $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zoals vastgelegd in ATSDR 1997 US⁴ en is van dezelfde orde als de van nature in de buitenlucht aanwezige concentratie van 0,02 tot $0,14 \text{ ng}/\text{m}^3$ (Health risks of exposure to depleted uranium – Gezondheidsraad/2001).

Toetsing van emissies van radioactieve stoffen geschiedt op basis van de dosis van externe straling. Deze toetsing is opgenomen in paragraaf 7.2.1.

7.2 Externe straling

Het uraniumhoudende materiaal, aanwezig op het terrein, is licht radioactief. Grote hoeveelheden materiaal in opslag veroorzaken bij normale bedrijfsvoering een meetbare verhoging van het stralingsniveau aan de terreingrens. De externe straling, die wordt gemeten aan de terreingrens, is vooral afkomstig van de UF₆-containers met voeding en verarmd materiaal (tails), die buiten op de grote, westelijke containeropslagplaats zijn opgeslagen. De externe straling bestaat uit directe en indirecte (weerkaatsing via luchtlaag, ook wel "sky shine" genoemd) straling.

Dit opslagterrein is ter plaatste van de terreingrens omgeven door een aarden wal, waarmee de directe straling wordt afgeschermd.

Urenco Nederland B.V. beschikt over meetgegevens van de externe straling aan de terreingrens. Daaruit blijkt dat de maximale dosis aan de terreingrens minder dan 4 mSv/jaar bedraagt. Deze dosis neemt snel af verder buiten het terrein van Urenco Nederland B.V. Op circa 400 meter buiten het terrein is geen verhoogde dosis ten opzichte van het achtergrondniveau meetbaar.

Voor de berekening van de Actuele Individuele Dosis (AID) kunnen de Actuele Blootstelling Correctiefactoren (ABC-factor), zoals gegeven in MR-AGIS, worden toegepast. Dit is het geval voor het deel van het opslagterrein dat grenst aan weiland/akkerland. Voor een ander deel van het opslagterrein, dat grenst aan ET NL (voor 50% deel uitmakend van de holding Urenco Ltd), wordt rekening gehouden met de feitelijke verblijfsduur en met een afschermingfactor voor personen die in gebouwen werkzaam zijn.

7.2.1 Toetsing ioniserende straling

Volgens artikel 44, eerste lid, onder e, van het Besluit Stralingsbescherming (Bs) 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.

⁴ Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, Toxicological Profile for Uranium

De tekst van artikel 48, eerste lid (Bs) luidt:

De ondernemer zorgt ervoor dat voor een lid van de bevolking als gevolg van handelingen, die onder zijn verantwoordelijkheid worden verricht, op enig punt buiten de locatie ten gevolge van die handelingen een effectieve dosis van 0,1 mSv in een kalenderjaar niet wordt overschreden.

Het Bs stelt voorts in artikel 3, derde lid, dat door de Minister van VROM regels kunnen worden gesteld voor de bepaling van de doses en daarbij kunnen methoden worden aangewezen voor de wijze waarop de berekende doses worden getoetst in het kader van de vergunningverlening.

De hierboven bedoelde regels en methoden zijn beschreven in de Ministeriële Regeling Analyse Gevolgen van Ioniserende Straling (Mr-agis), inclusief bijlagen. Daarin worden de volgende dosisniveaus worden gehanteerd:

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

Het SN is een niveau waaronder de invulling van het ALARA-beginsel vanuit de overheid geen prioriteit heeft en de verantwoordelijkheid voor het toepassen hiervan bij de vergunninghouder wordt gelegd. De vergunninghouder heeft de verplichting om het ALARA-beginsel in de praktijk door te voeren.

De toetsing aan de locatielimiet wordt, conform MR-AGIS, gedaan voor alle belastingpaden tezamen. Hiervoor wordt de totale Actuele Individuele Dosis (AID) berekend, dat wil zeggen de actuele dosis van alle relevante emissiesoorten samen. Voor de berekening van de totale AID worden de verschillende dosisbijdragen opgeteld die dezelfde groep mensen (kunnen) treffen. De berekende waarde van de totale AID wordt getoetst aan de locatielimiet van 100 μ Sv/jaar.

Voor de berekening van de AID wordt gekeken naar verschillende locaties langs de terreingrens, waarbij de afweging zich beperkt tot het gebied langs het onder 7.2 genoemde opslagterrein. De stralingsniveaus ter plaatse van de overige delen van de terreingrens zijn aanzienlijk lager en betreffen niveaus onder of nabij het secundair niveau.

Nabij genoemd opslagterrein is onderscheid te maken tussen twee gebieden: het weiland en het terrein van ET NL.

Voor het weiland wordt toepassing gegeven van een ABC-factor van 0,01 (weiland of akkerbouw).

De doelstelling is hierbij de totale dosis van alle belastingspaden te beperken tot maximaal 40% van de toegestane locatielimiet van 100 μ Sv/jaar. Deze waarde komt overeen met de thans toegestane waarde van 40 μ Sv/jaar in de vigerende vergunning.

Voor het ET NL-terrein is sprake van een ander gebruik en verwachte verblijfstijden van personen. Omdat het hier een bedrijf betreft dat voor 50% deel uit maakt van de holding Urenco Ltd., en men goed op de hoogte is van de effecten en gevaren van ioniserende straling en er tevens een goede afstemming tussen de bedrijven plaatsvindt over dit onderwerp, is het redelijk hier de locatielimiet als norm te hanteren.

Nabij het opslagterrein bevindt zich op het ET NL-terrein een weg, een productiegebouw en een kantoorgebouw. Toetsing aan de locatielimiet vindt plaats op de terreingrens van Urenco Nederland B.V., halverwege op de zijgevel van het productiegebouw en op de gevel van het kantoorgebouw (zie onderstaande foto).



Overzicht toetsingspunten langs de containeropslagplaats

De verblijfstijd van personeel van ET NL direct aan de terreingrens van Urenco Nederland B.V. is zeer laag en kleiner dan 0,01.

Voor de toetsing van personeel van ET NL, dat zich binnen gebouwen bevindt, is uitgegaan van de ABC-factor van 0,2 (belendende industrieën, instellingen, kantoorgebouwen etc, zonder bewoning). Omdat hier de werkzaamheden vrijwel uitsluitend binnen worden uitgevoerd, mag ook toepassing worden gegeven aan de afschermingfactor van 0,25.

Om te voldoen aan de locatielimiet ter plaatse van de terreingrens van 40 $\mu\text{Sv/jaar}$ wordt rekening gehouden met de volgende waarden:

Lozing in lucht	: <0,7	$\mu\text{Sv/jaar}$ (dit is lager dan het Secundair Niveau)
Lozing in water	: <1	$\mu\text{Sv/jaar}$ (dit is lager dan het Secundair Niveau)
Externe straling	: <40	$\mu\text{Sv/jaar}$ (ABC-factor 0,01)
Totaal	: max. 40	$\mu\text{Sv/jaar}$

Voor de gebouwen van ET NL wordt uitgegaan van een locatielimiet van 100 $\mu\text{Sv/jaar}$ zoals op basis van het BS toelaatbaar is en op grond van eerder gestelde afwegingen ten aanzien van ET NL gezien kan worden als aanvaardbare norm. Hiervoor moet rekening worden gehouden met de volgende waarden:

Lozing in lucht:	<0,7	$\mu\text{Sv/jaar}$ (dit is lager dan het Secundair Niveau)
Lozing in water:	<1	$\mu\text{Sv/jaar}$ (dit is lager dan het Secundair Niveau)
Externe straling:	<100	$\mu\text{Sv/jaar}$ (ABC-factor 0,2 en afschermingsfactor 0,25)
Totaal:	max. 100	$\mu\text{Sv/jaar}$

Op de in de foto weergegeven toetsingspunten worden door Urenco Nederland B.V. regelmatig metingen verricht en gerapporteerd (dit gebeurt overigens ook langs de gehele terreingrens van Urenco Nederland B.V.). Hierbij zal toetsing plaatsvinden aan de hiervoor genoemde waarden. Bij een dreigende overschrijding van deze waarden zullen door Urenco Nederland B.V. passende maatregelen worden genomen om de genoemde grenswaarden niet te overschrijden.

Omdat op de genoemde toetspunten de grenswaarden niet worden overschreden, is vergunningverlening mogelijk. Omdat het secundair niveau (SN, conform MR AGIS) wordt overschreden, dient toepassing te worden gegeven aan ALARA.

Hiervoor is langs de gehele terreingrens, ter plaatse van het opslagterrein, een aarden wal geplaatst welke de directe externe straling naar de omgeving afschermt. De resterende straling betreft in hoofdzaak de eerder genoemde sky shine. Afscherming van dit stralingspad is alleen mogelijk door een geheel overkapt opslagterrein. De kosten hiervoor zijn zeer hoog omdat naast de bouwkosten en onderhoud ook het gehele logistieke systeem rond de toegankelijkheid op het terrein moet worden aangepast. Deze maatregel is hiermee redelijkerwijs niet afdwingbaar.

7.3 Radioactief afval

Afvalwater dat mogelijk radioactief besmet is, wordt in speciaal daarvoor geïnstalleerde verzameltanks opgevangen. In de betreffende ruimtes zijn geen open verbindingen met het openbare riool en de omgeving. Ongecontroleerde lozing van radioactieve besmette vloeistof vindt niet plaats.

Behandeling van afvalwater en ander afval afkomstig uit de verrijkingsinstallaties, uit de installaties voor containerreiniging en decontaminatie is beschreven in hoofdstuk 2.

Gecontamineerde vaste en vloeibare materialen die ontstaan uit de verrijkingsinstallaties of ondersteunende activiteiten (afvalwaterbehandeling, containerreiniging, decontaminatie, smeltcampagnes bij nucleaire smelters), worden in speciaal daartoe bestemde vaten verzameld. Dit laag radioactief afval wordt afgevoerd naar de COVRA.

Alle gecontamineerde stoffen zullen bij afvoer ervan conform de overheidsvoorschriften behandeld worden.

8 ONGEVALSANALYSE

In dit hoofdstuk wordt een ongevalanalyse beschreven waarin de mogelijke maatgevende ongevallen op het terrein van Urenco Nederland B.V. worden beschouwd en uitgewerkt. Voor elk ongevalscenario wordt voor de bijbehorende faalwijze de onderliggende oorzaken en een gevolganalyse beschreven, welke tevens een kwantitatieve beoordeling bevat van de kans van optreden.

Voor een selectie van de ongevalscenario's die maatgevend zijn in hun gevolgen zijn de kansen, effecten en gevolgen verder in detail uitgewerkt en beoordeeld.

Een overzicht van de relevante ongevallen is gegeven in paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** Ongevallen met een interne oorzaak worden in paragraaf 8.2 beschreven en die met een externe oorzaak in paragraaf 8.3. In paragraaf 8.4 is een overzicht gegeven van ongevalcasuïstiek binnen de verrijkingsindustrie wereldwijd. De ongevalanalyse omvat de uitwerking van enkele maatgevende scenario's ten aanzien van kans van optreden (paragraaf 8.5), brontermen (paragraaf 8.6), chemisch toxische en radiologische gevolgen (paragraaf 8.7) en risico's (paragraaf 8.8).

Als eerder aangegeven zullen transporten over het op het terrein van Urenco Nederland B.V. aan te leggen spoor, niet tot andere potentiële ongevalsituaties leiden dan bij transport per vrachtwagen (ongeval 8).

8.1 Ongevalscenario's

In totaal zijn elf ongevallen geanalyseerd waarbij gebruik is gemaakt van de FMEA (Failure Mode & Effect Analysis) analyse techniek. Tien van deze ongevallen leiden tot vrijkomen van geringe hoeveelheden UF₆, UO₂F₂ en/of HF. Eén ongeval, het neerstorten van een zwaar militair jachtvliegtuig, leidt tot een mogelijke lozing van grote hoeveelheden UF₆ en wordt, in meer detail, in paragraaf 8.3 beschreven.

Alle ongevallen zijn in tabel 3 samengevat. De tabel is opgebouwd uit twee groepen, te weten:

- ongevallen met interne oorzaak (nr. 1 t/m 8) en
- ongevallen met externe oorzaak. (nr. 9 t/m 11).

In de tabel worden per ongeval in een korte omschrijving de volgende relevante aspecten aangegeven:

- FAALWIJZE: hier wordt een omschrijving gegeven van het ongeval.
- PLAATS: geeft aan in welk systeem of op welke locatie in een gebouw of op het terrein het ongeval zich kan voordoen.
- MOGELIJKE OORZAAK: hier wordt aangegeven welke oorzaak of oorzaken hebben kunnen leiden tot het ongeval. Dit is verder de basis voor het bepalen van de kans dat het desbetreffende ongeval plaatsvindt.
- WIJZE VAN DETECTIE: aangegeven wordt welke detectiemogelijkheden en technieken gebruikt worden.
- GEVOLGEN: schade t.g.v. het ongeval.
- MOGELIJKE LOZINGEN: vermeldt de mate waarin bepaalde stoffen vrijkomen.
- P, "PROBABILITY": de kans dat het ongeval optreedt wordt aangegeven door een indeling in een bepaalde waarschijnlijkheidscategorie.

Indeling waarschijnlijkheidscategorieën (P = kans):

- A: $P > 10^{-2} / \text{jr}$
- B: $10^{-4} < P < 10^{-2} / \text{jr}$
- C: $10^{-6} < P < 10^{-4} / \text{jr}$
- D: $P < 10^{-6} / \text{jr}$

De kans per ongeval is afgeleid uit de ervaringen bij Urenco Nederland B.V. en vergelijkbare industriële installaties. De kansen zijn bepaald voor een inrichting met een capaciteit van 4.500 tSW/jr. Voor het vliegtuigongeval is een diepgaande analyse gemaakt, gezien de relatief grote gevolgen. (zie paragraaf 8.5.2)

- BEPERKING GEVOLGEN/OPMERKINGEN: aangegeven zijn de mogelijke maatregelen om gevolgen te beperken met waar nodig aanvullende opmerkingen.

Ontwerpongevallen zijn die ongevallen waarvoor in het ontwerp van de installatie voorzieningen zijn getroffen om ze te kunnen beheersen. Buiten-ontwerpongevallen zijn die ongevallen waarvoor de installatie, vanwege de geringe frequentie van optreden, niet is ontworpen om ze te beheersen, maar die toch beschouwd worden in de ongevalanalyse. De ongevallen met een externe oorzaak (met name de geanalyseerde vliegtuigongevallen) behoren tot de categorie buiten-ontwerpongevallen.

De ongevallen met interne oorzaak 1, 2, 3, 4, 5, 7 en 8 kunnen worden beschouwd als zijnde ontwerpongevallen. De kans van optreden blijkt te liggen tussen ca. eens per 10 jaar en eens per 1 miljoen jaar.

De ongevallen met externe oorzaak 9, 10 en 11, alsmede ongeval met interne oorzaak 6, zijn te beschouwen als buiten-ontwerpongevallen. De kans van optreden blijkt te liggen beneden eens per miljoen jaar.

De ongevalanalyse is verder uitgewerkt voor vier verschillende maatgevende ongevalsscenario's. Deze scenario's zijn:

Faalwijze met interne oorzaak:

- Ongeval 3b Breuk/lekkage UF₆-leiding met bovenatmosferische druk.
- Ongeval 6 Hydraulische breuk van een UF₆-leiding.
- Ongeval 8 Intern transportongeval.

Faalwijze met externe oorzaak

- Ongeval 9 Neerstorten vliegtuig op UF₆-houdende installatiedelen.

De selectie van deze maatgevende ongevalsscenario's is gebaseerd op de gevolgen, met name buiten de terreingrens, die deze ongevallen kunnen veroorzaken. Het zijn niet de meest waarschijnlijke ongevalsscenario's. Bij de overige ongevallen komt geen of zo weinig UF₆ vrij, dat analyses van de gevolgen niet zinvol zijn.

De uitwerking van deze maatgevende scenario's omvat een kwantitatieve kansbepaling (paragraaf 8.5), een berekening van de brontermen (paragraaf 8.6), een berekening en evaluatie van de chemo-toxische en radiologische gevolgen (paragraaf 8.7) en een evaluatie van de risico's (paragraaf 8.8).

Tabel 3: Faalwijze- en gevolgenanalyse Urenco Nederland B.V. verrijkingsfabrieken te Almelo

NR.	FAALWIJZE	PLAATS	MOGELIJKE OORZAAK	WIJZE VAN DETECTIE	GEVOLGEN	MOGELIJKE LOZINGEN	P (/jr)	BEPERKING GEVOLGEN / OPM.	SP4	SP5	CSB
Ontwerpegevalen											
1	Perforatie v.d. centrifuge-mantel	Cascadehallen in verrijkings-fabriek	Falen van een rotor	Signaal in regelzaal van het centrifugebewakingssysteem	Inlek van lucht in één cascade	Geringe hoeveelheid t.g.v. langzame diffusie van UF ₆ /UO ₂ F ₂ /HF uit cascade	B	Automatische isolatie van de cascade; afdekken van lek	x	x	-
2	Breuk van een compressorhuis	UF ₆ -gebied en procescorridors	Meervoudige menselijke fouten	Registreren drukverhoging Compressor uitval wordt waargenomen in regelzaal	Ontsnappen van geringe hoeveelheid UF ₆	Geringe hoeveelheid UF ₆ /UO ₂ F ₂ /HF (door reactie met vocht in lucht);	B	Systeem isoleren; reiniging door afzuigstelsysteem	x	x	-
3	Breuk of lekkage van een UF ₆ -leiding met boven-atmosferische druk	a) binnen autoclaven	a) fout in leiding-aansluitingen, lassen, flensverbindingen, kleppen, pakkingen etc.	a) lekalarm door autoclaafdruksensoren en/of luchtstofmonitoren; HF detectie tijdens autoclaaf openingsprocedure	a) reactie van UF ₆ met aanwezige luchtvocht; neerslaan van UF ₆ en UO ₂ F ₂ op de wanden	a) geen lozing buiten autoclaaf	B	Isoleren systeem door sluiten van (snel-) afsluiters; vrijgekomen UO ₂ F ₂ /HF wordt via afzuigstelsysteem met luchtreiniging geloozd. Vervolgens decontaminatie- en herstelwerkzaamheden. zie 3a)	x	-	x
		b) druk-reduceer-ruimte SP4	b) idem; en/of mechanische beschadiging t.g.v. werkzaamheden	b) HF- en luchtstofmonitoren; drukverlies in leiding	b) ontsnappen van UF ₆ uit leiding	b) Vrijkomen van max. 2 kg UF ₆ in desbetreffende ruimte	C		x	-	-

NR.	FAALWIJZE	PLAATS	MOGELIJKE OORZAAK	WIJZE VAN DETECTIE	GEVOLGEN	MOGELIJKE LOZINGEN	P (l/jr)	BEPERKING GEVOLGEN / OPM.	SP4	SP5	CSB
4	Per ongeluk openen van een besmette autoclaaf	Autoclaven in SP4 en CSB	Operatorfout gedurende de reactie op en verificatie van een UF ₆ -emissie binnen een autoclaaf	De aanwezigheid van UO ₂ F ₂ is zichtbaar; die van HF is ruik- en voelbaar; personeel is getraind om deze stoffen op te merken.	De operator wordt bij het openen van de autoclaaf blootgesteld aan geringe hoeveelheden UF ₆ /UO ₂ F ₂ / HF	Geringe hoeveelheden UF ₆ /UO ₂ F ₂ /HF binnen de betreffende ruimte	B	Autoclaaf sluiten; directe ontruiming v.h. gebied, stopzetten ventilatie van gebied, sluit deuren, start noodplan. UF ₆ in autoclaaf langzaam afvoeren naar koudeval of een container. Vervolgens decontaminatie- en herstelwerkzaamheden. Afzuiging via het calamiteitensysteem	x	-	x
5	Containerbreuk door UF ₆ -reacties	UF ₆ -gebieden en blending-station	Reactieve chemicaliën kunnen aanwezig zijn in niet goed gereinigde en niet goed geïnspecteerde container. Meervoudige, onafhankelijke operatorfouten noodzakelijk.	Detectie van (te) hoge druk in UF ₆ -containers; druk ontstaat t.g.v. gasproductie bij de reactie van UF ₆ met water of koolwaterstoffen.	Scheuren v.e. container is onwaarschijnlijk; in het ergst denkbare geval zullen temperatuur en druk de hydrostatische testwaarden niet overschrijden.	Geringe hoeveelheden UF ₆ /UO ₂ F ₂ /HF binnen de betreffende ruimte	C	Eindcontrole bij de toeleverancier en inspectie van de binnenzijde van elke lege container.	x	x	x

NR.	FAALWIJZE	PLAATS	MOGELIJKE OORZAAK	WIJZE VAN DETECTIE	GEVOLGEN	MOGELIJKE LOZINGEN	P (l/jr)	BEPERKING GEVOLGEN / OPM.	SP4	SP5	CSB
6	Hydraulische breuk van UF ₆ -leiding	UF ₆ -gebied SP4 en SP5, blending station CSB	Door falen van een drukreduceerruimte of leiding-verwarming desublimeert UF ₆ in de leiding; vervolgens wordt door een operatorfout de verwarming weer in werking gesteld voordat de leiding is vrijgemaakt.	Het falen van een leiding wordt gedetecteerd door druksensoren in het betreffende leidingsysteem. Een emissie is tevens zichtbaar in de ruimte.	Breuk t.g.v. uitzetting door overgang vast naar vloeibaar UF ₆ .	De inhoud van een leidingstuk van 1 meter lengte en 65 mm doorsnede kan vrijkomen, hetgeen overeenkomt met max. 16 kg UF ₆	C	De procedures voor decontaminatie en herstel worden in werking gesteld.	x	x	x
7	Brand	Magazijnen CSB, het chemicaliën-gebouw, opslagplaats van afgewerkte olie, de noodstroom diesel-ruimtes en de 10 kV transformatoren	Een brand kan ontstaan door elektrische kortsluiting of door blikseminslag of per ongeluk door het personeel	Het branddetectiesysteem detecteert de plaats van een brand. Rook en vlammen zullen ook gezien worden.	De grootste mogelijke brand zal niet overslaan naar andere gebouwsecties. Een gepostuleerde brand in een Gebied 1 of 2 kan leiden tot beschadiging van een UF ₆ -systeem	Geringe emissie van UF ₆ c.q. andere chemicaliën	B	Isoleren van UF ₆ -systeem. Decontaminatie, opruimings- en herstelwerkzaamheden en tests zullen noodzakelijk zijn voor hervatting van het bedrijf na een brand. Betreft alleen ruimten waar brandbare stoffen in belangrijke hoeveelheden aanwezig zijn.	x	x	x

NR.	FAALWIJZE	PLAATS	MOGELIJKE OORZAAK	WIJZE VAN DETECTIE	GEVOLGEN	MOGELIJKE LOZINGEN	P (/jr)	BEPERKING GEVOLGEN / OPM.	SP4	SP5	CSB
8	Intern transport-ongeval	UF ₆ -opslagplaatsen / wegen op het terrein	Vallen van container uit transportmiddel	visueel/auditief	Afbreken van het ventiel	ca. 300 g UF ₆ kan vrijkomen in een uur tijd	A/B	binnen een uur tijd kan het gat gedicht of een nieuw ventiel gemonteerd worden	x	x	x
Buiten ontwerpgevallen met externe oorzaak											
9	Vliegtuig-ongeval	UF ₆ -gebieden, opslagplaatsen	falen van vliegtuig	visueel/auditief/branddetectie	a) plastische deformatie van één of meer UF ₆ -containers in autoclaven b) breuk van container(s) c) freon lozing met brand d) NH ₃ lozing	a) tot 37,5 t UF ₆ b) tot 19 t UF ₆ c) tot 350 kg fosgeen d) tot 260 kg NH ₃	D	a) Decontaminatie en herstelwerkzaamheden b) Beperking duur v.d. brand in opslagplaatsen door - grindondergrond die brandstof absorbeert, of - aflopend terrein met afvoersysteem en opvangputten c) brandbestrijding d) waterscherm	x x x -	- x - -	x x - x
10	Windhoos/orkaan	UF ₆ -gebieden	natuurlijk	visueel/auditief	Breuk van UF ₆ -leidingen	Geringe hoeveelh. UF ₆ en/of reactieproducten in de betr. ruimte	D	Isoleren v.h. systeem, decontaminatie- en herstelwerkzaamheden	x	x	x
11	Gaswolk-explosie	UF ₆ -gebieden	ontsnapping van LPG op rijksweg of op spoorlijn	visueel/auditief/branddetectie	zie 10	zie 10	D	zie 10	x	x	x

8.2 Interne oorzaken

8.2.1 Perforatie van centrifugemantel

Bij toevoer van gasvormige UF_6 aan de cascade treedt ten gevolge van de verschillende massa's van de uraniumisotopen, onder invloed van het centrifugaalveld in de ultracentrifuges, een gedeeltelijke ontmenging van de uraniumisotopen in het gas op. Dit centrifugaalveld wordt veroorzaakt door de snelle rotatie van de dunwandige rotor (trommel), die binnen een geëvacueerde mantel draait. Als gevolg van dit vacuüm komt binnen deze mantel maar een geringe gaswrijving voor. De mantel dient tevens als barrière tegen fragmenten in geval van het uiteenvallen van een centrifugerotor. De centrifugemantels zijn zo ontworpen, dat een gevaar voor het personeel en voor de rest van de cascade, wordt vermeden.

In dit verband zijn de volgende ontwerpcriteria van belang:

- rotorfragmenten mogen de mantelwand niet perforeren;
- centrifugemantel en procesleidingen moeten na het uiteenvallen van een rotor vacuümdicht blijven om verdere schade binnen de cascade te voorkomen. Dit criterium is van groot economisch belang. Ultracentrifuges worden ontworpen om continu te worden bedreven over periodes van meer dan 15 jaar. Dit hoge niveau van betrouwbaarheid vereist een klein uitvalspercentage.

De kinetische energie van een rotor op bedrijfssnelheid wordt bij uiteenvallen omgezet in thermische energie door middel van wrijving tussen het nog draaiend rotormateriaal en de mantel en verwarmingsenergie van rotordelen en de mantel. De integriteit van de mantel tegen het perforeren door fragmenten van dit materiaal is door uitgebreide theoretische en experimentele onderzoeksprogramma's bewezen. De kans dat op het totaal aantal centrifuges bij Urenco Nederland B.V. een fragment van een uiteenvallende rotor de mantel volledig doorboort, waardoor een gat in de mantel ontstaat, ligt tussen 10^{-4} en 10^{-2} per jaar. (Dit betekent één gebeurtenis per 100 tot 10.000 jaar).

Het proces in de ultracentrifuges en het cascadepijpsysteem vindt plaats bij een druk die beduidend lager ligt dan de atmosferische. In geval van eventuele gat in de mantel zal eerst een lekkage naar binnen optreden. De mogelijke lozing van UF_6 of UO_2F_2 en HF beperkt zich tot sporen.

In geval van een gat in een centrifugemantel, gevolgd door luchtinlek in de cascade, zullen automatische detectie- en protectiesystemen voor de evacuatie van de betrokken cascade zorgen en voor de (economische) beveiliging van de overige cascades.

8.2.2 Breuk van een compressorhuis

Voor het afvoeren van de verarmde en verrijkte gasstromen vanuit de cascades naar de containers in de containervulstations, wordt gebruik gemaakt van compressoren. De compressoren verhogen daarbij de druk van het UF_6 -gas van het zeer lage niveau in de cascades naar het niveau in de containers, hetwelk evenwel ook beneden-atmosferisch is.

Omdat het gehele take-off-systeem wordt bedreven bij beneden-atmosferische druk zal, in geval van een breuk van een compressorhuis, eerst een luchtinlek optreden. De drukmeters in het systeem detecteren een verhoogd drukniveau, waarna het betreffende systeemgedeelte wordt ingeblokt en aansluitend wordt geëvacueerd om de eventuele lozing van UF_6 zoveel mogelijk te beperken.

De mogelijke lozing van UF_6 of UO_2F_2 en HF in de ruimte blijft, evenals bij het hierboven omschreven ongeval "perforatie van centrifugemantel", beperkt tot zeer geringe hoeveelheden.

De kans dat een breuk in een compressorhuis optreedt, wordt geacht te liggen tussen 10^{-4} en 10^{-2} per jaar.

8.2.3 Breuk in UF₆-leiding boven-atmosferische druk

Als ernstige bedrijfsstoring wordt een volledige breuk van een pijpleiding in de drukreducerende ruimte van SP4 in aanmerking genomen. (NB: in SP5 kan een dergelijke storing niet optreden.) Een volledige breuk kan alleen ontstaan bij het uitvoeren van constructiewerkzaamheden waarbij met zware apparatuur moet worden gewerkt. Dergelijke werkzaamheden moeten altijd volgens bedrijfsvoorschriften en onder toezicht worden uitgevoerd. Defecten van bijv. flensverbindingen, kleppen, pakkingen etc. zullen veel minder grote lekkages tot gevolg hebben.

In geval van een volledige breuk kan de hoeveelheid UF₆ die vrijkomt, door automatische reactie van het besturingssysteem, alsmede door ingrepen van het bedrijfspersoneel in de regelzaal, beperkt worden tot maximaal 2 kg UF₆ (maximale hoeveelheid totdat de kleppen gesloten zijn). Na een volledige breuk in de leiding zal de druk een ingestelde waarde (nog boven atmosferisch) onderschrijden, welke het personeel d.m.v. een alarm zal waarschuwen. Het personeel zal onmiddellijk afsluiters in de leidingen buiten en binnen de autoclaven sluiten en zo het systeemgedeelte inblokken. Het personeel wordt ook door HF- en luchtstofactiviteitsmonitoren gewaarschuwd.

Een gedeelte van de reactieproducten van het UO₂F₂ en HF, welke ontstaan als gevolg van de reactie van het vrijkomende UF₆ met de waterdamp in de lucht, zal in de desbetreffende ruimte neerslaan.

Van de reactieproducten UO₂F₂ en HF, die niet neerslaan en in de lucht binnen deze ruimte aanwezig blijven, wordt door de automatisch ingeschakelde luchtreinigingsinstallatie van het ventilatiesysteem zoveel gevangen, dat bij deze bedrijfsstoring maximaal 0,2 gram U (als UO₂F₂) en maximaal 2,5 gram HF in de omgeving geloosd wordt.

Bij een dergelijke lozing van UF₆ zal het aanwezige personeel door akoestische en lichtsignalen worden gealarmeerd en de betrokken ruimte verlaten en vervolgens, na het waarschuwen van de bedrijfsleiding en bedrijfshulpverlening, decontaminatiewerkzaamheden initiëren.

Wat lozingen naar de omgeving betreft zal deze bedrijfsstoring minder ernstig zijn dan een hydraulische breuk van een UF₆-leiding (ongeval interne oorzaak nr. 6).

De neergeslagen reactieproducten van UF₆ kunnen worden opgelost in water en verzameld in het separate opvangsysteem voor radioactief afvalwater. Dit systeem bezit geen verbinding met het openbare rioleringsnet waarmee lozing van het radioactieve afvalwater op het betreffende net wordt vermeden. Het aldus verzamelde radioactieve afvalwater wordt niet geloosd, maar afgevoerd naar de afvalwaterbehandelingsinstallatie in het CSB of gebouw SP2.

De kans dat een volledige breuk van een van deze pijpleidingen kan ontstaan, wordt geacht te liggen tussen 10⁻⁶ en 10⁻⁴ per jaar.

8.2.4 Openen van autoclaaf met onopgemerkte besmetting.

Een UF₆-container met voedingsmateriaal wordt in een hermetisch afsluitbare autoclaaf geplaatst, aangesloten en verwarmd middels warme lucht.

Lekkage van UF₆ vanuit de UF₆-container, UF₆-leidingen of afsluiters resulteert in contaminatie binnen de autoclaaf.

De lucht binnen de autoclaaf wordt continu bewaakt. UF₆-lekage wordt door overschrijding van de eerste alarmwaarde in de regelzaal gesignaleerd. De verwarming wordt uitgeschakeld en het bedrijfspersoneel sluit de containerafsluiter.

In geval van overschrijding van een tweede alarmwaarde (druk in de autoclaaf) wordt de UF₆- afsluiter in het pijpsysteem binnen de autoclaaf automatisch gesloten.

Het bedrijfspersoneel kan ook een kleine lekkage detecteren, door middel van een afwijking van de druk/temperatuur verhouding binnen de autoclaaf. Bij kleine lekkages alarmeert een aërosol-detector (rookmelder). Indien kleine lekkages worden geconstateerd sluit de operator kleppen en pompt de inhoud van de autoclaaf af alvorens de autoclaaf te openen. Bij normaal bedrijf kan alleen een drukverhoging optreden als gevolg van de temperatuurstijging bij opwarmen; elke hogere waarde wordt verondersteld het gevolg te zijn van UF₆-lozingen, en zijn aanleiding tot nader onderzoek.

Voordat de autoclaafdeur kan worden geopend moet eerst de binnenruimte van de autoclaaf met het afzuigstelsel worden verbonden voor druknivellering. Het stelsel voor het openen van de deur is met de afsluiter in de leiding naar het afzuigstelsel vergrendeld.

Een HF-monitor in de leiding naar het afzuigstelsel zal een eventuele contaminatie van de lucht in de autoclaaf detecteren. In dit geval wordt het afzuigen gestopt en de bedrijfsleiding gewaarschuwd. Afhankelijk van de omvang van de besmetting kan UF₆ en HF uit de autoclaaf door middel van het reinigingssysteem worden geëvacueerd. Daarna wordt de autoclaaf opnieuw afgezogen en vervolgens met geëigende middelen gedecontamineerd.

In geval dat een besmetting ondanks de beschreven maatregelen niet wordt opgemerkt en vervolgens de autoclaafdeur toch per ongeluk vóór deze evacuatie wordt geopend, zullen maar geringe hoeveelheden UO₂F₂ en HF in de ruimte buiten de autoclaaf komen. Het personeel is getraind om de aanwezigheid van deze stoffen op te merken. HF is aan de reuk reeds merkbaar bij concentraties ver beneden die welke de gezondheid kunnen schaden. Bij een dergelijk incident zal het personeel de autoclaaf sluiten, het gebied ontruimen, zo nodig de ruimteventilatie stopzetten en vervolgens, na het waarschuwen van de bedrijfsleiding en bedrijfshulpverlening, decontaminatiewerkzaamheden initiëren.

De kans dat deze mogelijke besmetting niet wordt opgemerkt wordt geacht te liggen tussen 10⁻⁴ en 10⁻² per jaar.

8.2.5 Containerbreuk door UF₆-reacties

De containers worden door een toeleverancier volgens vastgelegde specificatie geleverd waarbij ook reinheid een aspect is. Vervolgens wordt, voordat een lege UF₆-container in een vulstation wordt geplaatst, een inspectie uitgevoerd. De container wordt, onder andere, op lekken getest en gewogen. Hierbij wordt de binnenzijde van de container visueel geïnspecteerd waarbij duidelijke criteria worden gehanteerd met betrekking tot de acceptatie.

De kans dat een hoeveelheid koolwaterstof, voldoende om een reactie leidend tot een containerbreuk te kunnen veroorzaken, in een container onopgemerkt voorkomt, wordt geacht te liggen tussen 10^{-6} en 10^{-4} per jaar.

8.2.6 Hydraulische breuk van UF₆-leiding

Leidingen waarin UF₆-gas bij beneden-atmosferische drukken, maar boven 70 mbar kan voorkomen worden elektrisch verwarmd om de temperatuur van het UF₆ boven de desublimatietemperatuur te houden.

Bij het uitvallen van de elektrische verwarming wordt het bedrijfspersoneel door een alarm gewaarschuwd. Als het UF₆ nog boven de sublimatietemperatuur blijft, zal het bedrijfspersoneel de verwarming weer in bedrijf nemen. In geval dat de verwarming buiten bedrijf blijft, zal het personeel het UF₆, inclusief eventueel UF₆ in de vaste fase, uit het betrokken leidinggedeelte evacueren.

Wanneer niet zou worden geëvacueerd en UF₆ is gedesublimeerd en de verwarming ongecontroleerd weer in bedrijf zou worden genomen, wordt een hoeveelheid UF₆ in de vaste fase opgewarmd. Deze hoeveelheid wordt door de afmetingen van de leiding bepaald en is maximaal 16 kg.

De maximum voorkomende verwarmingstemperatuur is ca. 80°C (boven het tripelpunt van UF₆). Smelten, uitzetten van het UF₆ en daardoor een hydraulische breuk in de leiding zouden onder deze omstandigheden tot de mogelijkheden kunnen behoren en tot lozing van UF₆ kunnen leiden.

Bij een dergelijke breuk van een UF₆-leiding zal het personeel worden gealarmeerd en het personeel zal het gebied ontruimen, de ruimteventilatie stopzetten en vervolgens, na het waarschuwen van de bedrijfsleiding en bedrijfshulpverlening, decontaminatiewerkzaamheden initiëren.

Een lozing van UF₆ als gevolg van uitvallen van leidingverwarming kan alleen optreden als gevolg van meervoudig menselijk falen. De kans wordt geacht te liggen tussen 10^{-6} en 10^{-4} per jaar.

Van deze storing is een dispersieanalyse en concentratieberekening gemaakt en zijn de gevolgen beschreven in de desbetreffende paragrafen.

8.2.7 Brand

Algemene veiligheidsmaatregelen ten aanzien van brandgevaar en de maatregelen in geval van brand zijn in paragraaf 6.3.2 beschreven.

In ruimtes met UF₆-systemen is de inventaris van brandbaar materiaal (vuurbelasting) onvoldoende om tot een lozing van UF₆ als gevolg van brand te leiden.

Die ruimtes waar meer brandbaar materiaal (zoals olie en chemicaliën) aanwezig kan zijn, zijn van brand-detectiesystemen voorzien. Uraniumverbindingen zijn daar niet aanwezig of alleen in geringe mate.

Een eventuele brand zal niet overslaan naar UF₆-gebieden door compartimentering, detectie en repressie. De kans dat brand met een emissie van UF₆ zou kunnen ontstaan, wordt tussen 10⁻⁴ en 10⁻² geacht.

8.2.8 Intern transport ongeval

De transportmiddelen waarmee containers op het terrein worden vervoerd, zijn zo ontworpen dat bij een storing de container niet uit het transportmiddel kan vallen. Bij het gebruik van standaard heftrucks wordt de container steeds met geëigende middelen vastgezet.

Containers worden alleen op geringe hoogte gehesen en vervoerd. Mocht een container vanaf deze hoogte vallen, dan zal de container zelf niet zodanig beschadigd worden dat een lekkage optreedt. Als maximale schade wordt het afbreken van het containerventiel verondersteld, alhoewel bij transport op het terrein steeds de ventielbeschermkap aanwezig is.

Bij transport is het UF₆ steeds in de vaste fase en is derhalve de dampdruk ver beneden atmosferisch. Door de door het afbreken van het containerventiel ontstane opening zullen slechts geringe hoeveelheden UF₆ middels diffusie ontsnappen. De opening kan bovendien snel worden gedicht. De kans van een intern transportongeval met emissie van UF₆ wordt kleiner dan 10⁻² per jaar geacht.

8.3 Externe oorzaken

8.3.1 Vliegtuigongeval

Vloeibaar UF₆ komt thans alleen in de autoclaven in de verrijkingsfabriek SP4 en het CSB voor; de grootste hoeveelheden zijn aanwezig in de voedingssystemen van de verrijkingsfabrieken. De grootste hoeveelheden vast UF₆ zijn in de buitenopslagplaatsen aanwezig.

Vier ongevallen (twee op een verrijkingsfabriek en twee op een buitenopslagplaats) zijn beschouwd, waarbij in alle gevallen een crash van een (bijna) horizontaal vliegend vliegtuig wordt verondersteld, omdat daarbij de meeste objecten geraakt kunnen worden.

Beschouwde mogelijkheden voor neerstorten:

- a. Een vliegtuig, vol brandstof, crasht op een rij autoclaven met daarin UF₆-containers. De aanvliegrichting en hoek waaronder het vliegtuig inslaat, zijn zodanig gekozen, dat een maximaal aantal autoclaven wordt geraakt.
- b. Het vliegtuig crasht zoals bij geval a. maar heeft geen brandstof aan boord.
- c. Een vliegtuig, vol brandstof, crasht op een rij UF₆-containers in een buitenopslagplaats. De aanvliegrichting en hoek waaronder het vliegtuig inslaat zijn zodanig gekozen dat het maximale aantal containers wordt geraakt.
- d. Het vliegtuig crasht zoals bij geval c. maar heeft geen brandstof aan boord.

Voor de kansberekeningen van de verschillende wijzen van neerstorten wordt verwezen naar paragraaf 8.5.2.

Omvang van de schade

De omvang van de schade is berekend op basis van conservatieve uitgangspunten welke tot een maximale lozing en de meest ongunstige consequenties voor de omgeving leiden.

De uitgangspunten voor de eerdergenoemde scenario's zijn als volgt:

- De maximale schade wordt door een zwaar militair vliegtuig veroorzaakt, vanwege de compacte vorm van romp met daarnaast de turbine(s). Als zwaarste vliegtuig van dit soort is voor de tweemotorige Phantom gekozen. Ondanks het feit dat dit type vliegtuig weinig meer voorkomt, is het nog steeds representatief en bruikbaar voor de berekeningen. Ingeval van burgervliegtuigen is de massa minder compact, waardoor de inslagenergie minder geconcentreerd zal zijn. Burgervliegtuigen volgen veel meer vaste routes. Het uiteindelijke risico is daarom geringer dan het beschouwde militaire vliegtuig. Het doelbewust laten neerstorten van een groot civiel vliegtuig wordt aan het eind van deze paragraaf beschouwd.
- Daar de bij een brand ontwikkelde warmte de pluimstijging (en daardoor de dispersie) van de vrijkomende stoffen beïnvloedt, is een neerstortend vliegtuig zonder brandstof aan boord afzonderlijk bekeken.
- Een vliegtuig zonder brandstof is minder zwaar en bezit daardoor minder kinetische energie.
- Het neerstortende vliegtuig doorboort de eerste autoclaaf en de daarin liggende container volledig (geval a en b). De vliegtuigresten (met name de turbine) en de eerste autoclaaf met container, samen als één massa, beschadigen vervolgens nog enkele autoclaven en containers totdat de resten geen kinetische energie meer hebben om nog verdere schade aan te richten. Het aantal autoclaven met container dat hierbij beschadigd wordt, is bepaald door de plastische deformatie-energie van een autoclaaf en een container te berekenen en deze te vergelijken met de kinetische energie van de resten van het neerstortende vliegtuig en van beschadigde autoclaven en containers. Aldus is bepaald dat bij een crash van een leeg vliegtuig 2 autoclaven met containers volledig beschadigd raken en 4 autoclaven in geval van een vol getankt vliegtuig.
- De UF₆-inhoud van de beschadigde containers in autoclaven is op het moment van inslag vloeibaar en komt volledig vrij (geval a en b). De vulgraad van de containers is gesteld op gemiddeld 75% van 12,5 ton.
- De UF₆-inhoud van de containers op de opslagplaats (geval c en d) is 12,5 ton.
- Het gebouwgedeelte waarin de autoclaven staan opgesteld wordt volledig vernield.
- Het aantal containers dat bij een crash in een buitenopslagplaats beschadigd raakt, is groter dan bij een crash in een autoclavenruimte, omdat in de buitenopslag de bescherming van de autoclaaf ontbreekt en de containers daardoor direct worden geraakt. Het aantal containers dat hierbij beschadigd wordt, is afgeschat uit de resultaten van de berekeningen van een vliegtuigcrash op een rij containers in autoclaven. Zo is bepaald dat 10 containers volledig beschadigd raken bij een crash van een leeg vliegtuig en 15 containers in geval van een volgetankt vliegtuig.

- De samenstelling van het UF_6 aanwezig in alle getroffen containers is verondersteld reprocessed materiaal te zijn (tabel 1).
- Bij een crash in een buitenopslagplaats (geval c) zal een deel van de vrijkomende hoeveelheid brandstof verdwijnen in de bodem van de opslagplaats en/of via het afwateringssysteem. Daardoor zal een ontstane intensieve brand korter duren dan 30 minuten. Hierdoor zullen geen verdere containerbeschadigingen veroorzaakt worden.

Wijze van vrijkomen van UF_6

Als gevolg van de beschadigingen komen grotere hoeveelheden UF_6 vrij. De vorm waarin het UF_6 wordt blootgesteld aan de omgeving (vloeibaar of vast) is afhankelijk van de plaats van inslag.

Het tempo waarmee UF_6 vrijkomt en de wijze waarop het zich verspreidt in de omgeving zijn bepaald op basis van de volgende uitgangspunten:

- Ongeveer 40% van het vrijgekomen vloeibare UF_6 verdampt en reageert onmiddellijk met vocht uit de lucht. Het overige deel van de vloeistof stolt als gevolg van de onttrokken verdampingswarmte. Het vaste UF_6 sublimeert vervolgens.
- UF_6 in de vaste fase wordt door de crashenergie verspreid. Deze verspreiding bevordert de sublimatie.
- Het sublimeren is een langzaam verlopend proces, gebaseerd op diffusieprocessen.
- Het sublimeren en verdampen wordt versterkt door warmte uit de brand ten gevolge van vliegtuigbrandstof.
- Brandstof uit het neergestorte vliegtuig zal zich beperkt verspreiden daar het wegzakt in de grindbodem, waardoor een resulterende brand lokaal blijft.
- Het verdampte of gesublimeerde UF_6 gaat een chemische reactie aan met vocht in de omgevingslucht. De daarbij ontstane reactiewarmte vergroot de stijging van de pluim, welke uit UF_6 en de reactieproducten UO_2F_2 en HF bestaat.
- Vast UF_6 reageert ook met vocht uit de lucht waardoor reactieproducten ontstaan. Het aldus ontstane UO_2F_2 vormt echter een laag over het vaste UF_6 waardoor de toetreding van vocht wordt bemoeilijkt en de reactie wordt vertraagt.
- De pluimstijging, samen met de dispersie van de pluim, wordt in paragraaf 8.7 nader beschreven.

De hoeveelheden UF_6 die in een bepaald tijdsinterval met vocht uit de lucht reageren, zijn voor de verschillende beschouwde vliegtuigongevallen (a t/m d) weergegeven in tabel 4. Het daarbij gehanteerde emissiemechanisme is in paragraaf 8.6.2 beschreven.

Tabel 4: Hoeveelheden reagerend UF₆ per tijdsinterval

	Tijdsinterval (minuten)	Hoeveelheid reagerend UF ₆ (ton) ¹⁾
ongeval a	0 - 1	16
	1 - 7	11
	7 - 15	0,54
	15 - 160	9,75
ongeval b	0 - 1	8
	1 - 160	10,8
ongeval c	0 - 5	10,1
	5 - 10	5,06
	10 - 15	2,5
	15 - 180	3,3
ongeval d	0 - 180	1,17

¹⁾ Onder de hoeveelheid reagerend UF₆ wordt verstaan de hoeveelheid die op de ongevalsplaats vrijkomt in de lucht en reageert met vocht uit die lucht; de hoeveelheid uranium die daadwerkelijk verspreid wordt (in de vorm van UO₂F₂) is slechts een fractie hiervan.

Doelbewust laten neerstorten van een groot civiel vliegtuig vol met kerosine

Wanneer de gevolgen van het doelbewust laten neerstorten van een groot civiel vliegtuig vol met kerosine worden vergeleken met de gevolgen van het neerstorten van een militair jachtvliegtuig, kunnen de volgende verschillen worden verwacht:

- a. Bij neerstorten op de autoclavenruimte:
 - Door de grotere massa van het civiele vliegtuig kunnen meer containers worden beschadigd. Er zijn echter maximaal zes containers met vloeibaar UF₆ aanwezig, zodat er maximaal $6/4 = 1,5$ maal zoveel UF₆ kan vrijkomen.
 - De mogelijk grotere hoeveelheid kerosine kan een grotere brand veroorzaken. De maximaal vrijkomende hoeveelheid UF₆ verandert hierdoor niet, maar de pluimstijging van de vrijkomende stoffen zal de maximale gevolgen van de buiten het terrein verspreide stoffen doen afnemen, waardoor de gevolgen vergelijkbaar zullen zijn met die van het neerstorten van een militair jachtvliegtuig.
- b. Bij neerstorten op de buitenopslagplaats:
 - Door de grotere massa van het civiele vliegtuig kan het aantal beschadigde containers groter zijn dan in het geval van een militair jachtvliegtuig. Naar verwachting zal dit aantal enkele malen groter kunnen zijn.
 - De mogelijk grotere hoeveelheid kerosine zal zich over een groter oppervlak verspreiden. Er zullen hierdoor echter niet meer containers bezwijken. Wel zal de pluimstijging van de vrijkomende stoffen groter zijn. Naar verwachting zal dit laatste effect de gevolgen van een groter aantal beschadigde containers teniet doen, waardoor de gevolgen voor de omgeving vergelijkbaar zullen zijn met die van het neerstorten van een militair jachtvliegtuig.

8.3.2 Windhoos/orkaan

De windbelastingen waaraan de staalconstructies van de UF₆-gebieden weerstand moeten bieden, zijn volgens de Technische Grondslag Bouwberekeningen (TGB) berekend. De beplating van een gevel of een dak van een gebouw kan door een windhoos worden beschadigd. De staalconstructie van het gebouw zal daarbij niet beschadigd worden. Een stuk losgelaten beplating dat loodrecht op een UF₆-pijpleiding valt, kan die leiding eventueel beschadigen. De maximaal denkbare schade tengevolge van een windhoos wordt verondersteld een volledige pijpbreuk in een ruimte met UF₆-onderdrukssystemen te zijn.

De gevolgen van een dergelijke breuk in een UF₆-leiding zijn bij de interne faalwijzen beschreven. Het beschadigen van leidingen met UF₆-overdruk wordt uitgesloten geacht, omdat de ruimtes in SP4 waarin zich dit soort leidingen bevindt meer naar binnen in het gebouw gesitueerd zijn.

8.3.3 Gaswolk explosie

Transporten van vloeibare gasen vinden plaats via de spoorlijn Almelo-Hengelo, de Rijksweg N743 en de Drienemansweg. Een gaswolk, welke vanwege een ongeluk met een tankwagen of tankvoertuig ontsnapt, kan ter plekke exploderen.

De explosie veroorzaakt een drukgolf met een drukbelasting op de dichtstbijzijnde gevels die minder is dan de bovenbeschreven maximale windbelasting ten gevolge van een windhoos/orkaan. De consequenties zullen dus niet groter zijn dan bij een storing t.g.v. windhoos/orkaan.

8.4 Bedrijfservaring

8.4.1 UF₆-procesinstallaties

Sinds het begin van de uraniumverrijkingactiviteiten in Almelo in 1972 hebben zich in de proeffabrieken (SP1 en SP2) en de demonstratiefabriek (SP3) enkele kleine ongevallen voorgedaan waarbij UF₆ in de gebouwen vrijkwam. In alle gevallen waren de lozingen gerelateerd aan processen met UF₆ in leidingsystemen met bovenatmosferische druk. De maximale hoeveelheid die bij één van deze gevallen is vrijgekomen, bedroeg ca. 100 gr UF₆. Het vrijgekomen UF₆ is in alle gevallen binnen de betreffende ruimte van het gebouw gebleven en het filter/scrubbersysteem (luchtreiniging) heeft de uitgaande lucht gereinigd, zodat de invloed op het milieu verwaarloosbaar is geweest. De UF₆-overdrukssystemen in SP1, SP2 en SP3 zijn thans niet meer in gebruik omdat deze fabrieken zijn afgebroken, respectievelijk zijn stilgelegd.

De procesvoering van de "take-off"-systemen in SP4, in bedrijf sinds oktober 1981, is vanuit de ontwerpfasen reeds gebaseerd op onderdrukbedrijf, zulks naar aanleiding van de bedrijfservaring met de proeffabrieken en de demonstratiefabriek. In SP4 kan alleen nog maar overdruk voorkomen in het voedingssysteem, waartoe de voedingsstations zijn uitgevoerd als autoclaven ("double containment"-principe).

In augustus 1986 is er een lekkage opgetreden in een autoclaaf in SP4. Ongeveer 2 kg UF₆ reageerde met het vocht uit de in de autoclaaf aanwezige lucht. Alle reactieproducten zijn binnen de autoclaaf gebleven. Het ontstane HF is met behulp van het afzuigsysteem uit de autoclaaf verwijderd. Het neergeslagen UO₂F₂ is door middel van decontaminatie-activiteiten uit de autoclaaf verwijderd. Het "double containment"-principe van de voedingsstations heeft hierbij, als beoogd, gefunctioneerd.

De procesvoering van SP5 is geheel gebaseerd op onderdrukbedrijf, inclusief de voedingsstations.

Aan- en afkoppelwerkzaamheden en reparaties waarbij de procesinstallaties moeten worden geopend, blijven een mogelijkheid vormen voor het vrijkomen van UF₆ en/of reactieproducten. Om dit te voorkomen, dan wel om gevolgen voor personeel en omgeving te beperken, zijn werkwijzen ontwikkeld en voorzieningen geïnstalleerd.

Bij de bovenvermelde incidenten, waarbij geringe hoeveelheden UF₆ zijn vrijgekomen in de procesruimtes, hebben ook inwendige besmettingen plaatsgevonden via inhalatie van reactieproducten. Dit is vastgesteld middels urineanalyse. In enkele gevallen was er sprake van een overschrijding van de vergunningsgrenswaarde, welke 50 µg per liter bedraagt.

Enkele van de incidenten hebben geleid tot een overschrijding van de vergunningsgrenswaarde voor kortstondige lozingen, welke 0,5 Bq in enig uur bedraagt.

Van ca. 100 procesmedewerkers wordt de stralingsdosis geregistreerd. De maximale individuele jaardosis, welke in de afgelopen jaren is waargenomen, bedraagt ruim 2 mSv. Het aantal medewerkers met een jaardosis groter dan 1 mSv bedraagt ca. 10.

Ongevallen van conventionele aard met ernstige gevolgen voor medewerkers hebben zich nooit voorgedaan. Het meest ernstige ongeval van deze aard is een gebroken enkel geweest als gevolg van civiele verbouwingswerkzaamheden.

8.4.2 Intern transport van UF₆-containers

Tijdens transport over het terrein is er tweemaal een UF₆-container gevallen. In het ene geval is een 30B-container uit een straddle carrier gevallen, in het andere geval is een lege 48Y-container van een heftruck gerold. In beide gevallen werd de laklaag van de containers beschadigd, maar bij geen van de twee incidenten kwam er UF₆ vrij. Beide keren had het bedieningspersoneel verzuimd de containers te blokkeren. Technische voorzieningen en procedurele maatregelen zijn getroffen om herhaling te voorkomen.

8.4.3 Incidenten / ongevallen met UF₆ elders

In Frankrijk en de VS hebben enkele ongevallen plaatsgevonden waarbij grote hoeveelheden UF₆ (5.000 tot 6.000 kg) zijn vrijgekomen. In alle gevallen werd daarbij gewerkt met UF₆ in vloeibare vorm.

In Frankrijk betrof het een zogenoemde vloeibare monstername, waarbij door een heftruck een leiding werd beschadigd en de container leegliep.

In de VS betrof het een transport van een container met vloeibaar UF₆ door een straddle carrier welke uit de klemminrichting viel en openscheurde. In de VS is verder nog een overvulde container opengescheurd als gevolg van het ongecontroleerd opwarmen ervan. Één medewerker kwam daarbij om het leven.

In zowel Frankrijk als de VS zijn bij deze ongevallen geen directe effecten op de omgeving vastgesteld.

Ongevallen als bovengenoemd kunnen in Almelo niet plaatsvinden omdat verwarming van containers en vloeibare monsternamen uitsluitend plaatsvinden in gesloten autoclaven en onder permanente druckbewaking. Vullen van containers met vloeibaar UF₆ vindt niet plaats en ook worden containers met vloeibaar UF₆ niet getransporteerd.

Daarnaast worden containers tijdens het vullen vanuit het verrijktingsproces constant gewogen. De alarmwaarden zijn ingesteld op het maximaal gewicht. De containers worden gevuld tot een redelijk niveau onder het maximaal toegestaan gewicht (de eerste alarmwaarde). Dit niveau wordt automatisch ingesteld vanuit de procesorder. Mocht een container toch verder worden gevuld komt het tweede (maximaal gewicht) alarm. Het maximaal vullimiet wordt automatisch ingesteld door het besturingssysteem (inclusief tarra gewichtscntrole voor type container). Het vullen van een container tot boven het maximaal gewicht gaat zeer langzaam, wat betekent dat de container zeer lang in het "take-off"-station zal blijven staan, hetgeen zal opvallen in de productie.

Na afkoppeling van de container wordt deze opnieuw gewogen en getoetst aan het opgegeven gewicht uit de procesorder.

Ongevallen tijdens transport van UF₆ over weg, spoor en water hebben niet tot het vrijkomen van UF₆ geleid. Het meest bekende transportongeval waarbij UF₆-containers waren betrokken is het zinken van de Mont Louis voor de kust van België na een aanvaring met een veerboot in augustus 1984. De UF₆-containers (30 stuks 48" met voedingsmateriaal) zijn daarbij door het ruwe weer wel beschadigd (deuken) maar hebben geen UF₆ verloren. De containers zijn geborgen en in Frankrijk omgevuld in andere containers.

In mei 2003 heeft op de A1 nabij Deventer een ongeluk plaatsgevonden. Een vrachtwagen met een container UF₆ voedingsmateriaal voor Urenco Nederland B.V. botste achterop een tankwagen. De container die vast op de vrachtwagen was bevestigd was slechts licht beschadigd bij de ophangpunten en was verder nog volledig intact. De chauffeur van de vrachtwagen heeft geen blijvend letsel overgehouden van dit ongeluk.

Bij alle bekende transportongevallen met UF₆ hebben de containers, waarin het UF₆ wordt vervoerd, getoond de weerstand te bezitten welke in het ontwerp en de regelgeving wordt beoogd.

Op 30 september 1999 werden 3 arbeiders van de splijtstoffabriek van Japan Nuclear Fuel Conversion Company te Tokaimura blootgesteld aan een hoge stralingsdosis. Twee van deze blootstellingen bleken fataal te zijn. Het ongeval is veroorzaakt doordat teveel uranium, met hoge verrijktingsgraad (bijna 20%) bij elkaar is gebracht, waardoor kriticieteit ontstond die voortduurde met tussenpozen gedurende 20 uur. In totaal werden 119 mensen blootgesteld aan een stralingsdosis van meer dan 1 mSv als gevolg van het ongeval, maar alleen de stralingsdoses waaraan de drie arbeiders werden blootgesteld waren zeer hoog. De onderliggende oorzaak van het ongeval bleek volgens de IAEA een "human error and serious breaches in safety principles".

8.5 Kansbepaling

8.5.1 Leiding breuk, hydraulische breuk, intern transport ongeval

Een lozing van UF₆ als gevolg van uitvallen van leidingverwarming kan alleen optreden als gevolg van meervoudig menselijk falen. De kans op een hydraulische breuk wordt geacht te liggen tussen 10⁻⁶ en 10⁻⁴ per jaar.

De kans dat een volledige breuk van een UF₆-leiding met bovenatmosferische druk kan ontstaan wordt geacht te liggen tussen 10⁻⁶ en 10⁻⁴ per jaar.

De kans van een intern transportongeval met emissie van UF₆ wordt kleiner dan 10⁻² per jaar geacht.

8.5.2 Vliegtuigongeval

In deze paragraaf zijn de kansen berekend voor het neerstorten van een vliegtuig met lozing van UF₆ als gevolg. De beschouwde doelgebieden zijn de autoclavenruimtes in de verrijkingsfabriek SP4 en het CSB en ook de buitenopslagplaatsen.

Uitgangspunten

De schatting van de kans van neerstorten van een vliegtuig op Urenco Nederland B.V. te Almelo is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- a. Het neerstortend vliegtuig is een militair jachtvliegtuig.
Deze veronderstelling is gebaseerd op het feit dat:
 - Militaire jachtvliegtuigen een grotere neerstortfrequentie hebben dan andere vliegtuigen.
 - Militaire jachtvliegtuigen niet gebonden zijn aan vastgelegde vliegroutes; zij kunnen dus in principe overal neerstorten.
 - Een neerstortend jachtvliegtuig een groter penetrerend vermogen heeft dan andere vliegtuigen. Een civiel vliegtuig kan weliswaar een veel grotere massa hebben, doch deze is niet zo compact als bij een militair vliegtuig.
- b. De frequentie van neerstorten boven Nederland bedraagt 2 per jaar.
Uit de casuïstiek is bekend dat jaarlijks ongeveer 2 jachtvliegtuigen boven Nederland neerstorten. De kans van neerstorten wordt voor alle plaatsen in Nederland verondersteld hetzelfde te zijn. In de nabijheid van militaire vliegvelden is er geen sprake van een verhoogde kans.
- c. Kans van neerstorten op een doel is recht evenredig met het oppervlak van dat doel.
De kans van neerstorten op een bepaald doel wordt als volgt berekend. Gemiddeld storten jaarlijks 2 militaire vliegtuigen neer in Nederland. Het oppervlak van Nederland bedraagt 40.000 km². De frequentie van het neerstorten van een vliegtuig op een autoclavenruimte wordt berekend door de frequentie van 2 per jaar te vermenigvuldigen met de verhouding van het kwetsbare doeloppervlak ⁵ van het desbetreffende gebied en het oppervlak van Nederland.

De kans van neerstorten op de autoclavenruimtes

SP4

Onderstaand is de kans berekend dat binnen de SP4 één of meer autoclaven geraakt worden. In SP4 staan 10 autoclaven (elk gevuld met 1 container) op een rij waarbij de lengteassen evenwijdig op een afstand van 4,5 m lopen. De lengte van iedere autoclaaf bedraagt ca. 6 m.

De autoclaven beslaan derhalve een bruto-oppervlak (dus inclusief tussenruimte) van 45 x 6 m².

Met toevoeging van de 25 m zone wordt het kwetsbare doeloppervlak voor het treffen van één of meer containers:

$$O = 56 \times 45 + \pi(28)^2 = 4.980 \text{ m}^2.$$

waarmee de frequentie voor het treffen van één of meer autoclaven $1,2 \times 10^{-7}$ per jaar wordt.

⁵ Het kwetsbare doeloppervlak is het oppervlak waarbinnen brokstukken van het vliegtuig nog voldoende kinetische energie hebben om de veronderstelde schade te veroorzaken.

De kans dat er meer dan één autoclaaf getroffen wordt is een verbijzondering met een navenant lagere frequentie.

CSB

In het CSB is uitgegaan van 9 autoclaven op een rij waarbij de lengteassen evenwijdig lopen. De lengte van de grootste autoclaaf bedraagt 6 m. (Met de kleinere afmetingen van de autoclaven voor 30" containers wordt geen rekening gehouden, hetgeen conservatief is.)

De autoclaven beslaan een bruto-oppervlak (dat is dus inclusief tussenruimte) van $40,5 \times 6 \text{ m}^2$.

Met toevoeging van de 25 m zone wordt het kwetsbare doeloppervlak voor het treffen van één of meer containers:

$$O = 56 \times 40,5 + \pi(28)^2 = 4.731 \text{ m}^2,$$

waarmee de frequentie voor het treffen van één of meer autoclaven $1,1 \times 10^{-7}$ per jaar wordt.

De kans dat er meer dan één autoclaaf getroffen wordt is wederom een verbijzondering met een navenant lagere frequentie.

Totale kans voor autoclavenruimtes

De kans dat in een willekeurige autoclavenruimte op het terrein één of meer autoclaven worden getroffen is $1,2 \times 10^{-7} + 1,1 \times 10^{-7} = 2,3 \times 10^{-7}$ per jaar.

De kans dat er meer dan één autoclaaf worden getroffen is aanzienlijk kleiner.

De kans van neerstorten op de opslagplaatsen

Op het Urenco Nederland B.V.-terrein zal in totaal max. 50.000 m^2 in gebruik kunnen worden genomen als opslagplaats voor containers met vast UF_6 . Dientengevolge is de jaarlijkse kans van neerstorten op een willekeurige plaats waar zich opslagcontainers bevinden

$$f = 5 \times 10^4 / 4 \times 10^{10} = 1,3 \times 10^{-6} \text{ per jaar.}$$

8.6 Brontermen

8.6.1 Uraniumsamenstelling

Voor de berekening van de radiologische gevolgen is uitgegaan van een uraniumsamenstelling volgens tabel 5. Deze samenstelling weerspiegelt de limietwaardes die typerend zijn voor reprocessed uranium uit brandstof dat een opbrand van 50.000 MW dagen per ton uranium in een LWR heeft bereikt, gevolgd door een afkoelperiode van 10 jaar. Deze samenstelling komt overeen met de waarden in de specificatie, ASTM C787/96 reprocessed (tabel 1), met uitzondering van het gehalte van U-234 en U-235, welke hoger zijn aangehouden.

De specificatiewaarde voor U-234 volgens ASTM C787/96 komt overeen met een zeer lage opbrand.

Tabel 5: Limietwaarden van reprocessed uranium afkomstig uit LWR brandstof met maximale opbrand

Isotoop	Eenheid	Waarde
U-232	gew. %	5×10^{-7}
U-234	gew. %	2×10^{-2}
U-235	gew. %	5
U-236	gew. %	0,84
U-238	gew. %	rest
Tc-99	gew. %	5×10^{-5}
Splijtingsproducten	MeV.Bq/kgU	110×10^3
Transuranen	dpm/gU	1500
Voor het ingroeien van de vervalproducten van U-232 en U-238 wordt een opslagtijd van 2 jaar na UF ₆ -conversie verondersteld.		

Deze conservatieve samenstelling leidt tot de maximale dosisequivalenten voor de eerste dag na een ongeval en voor 50 jaar. De dominante nucliden voor de gammastraling zijn de vervalproducten van U-232.

Ondanks het feit dat uranium dat overeenkomt met een zeer lage opbrand waarschijnlijk niet wordt herverrijkt is een samenstelling, met maximaal denkbare α -activiteit, voor dit materiaal in de tabel 6 opgesteld. De belangrijkste nuclide voor α -activiteit is U-234.

Tabel 6: Waarden van reprocessed uranium afkomstig uit LWR brandstof met lage opbrand

Isotoop	Eenheid	Waarde
U-232	gew. %	5×10^{-8}
U-234	gew. %	$4,8 \times 10^{-2}$
U-235	gew. %	5
U-236	gew. %	0,4
U-238	gew. %	rest
Transuranen	dpm/gU	1500

Met deze conservatieve samenstelling als uitgangspunt zijn de berekende besmetting, en de ingestie dosis afkomstig van de (vermijdbare) consumptie van gewassen hoger (zie paragraaf 8.7.2).

In de berekeningen van de radiologische effecten is uitgegaan van een nuclidensamenstelling van uranium met een hoge concentratie van U-232 behorend bij een hoge opbrand en een hoge concentratie U-234 behorend bij een lage opbrand. Deze theoretische isotopensamenstelling is zeer conservatief ten aanzien van de radiologische effecten.

Deze isotopensamenstelling en bijbehorende radioactiviteitinhoud in Bq is weergegeven in tabel 7.

Tabel 7: Activiteit per ton UF₆

Isotoop	gew. %	kg/ton UF ₆	specifieke activiteit (Bq/kg)	Bq/ton UF ₆
U-232	5×10^{-7}	$3,38 \times 10^{-6}$	$7,91 \times 10^{14}$	$2,67 \times 10^9$
U-234	$4,8 \times 10^{-2}$	$3,25 \times 10^{-1}$	$2,31 \times 10^{11}$	$7,51 \times 10^{10}$
U-235	5,0	$3,38 \times 10^1$	$7,99 \times 10^7$	$2,70 \times 10^9$
U-236	0,84	$5,68 \times 10^0$	$2,34 \times 10^9$	$1,33 \times 10^{10}$
U-238	94,1	$6,36 \times 10^2$	$1,24 \times 10^7$	$7,89 \times 10^9$
Tc-99	1×10^{-7}	$6,76 \times 10^{-7}$	$6,26 \times 10^{11}$	$4,23 \times 10^5$
Splijtingsproducten	--	--	--	$2,23 \times 10^4$ MeV
Transuranen	--	--	--	$3,7 \times 10^7$

8.6.2 Leiding breuk, hydraulische breuk, intern transport ongeval

Uitgangspunten

UF₆ dat bij interne ongevallen vrijkomt wordt verondersteld in dampvorm vrij te komen en direct te reageren met vocht in de lucht; hierbij ontstaat ongeveer 200 kJ per mol reagerend UF₆, welke warmte bijdraagt aan de pluimstijging. Er vindt dus geen verspreiding van UF₆ plaats maar van de reactieproducten UO₂F₂ en HF.

Brontermen

Voor drie relevante ongevallen met interne oorzaak zijn de brontermbepalingen vermeld. Bij de overige ongevallen komt geen of zo weinig UF₆ vrij dat consequentieanalyses niet zinvol zijn.

Ongeval 3b: Breuk/lekkage UF₆-leiding met bovenatmosferische druk

Plaats:	Drukreducerruimte SP4
Gebeurtenis:	vrijkomen van max. 2 kg UF ₆ 2 kg UF ₆ , reageert binnen de ruimte met H ₂ O, dit levert 1,75 kg UO ₂ F ₂ en 0,45 kg HF.
Effectiviteit luchtreiniging:	voor UO ₂ F ₂ 99,99%, voor HF 99,5%
Lozingsweg:	via luchtreiniging uit schoorsteen.

Indien geen verdere retentie (van voornamelijk UO₂F₂) plaatsvindt, wordt de lozing:

$$10^{-4} \times 1,75 \text{ kg} = 0,28 \text{ gram UO}_2\text{F}_2$$

$$5 \times 10^{-3} \times 0,45 \text{ kg} = 2,3 \text{ gram HF.}$$

Van dit ongeval is geen consequentieanalyse gemaakt, daar deze lozingen verwaarloosbaar zijn ten opzichte van die bij intern ongeval 6 dat hierna wordt beschreven.

Ongeval 6: Hydraulische breuk van UF₆-leiding

Plaats:	UF ₆ -gebieden van SP4 en SP5 en blending station CSB
Gebeurtenis:	max. 16 kg reprocessed feed komt vrij uit een leidingstuk 16 kg UF ₆ , reageert binnen de ruimte met H ₂ O, dit levert 14 kg UO ₂ F ₂ en 3,63 kg HF.
Lozingsweg:	via schoorsteen, 17 m hoogte, 2 m diameter, ventilatie- debiet $50 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{uur}$ (conservatieve benadering)

Gegeven de retentie voor UO₂F₂ van 90% en voor HF van 10% wordt de lozing

$$0,1 \times 14 \text{ kg} = 1,4 \text{ kg UO}_2\text{F}_2$$

$$0,9 \times 3,63 \text{ kg} = 3,27 \text{ kg HF}$$

Dit ongeval is als representatief gekozen voor de interne ongevallen met lozingen omdat

- de lozing naar de omgeving in dit geval het grootst is van alle interne ongevallen;
- het radiologisch risico (waarin ook de kans van optreden verwerkt is) het grootst is.

Ongeval 8: Intern transportongeval

Plaats:	UF ₆ -opslagplaatsen en wegen op het terrein
Gebeurtenis:	300 g UF ₆ ontsnapt in 1 uur uit container
Lozingsweg:	Via een falend ventiel.

300 g UF₆ ontsnapt in 1 uur uit container en zal direct in de buitenlucht met H₂O reageren. Verondersteld wordt dat alle UO₂F₂ dat ontstaat in de directe omgeving van de container zal neerslaan. De hoeveelheid HF die ontstaat (in totaal ca. 70 gram in 1 uur) geeft geen aanleiding tot verhoogd gevaar voor de omgeving.

8.6.3 Vliegtuigongeval

Uitgangspunten

De aard en ernst van de gevolgen van de vliegtuiginslag zijn o.m. afhankelijk van:

- het al dan niet vloeibaar zijn van het betrokken UF₆; vloeibaar UF₆ leidt doorgaans tot grotere lozingen;
- het al dan niet optreden van brand; brand leidt tot een grotere emissie van UF₆ en tot een verspreiding over een groter gebied i.v.m. de hogere pluimstijging;
- de isotopensamenstelling van het UF₆.

Bij de analyse van de vliegtuigongevallen is ervan uitgegaan dat containers in de autoclavenruimtes vloeibaar UF_6 bevatten; containers in opslag bevatten daarentegen vast UF_6 .

Het al dan niet optreden van (een relevante) brand hangt af van het al dan niet aanwezig zijn van kerosine in het neerstortende toestel.

Het aantal containers dat bij een vliegtuigongeval zodanig beschadigd raakt dat er een emissie van UF_6 plaatsvindt, hangt samen met het al dan niet aanwezig zijn van kerosine in het vliegtuig. Door de grotere massa van het vliegtuig bij de aanwezigheid van kerosine is de aangerichte schade groter.

De hoeveelheid kerosine die een toestel verondersteld wordt aan boord te hebben bij een inslag is vastgesteld op $6,25 \text{ m}^3$, hetgeen overeenkomt met ongeveer 5 ton.

Het aantal containers dat bij het neerstorten van een vliegtuig zodanig beschadigd wordt dat er UF_6 vrijkomt is voor een crash op een:

- a. Autoclavenruimte : 4, in het geval van brand/kerosine;
- b. Autoclavenruimte : 2, in het geval van geen brand/kerosine;
- c. Opslagplaats : 15, in het geval van brand/kerosine;
- d. Opslagplaats : 10, in het geval van geen brand/kerosine.

Voor de opslagplaatsen is hierbij verondersteld dat de volledige UF_6 -inhoud van een beschadigde container vrijkomt. Het vermelde aantal containers representeert aldus de maximaal denkbare emissie.

Het aantal containers dat geraakt wordt bij het neerstorten van een vliegtuig op een opslagplaats kan wel groter zijn dan het vermelde aantal, maar de beschadigingen zullen daarbij geringer zijn, zodat de hoeveelheid UF_6 die per container vrijkomt geringer is en daarmee de totale hoeveelheid.

Het aantal containers dat in een opslagplaats wordt geraakt wordt niet groter bij een eventuele meerlaagse opslagmethode.

Het emissiemechanisme bij deze ongevallen is als volgt:

Ongeval a (containers met vloeibaar UF_6 met brand)

De brand ten gevolge van $6,25 \text{ m}^3$ kerosine wordt verondersteld 15 minuten te duren.

In de eerste minuut komt 42,6% van de totale inhoud aan UF_6 vrij in damp/aërosolvorm. Van de resterende hoeveelheid wordt verondersteld dat 50% van het uitgelopen/ verspreide UF_6 zich buiten de invloedsfeer van de brand bevindt. Deze hoeveelheid vormt, net als bij het scenario "geen brand" een laag van 1 cm dikte die in 160 minuten verdampt. De hoeveelheid die zich wel binnen de brand bevindt (50% van 57,4% van de totale inhoud), verdampt volledig in 6 minuten (na de eerste min.). Dientengevolge ontstaan er bij dit veronderstelde ongeval vier tijdsintervallen met verschillende emissiemechanismen, nl. 0-1, 1-7, 7-15 en 15-160 minuten.

Ongeval b (containers met vloeibaar UF₆ zonder brand)

Ten gevolge van het defect raken van de container komt in de eerste minuut 42,6% van de totale inhoud aan UF₆ vrij in damp/aërosolvorm. Het resterende UF₆ (57,4%) vormt een laag van 1 cm dikte die op grond van de dampdruk sublimeert. Deze laag verdampt in 160 minuten. Deze percentages zijn gebaseerd op beschouwingen van de warmte-inhoud van het vloeibare UF₆ en op het emissietempo vanaf een vast UF₆-oppervlak. Dientengevolge wordt het emissiemechanisme in dit geval gesplitst in twee tijdsintervallen, nl. 0-1 minuten en 1-160 minuten.

Ongeval c (containers met vast UF₆ met brand)

De brand ten gevolge van 6,25 m³ kerosine wordt verondersteld 15 minuten te duren; dit is te kort om een hydraulisch barsten van ongeschonden opslagcontainers te veroorzaken. Gedurende deze 15 minuten neemt de intensiteit van de brand af tengevolge van het wegstromen van de kerosine in (water)afvoerleidingen of (afhankelijk van de opslagplaats) de opname van de kerosine in de kiezellaag onder de containers. Bekend is dat bij een brand van 800 °C het emissietempo vanaf een vast oppervlak 0,5 kg.m⁻².s⁻¹ bedraagt. Verondersteld is dat dit emissietempo de eerste 5 minuten plaatsvindt, in de daaropvolgende 5 minuten bedraagt het 0,25 kg.m⁻².s⁻¹ en in de laatste 5 minuten van de brand 0,125 kg.m⁻².s⁻¹. In de resterende tijd tot 3 uur na de aanvang van het ongeval vindt emissie plaats vanaf een vast oppervlak bij 30 °C met een snelheid van 5×10^{-3} kg.m⁻².s⁻¹.

Ongeval d (containers met vast UF₆ zonder brand)

Wanneer ten gevolge van een vliegtuiginslag een container met vast UF₆ wordt opengereten vindt er bij een temperatuur van 20 °C een emissie plaats van $2,4 \times 10^{-3}$ kg.m⁻².s⁻¹. Een opengescheurde container wordt verondersteld een oppervlak van vast UF₆ van 4,5 m² bloot te leggen. Betreffende de ongevalduur mag verondersteld worden dat binnen drie uur na een ongeval zonder brand mitigerende maatregelen zijn genomen die een verdere emissie beperken of zelfs onmogelijk maken.

De hierboven beschreven emissiemechanismen resulteren in hoeveelheden UF₆ die reageren met vocht uit de lucht tot UO₂F₂ en HF. (zie tabel 4)

Brontermen

De hoeveelheden UO₂F₂ en HF vormen de bronterm voor de dispersieberekeningen van de radiologische en chemisch toxische effecten. De volgende aannames zijn gehanteerd in de berekeningen van de verschillende brontermen.

Niet alle stoffen c.q. isotopen worden in dezelfde mate verspreid:

- HF dat ontstaat bij de reactie van UF₆ met water wordt altijd voor 100% verspreid;
- UO₂F₂ dat ontstaat bij de reactie van UF₆ met water wordt in geval van brand voor 50%, in geval van geen brand voor 20% verspreid;
- isotopen die geen vluchtige verbindingen vormen met fluor worden in geval van geen brand slechts voor 10% verspreid, in geval van brand echter wel voor 100%.

In Annex 3 zijn in tabellen A3-1 t/m A3-4 de resultaten vermeld van de brontermberekeningen voor de verschillende vliegtuigongevallen op basis van limietwaardes zoals in tabel 7 vermeld en de vrijkomende hoeveelheden UF₆ zoals in tabel 4 zijn weergegeven.

De vervalproducten van de verschillende uraniumisotopen worden berekend overeenkomstig de opslagtijden zoals in tabel 5 wordt vermeld. Diverse relevante gegevens zijn gespecificeerd voor verschillende tijdsintervallen.

8.7 Gevolgen

8.7.1 Verspreidingsberekeningen en consequentieanalyses

Op basis van de warmte uit de chemische reactie tussen UF_6 en vocht in de lucht wordt een pluimstijging berekend overeenkomstig de faalwijze van het vliegtuigongeval beschreven in paragraaf 8.3.1 voor de gevallen b en d. Als basis voor de berekening van de pluimstijging in geval a en c wordt de additionele warmte van de verbrandende vliegtuigbrandstof nog daarbij meegenomen.

De pluim bestaat uit de reactieproducten UO_2F_2 en HF. De resulterende concentraties van UO_2F_2 en HF in de lucht op verschillende afstanden van het lozingspunt zijn berekend.

De verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het nationaal erkende computermodel NUDOS van NRG.

Dit model is tezamen met een set van aanbevelingen voor parametergebruik een verbijzondering van het zogenaamde Nationaal Model, een in Nederland algemeen aanvaarde en toegepaste voorspellingsmethode voor contaminantentransport via de lucht, gebaseerd op het gaussisch pluimmodel.

Een neutraal weertype stabiliteitsklasse D met windsnelheid van 4 m/s is als basis gekozen voor de berekeningen. De kans om na een gepostuleerd ongeval buiten de terreingrens een dosis te ontvangen die groter is dan de dosis berekend bij dit weertype is kleiner dan 10%. De keuze van dit weertype bij de berekening is dus conservatief.

Voor de berekening van de dosis zijn de meest conservatieve uitgangspunten gekozen voor de chemische verbindingen en de effecten op de betrokken lichaamsdelen. De dosisfactoren gaan uit van het dosismodel van ICRP publicatie nr. 30. Dit dosismodel is inmiddels vervangen door het model van ICRP publicatie nr. 60 en de dosisconversiefactoren van ICRP publicatie nr. 72. Wanneer deze dosisconversiefactoren worden toegepast blijkt dat de berekende effectieve dosis circa 30% lager wordt.

Alle doses zijn berekend voor volwassenen. De inhalatiedoses voor 1- resp. 10-jarigen zijn niet significant hoger (3,5 resp. 11%). De ingestiedoses (direct) voor 1- resp. 10-jarigen zijn wel significant hoger (2,5 resp. 1,3 maal) dan voor volwassenen. De ingestiedoses t.g.v. landbouwproducten boven grenswaarden kunnen evenwel worden vermeden door het treffen van maatregelen.

De doses tengevolge van consumptie van dierlijke producten, zoals melk, melkproducten en vlees zijn verwaarloosbaar ten opzichte van de doses afkomstig van consumptie van bladgroenten en van overige gewassen.

Ten aanzien van α -besmetting kan worden gesteld dat de van nature aanwezige α -activiteit in de bodem (teelaarde) circa 50 Bq/kg bedraagt. In beton worden concentraties van 50 - 300 Bq/kg aangetroffen.

Besmetting van het grondwater wordt niet aannemelijk geacht, gezien de geringe mobiliteit van de contaminanten (Referentie: Projectrapport MORIS; RIVM, 1992).

Voor de berekening van de doses en de oppervlaktebesmetting is bovendien een situatie met regen verondersteld, vanwege het verhoogd neerslaan van UO_2F_2 onder die omstandigheden.

De resultaten zijn weergegeven in de vorm van:

- Maximum concentraties HF in de lucht nabij grondniveau. Ten gevolge van de pluimstijging worden met name de concentraties van vrijkomende stoffen nabij grondniveau in de eerste minuten sterk verminderd.

- Geïnhaleerde hoeveelheden HF en UO_2F_2 nabij grondniveau.
- Grondbesmetting (α -besmetting).
- Effectieve dosis (eerste dag en gedurende 50 jaar) en de dosis ten gevolge van ingestie (direct en continu).
 - De berekende effectieve dosis (eerste dag) wordt vooral bepaald door inhalatie van radioactieve stoffen in de voorbijtrekkende wolk.
 - De berekende 50-jaardosis is ook inclusief inhalatie. Deze dosis is echter voornamelijk afkomstig van gammastraling uitgezonden door op de bodem neergeslagen radioactieve stoffen.
 - Ingestie (direct) is de dosis die wordt opgelopen door consumptie van bladgroenten, waar radioactieve stoffen op zijn neergeslagen (slechts van toepassing op de eerste oogst na het ongeval). De dosis ten gevolge van consumptie van voedsel uit eigen tuin is met eenvoudige maatregelen te vermijden.
 - De dosis tengevolge van consumptie van groenten na de eerste oogst, aangegeven als ingestie (continu), is afkomstig van de opname door wortels van in de bodem gedrongen radioactieve stoffen. De hier berekende waarde is voor een periode van 50 jaar. De berekende doses zijn van toepassing op personen die uitsluitend groenten uit het besmette gebied eten, hetgeen een conservatieve benadering is.

Tabel 8 geeft de resultaten weer van de verspreidingsberekeningen voor de interne faalwijze zoals beschreven in paragraaf 8.2 (Hydraulische breuk van een UF_6 -leiding).

Het UF_6 dat vrijkomt reageert binnen de ruimte en een deel van de reactieproducten wordt via de schoorsteen geloosd. (Zie paragraaf 7.1.2).

Tabel 9 geeft de berekeningsresultaten weer van de verschillende scenario's van een vliegtuigongeval zoals beschreven in paragraaf 8.6.2. Beschouwd is het verblijf in de gaswolk gedurende de gehele duur van het ongeval.

Tabel 8: Resultaten consequentie-analyse Hydraulische breuk van een UF₆-leiding

Gevolgen	Afstand [m]			
	25	100	200	500
max. concentratie HF (mg/m ³)	$8,7 \times 10^{-7}$	0,19	0,22	0,08
geïnhaleerd HF (mg)	$4,7 \times 10^{-7}$	0,1	0,12	0,04
geïnhaleerd UO ₂ F ₂ (mg)	$2,0 \times 10^{-7}$	0,04	0,05	0,02
α-grondbesmetting (kBq/m ²)	0,20	0,16	0,15	0,06
effectieve dosis (mSv)				
eerste dag	$3,8 \times 10^{-7}$	$4,8 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$
50 jaar (incl. 1 ^e dag)	$3,7 \times 10^{-3}$	$7,5 \times 10^{-3}$	$8,0 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^{-3}$
ingestie (direct)	$2,3 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$
ingestie (continu)	$1,5 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-3}$

Uitgangspunten:

- Neutraal weertype met regen, windsnelheid 4 m/s.
- Verblijf in de gaswolk gedurende hele ongevalduur.

Afstanden:

- 100 m tot 175 m: schoorsteen tot terreingrens.
- 200 m tot 500 m: schoorsteen tot bewoonde bebouwing.

Tabel 9: Resultaten consequentie-analyse Vliegtuigongevallen

		Ongeval a			Ongeval b			Ongeval c			Ongeval d		
		25 m	100 m	125 m	25 m	100 m	125 m	25 m	100 m	125 m	25 m	100 m	125 m
Maximale concentratie HF (mg/m ³)	0-15 min	verwaarloosbaar											
	15-160 min	46	25	21									
	0 - 1 min				verwaarloosbaar								
	1 - 180 min				46	25	21						
	0 - 0,5 min							verwaarloosbaar					
	0,5-180 min							44	12	1.5			
	0 - 180 min										14	4.0	0.49
Geïnhaleerd HF (mg)		120	66	55	130	71	60	130	37	4.6	45	13	1.6
Geïnhaleerd UO ₂ F ₂ (mg)		94	51	43	100	55	46	100	29	3.5	35	9.8	1.2
Grondbesmetting (α-besmetting) (kBq/m ²)		2300	750	620	470	210	180	1500	460	110	83	25	3.6
Effectieve dosis (mSv)													
• Eerste dag		11	5.8	4.1	12	6.2	5.2	11	3.2	0.4	3.9	1.1	0.13
• 50 jaar (incl. 1 ^o dag)		71	25	21	24	11	9.3	40	12	2.5	5.3	1.5	0.2
• Ingestie (direct)		310	130	100	150	76	64	250	75	14	43	12	1.6
• Ingestie (continu)		140	46	38	32	14	12	93	28	6.5	5.7	1.7	0.25

Uitgangspunten:

- Neutraal weertype met regen, windsnelheid 4 m/s.
- Verblijf in de gaswolk gedurende hele ongevalduur.

Afstanden:

- 25 m : inslagpunt opslag tot terreingrens.
- 100 m : inslagpunt autoclaven tot terreingrens.
- 125 m : inslagpunt autoclaven tot bewoonde bebouwing.
- 500 m : inslagpunt opslag tot bewoonde bebouwing.

8.7.2 Gevolgen hydraulische breuk UF₆-leiding

Op basis van de resultaten van de consequentie analyse in de tabel 8 zijn geen chemisch en radiologisch toxische gevolgen en is geen schade voor mensen en omgeving als gevolg van een hydraulische breuk in een UF₆-leiding te verwachten.

De gevolgen die zijn berekend voor het scenario van een hydraulische breuk liggen ruim onder de berekende gevolgen behorend bij de scenario's van een vliegtuigongeval.

8.7.3 Gevolgen vliegtuigongeval

Chemisch toxische gevolgen

Op basis van de in de tabel 9 weergegeven HF-concentraties en geïnhaleerde hoeveelheden zijn geen onherstelbare schade aan ogen en longen te verwachten van personen welke zich buiten de terreingrens bevinden. Inademing van de maximaal optredende concentratie UO₂F₂ leidt eveneens niet tot onherstelbare gezondheidsschade.

Radiologische gevolgen

Voor de berekening van de radiologische gevolgen is uitgegaan van een uraniumsamenstelling volgens tabel 5. Zoals in paragraaf 8.6.2 is beschreven weerspiegelt deze samenstelling de limietwaarden die typerend zijn voor reprocessed uranium uit brandstof met de hoogste opbrand.

Met de uraniumsamenstelling zoals in tabel 5 als uitgangspunt zijn de berekende besmetting en de ingestie dosis afkomstig van de (vermijdbare) consumptie van gewassen hoger. Deze doses zijn 30% hoger in geval van ongelukken met brand (vliegtuigongeval a. en c.) en 50% hoger in geval van ongelukken zonder brand (vliegtuigongeval b. en d. en het interne ongeval dat in tabel 3 is weergegeven).

De beschouwde vliegtuigongevallen zullen een verhoging van het besmettingsniveau in de omgeving veroorzaken.

Een alfabesmetting van circa 14 kBq/m² veroorzaakt op deze wijze een verdubbeling van de van nature aanwezige alfa-activiteit, waarbij een besmettingdiepte van 20 cm in de bodem van akkerland is verondersteld en een soortelijke massa van de grond van 1.400 kg/m³. Overschrijding van dit niveau kan optreden tot afstanden van 8, 2, 5 en 0,2 km bij resp. ongeval a, b, c en d.

Door de Europese Commissie zijn grenswaarden vastgesteld voor de concentratie van radioactieve stoffen in landbouwproducten, boven welke deze niet op de markt mogen worden gebracht. Het door de overheid gehanteerde niveau voor bladgroente besmet met langlevende radionucliden ($t_{1/2} > 10$ dagen), uitgezonderd de isotopen van plutonium en hogere actiniden, bedraagt 1250 Bq/kg. Omgerekend naar oppervlaktebesmetting komt dit neer op 8 kBq/m². Uit de berekeningen volgt dat deze waarde kan worden overschreden tot afstanden van 14 km, 2,9 km, 9,2 km en 0,3 km bij de respectievelijke ongevallen a, b, c, en d.

Dit betekent dat de eerste oogst aan bladgroenten binnen deze afstand in de richting van de heersende wind na een vliegtuigongeval vanwege de bovengenoemde grenswaarde niet vrij handelbaar is. Een graasverbod voor vee is niet nodig gezien de beperkte overdracht van activiteit naar melk en vlees.

Voor de besmetting van landbouwgewassen via opname door plantenwortels kan worden gesteld dat de bovengenoemde grenswaarde in geen van de beschreven ongevallen zal worden overschreden. Er behoeven dan ook geen maatregelen voor de langere termijn te worden getroffen.

Indien er geen maatregelen bij de beschreven vliegtuigongelukken worden genomen om consumptie van voedsel uit eigen tuin te voorkomen, kan een extra stralingsdosis worden opgelopen (direct). De in de bodem dringende radionucliden kunnen ook na verloop van tijd nog een zekere stralingsdosis (continu) veroorzaken, via opname door plantenwortels. De directe en continu stralingsdosis is in de tabellen weergegeven.

De dosis ten gevolge van consumptie van voedsel uit eigen tuin is met eenvoudige maatregelen te vermijden.

Gevolgen voor het personeel

Tengevolge van de stralingsdosis treedt geen acute schade op. De chemotoxische gevolgen voor iemand op het terrein die op een kortere afstand van het lozingspunt verblijft zijn, vanwege de pluimstijging, in het algemeen minder ernstig dan die bij de bovengenoemde afstanden. Plaatselijk kunnen echter hogere concentraties voorkomen door het verzamelings- en kanaliseringseffect van (nog) in bedrijf zijnde ventilatiesystemen. Het uitschakelen van de relevante ventilatiesystemen vermijdt fatale gevolgen.

8.8 Risico-evaluatie

De navolgende risico-evaluatie is gebaseerd op de combinatie van maximale kans van optreden van een ongeval en de consequenties zoals eerder zijn beschreven (niet vermijdbare doses) van dat ongeval op een locatie met de grootste gevolgen.

Als basis voor de risico-evaluatie dient de niet-vermijdbare dosis.

De niet-vermijdbare dosis bestaat uit:

- De 50 jaardosis inclusief bestraling vanaf het bodemoppervlak
- De dosis t.g.v. consumptie van besmette groente op de eerste dag zijnde 2% dosisingestie (direct)

Acute schade vanwege stralingsdosis wordt uitgesloten geacht. Voor de berekening van de zgn. late effecten, wordt een overlijdensrisico van 5,0% per Sv gehanteerd, conform ICRP-60.

8.8.1 Hydraulische breuk UF₆-leiding

De bovengrens van de waarschijnlijkheid dat dit intern ongeval plaatsvindt is kleiner dan 10⁻⁴/jaar.

Uitgaande van een risico van 5,0% per Sv en een maximale dosis van 9 x 10⁻³ mSv levert dit een maximaal individueel risico op van:

$$10^{-4}/\text{jaar} \times 9 \times 10^{-3} \text{ mSv} \times 5,0 \times 10^{-5}/\text{mSv} = 4,6 \times 10^{-11} \text{ per jaar.}$$

8.8.2 Vliegtuigongeval

Ongeval a.

De kans dat één of meer containers worden beschadigd bij dit ongeval is maximaal $2,3 \times 10^{-7}$ /jaar. De maximale 50 jaardosis op de terreingrens (100 m) (25 mSv) zal optreden indien 4 containers worden beschadigd. Inclusief de niet-vermijdbare ingestie dosis zoals in paragraaf 5.6 worden beschreven, is het risico op een dosis van 28 mSv gebaseerd.

Het maximale individueel risico is:

$$2,3 \times 10^{-7}/\text{jaar} \times 28 \text{ mSv} \times 5,0 \times 10^{-5}/\text{mSv} = 3,2 \times 10^{-10} \text{ per jaar.}$$

Ongeval b.

Op dezelfde wijze als hierboven uitgerekend voor ongeval a, kan het maximale individueel risico worden berekend voor geval b:

$$2,3 \times 10^{-7}/\text{jaar} \times 13 \text{ mSv} \times 5,0 \times 10^{-5}/\text{mSv} = 1,4 \times 10^{-10} \text{ per jaar.}$$

Ongeval c.

Ook voor deze ongevallen (neerstorten van een vliegtuig op een opslagplaats) kan een soortgelijke benadering worden toegepast die leidt tot een maximaal individueel risico van:

$$1,25 \times 10^{-6}/\text{jaar} \times 45 \text{ mSv} \times 5,0 \times 10^{-5}/\text{mSv} = 2,8 \times 10^{-9} \text{ per jaar.}$$

Ongeval d.

Bovenstaande benadering leidt tot een berekend maximaal individueel risico van:

$$1,25 \times 10^{-6}/\text{jaar} \times 6,2 \text{ mSv} \times 5,0 \times 10^{-5}/\text{mSv} = 3,8 \times 10^{-10} \text{ per jaar.}$$

8.8.3 Toetsing aan artikel 18 BKSE

De gevolgen van ontwerpgevallen moeten worden getoetst aan artikel 18 van het BKSE.

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

In het veiligheidsrapport zijn drie ontwerpgevallen beschouwd waarbij UF₆ vrijkomt:

Ongeval 3b: Breuk/lekkage UF₆-leiding met bovenatmosferische druk

Hierbij komt maximaal 4,4 g UO₂F₂ en 56,8 g HF vrij. Van dit ongeval is geen consequentieanalyse gemaakt, daar deze lozingen verwaarloosbaar zijn ten opzichte van die bij ongeval 6.

Ongeval 6: Hydraulische breuk van UF₆-leiding

De lozing is bij dit ongeval het grootst van alle ontwerpongevallen. Er komt maximaal 16 kg reprocessed feedmateriaal vrij uit een leidingstuk. De lozing via de schoorsteen bedraagt 1,4 kg UO₂F₂ en 3,27 kg HF. Deze lozing kan leiden tot een maximale volgdosis buiten het terrein van 9 µSv.

Ongeval 8: Intern transportongeval

Hierbij ontsnapt 300 g UF₆ uit een beschadigde container, waaruit in een uur tijd ca. 70 g HF in de omgeving wordt verspreid. Verondersteld wordt dat alle UO₂F₂ dat ontstaat in de directe omgeving van de container zal neerslaan.

Zoals eerder gesteld is het ongevalscenario van een vliegtuigongeval niet als ontwerpongeval beschouwd op basis van de kans van optreden van deze ongevalscenario's.

De kans van optreden van een hydraulische breuk van een UF₆ leiding (ongeval 6) wordt geschat op $< 10^{-4}$. Daarbij hoort volgens bovenstaande tabel uit het BKSE een maximaal toegestane effectieve dosis van 100 mSv.

Conclusie: De gevolgen van de beschouwde ontwerpongevallen vallen ruimschoots binnen de criteria van BKSE artikel 18.



Annex 1 Kriticiiteitsbeheersing bij Urenco Nederland B.V.

INHOUD	Pagina
1 INLEIDING	3
2 KRITICITEITSGRENSWAARDEN	4
3 KRITICITEITSVEILIGHEID VAN DE INSTALLATIES	5
3.1 Opslag en transport	5
3.1.1 Feedopslag	5
3.1.2 Tailsopslag	5
3.1.3 Productopslag	5
3.1.4 Aan- en afvoer van UF ₆ -containers	5
3.2 Verrijkingsfabrieken	6
3.2.1 Voedingsstations	6
3.2.2 Cascadehallen	6
3.2.3 Compressoren	6
3.2.4 Containervulstation	6
3.2.5 Evacuatie- en monsternamesystemen	6
3.2.6 Opvangsysteem voor was- en schrobwater	7
3.2.7 Ventilatiesystemen	7
3.3 Blendingstation (CSB)	7
3.3.1 Voedingsstations	7
3.3.2 Containervulstations	7
3.3.3 Monsternamesystemen	7
3.3.4 Evacuatie en monsternamesystemen	7
3.4 Decontaminatie-inrichting (CSB)	8
3.4.1 Containervoorbereiding	8
3.4.2 Containerreiniging	8
3.4.3 Tussenopslag	8
3.4.4 NaDU-systeem	8
3.4.5 Componentenreiniging	8
3.4.6 Oliedecontaminatie	8
3.4.7 Afvalwaterbehandelingsysteem	8
3.4.8 Ventilatiesystemen	8
3.5 Decommissioning/decontaminatie SP2	9
3.5.1 Dismantlingbox	9
3.5.2 Reinigingssysteem en afvalwateropslag	9
3.5.3 Ventilatiesystemen	9
4 TRANSPORT EN ONDERHOUD KRITICITEITSVEILIGE ONDERDELEN	10
5 OVERZICHT VEILIGHEIDSCRITERIA EN TOEGEPASTE MAATREGELEN	11
5.1 Verrijking in de SP5/SP4	11
5.2 Production Services (Waste Treatment, Material Handling & Distribution, Blending)	12
5.3 Chemistry & Analysis	13
5.4 Recycling	13



1 INLEIDING

In de installaties van Urenco Nederland B.V. is uranium in grote hoeveelheden aanwezig. Het uranium is aanwezig in de vorm van UF_6 . Daarnaast komen kleine hoeveelheden voor in de vorm van de chemische verbindingen UF_4 , $NaDU$ ($Na_2U_2O_7$), UO_2F_2 en U_3O_8 . Kriticiiteit wordt uitgesloten doordat de installaties dan wel de processen kritisch veilig zijn ontworpen. Waar dit niet mogelijk is wordt middels procedurele en administratieve maatregelen zeker gesteld dat kriticiiteit niet kan voorkomen. Hierbij wordt als uitgangspunt gehanteerd dat minstens een combinatie van twee onwaarschijnlijke en onafhankelijke gebeurtenissen moet plaatsvinden voordat grenswaardes kunnen worden overschreden; ook wel het double contingency principe genoemd.

Bij het ontwerp en de bouw is uitgegaan van de maximum verrijkingsgraad 5% U-235 voor de verrijkingsfabriek SP4 en van 6% U-235 voor verrijkingsfabriek SP5 en de betreffende installaties in het CSB en het gebouw SP2.

In de navolgende hoofdstukken wordt nader ingegaan op de aspecten van kriticiiteitsveiligheid in de verrijkingsfabrieken en de bijbehorende infrastructuur.

Een samenvattend overzicht van de relevante veiligheidscriteria en de toegepaste maatregelen in de diverse (deel)processen is gegeven in hoofdstuk 5.

2 KRITICITEITSGRENSWAARDEN

Bij de bepaling van de kriticitetsgrenswaarden voor de verrijkingsinstallaties is uitgegaan van de maximale neutronen vermenigvuldigingsfactor die, in een systeem met splijfstof met maximale verrijkingsgraad, kan optreden bij optimale moderatie en maximale reflectie. De grenswaarden zijn gebaseerd op berekeningen en evaluaties volgens internationaal geaccepteerde methodes.

Dit betekent dat rekening gehouden is met:

- De maximale neutronen vermenigvuldigingsfactor afkomstig van UO_2F_2 met 5% of 6% U-235. Dit is een conservatieve aanname aangezien UO_2F_2 uraniumrijker is dan de andere verbindingen UF_6 , UF_4 en $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$. U_3O_8 wordt hierbij niet meegenomen omdat dit alleen in verarmde toestand aanwezig is.
- Optimale moderatie, dat wil zeggen de meest ongunstigste H/U-verhouding in het homogene UO_2F_2 / H_2O mengsel met 5% of 6% U-235. Maximaal mogelijke uitwendige reflectie ten gevolge van een H_2O omhullende.

De grenswaarden voor een eenvoudige geometrie zijn gepresenteerd in tabel 1 en 2. Zolang één van de grenswaarden niet wordt overschreden, is kriticitet uitgesloten.

De norm van de veilige subkritische limiet voor systemen met een verrijkingsgraad groter dan 5% is gesteld op $k_{\text{eff}} < 0.95 - 3\sigma$. (σ is de standaard deviatie geassocieerd aan de uitgevoerde computerberekening). Deze norm is voor systemen met een verrijkingsgraad kleiner/gelijk 5% gesteld op $k_{\text{eff}} < 0.98 - 3\sigma$.

Systeem	Grenswaarde
Volume	18 liter
Diameter	219 mm
Hoogte	99 mm
Massa Uranium	19.5 kg
Massa water	11.5 liter

Tabel 1. Berekende veilige parameters voor een verrijkingsgraad tussen de 5% en 6%.

Systeem	Grenswaarde
Volume	30 liter
Diameter	260 mm
Hoogte	122 mm
Massa Uranium	30 kg
Massa water	12.7 liter

Tabel 2. Berekende veilige parameters voor een verrijkingsgraad tot 5% U-235 verrijkt systeem.

Voor uraniumhoudende olie wordt uitgegaan van andere mengsels (UF_4/CH_2 voor minerale olie) en gelden andere grenswaarden.

3 KRITICITEITSVEILIGHEID VAN DE INSTALLATIES

Kriticititeit wordt uitgesloten doordat de installaties geometrisch veilig zijn ontworpen (safe by geometry) of dat in de procesafloop geen accumulatie van moderator dan wel massa kan plaats vinden (safe by process). Waar dit niet mogelijk is wordt door middel van procedurele en administratieve maatregelen zeker gesteld dat kriticititeit niet kan voorkomen op basis van het double contingency principe. Hierbij worden grenswaarden gehanteerd voor verrijkingsgraad (kleiner dan 1%), massa en moderator (zie tabel 1 en 2 in paragraaf 2). Als uitgangspunt geldt dat minstens een combinatie van twee onwaarschijnlijke en onafhankelijke gebeurtenissen moet plaatsvinden voordat grenswaarden kunnen worden overschreden.

In de verrijkingsinstallaties is moderatiecontrole een belangrijk veiligheids criterium. Onder moderatiecontrole wordt verstaan dat de aanwezigheid van modererende stoffen wordt vermeden dan wel beperkt (ofwel de verhouding waterstof/uranium (H/U verhouding is beperkt), waardoor de effectieve neutronen vermenigvuldigingsfactor beneden de norm voor k_{eff} blijft. Als moderator komt overwegend waterstof in de vorm van HF of water (H_2O) in aanmerking; in geval van filters van evacuatie- en monsternamesystemen kan dat ook koolstof zijn.

De verrijkingsinstallaties zo ontworpen en ingesteld dat de verrijkingsgraad maximaal 5% is in SP4 en 6% in SP5. Daarnaast wordt de verrijkingsgraad on-line gemeten.

3.1 Opslag en transport

3.1.1 Feedopslag

Bij opslag van feedmateriaal met de natuurlijke concentratie van U-235 is op grond van het lage U-235 gehalte (<1% U-235) een kriticitieitsrisico niet aanwezig.

3.1.2 Tailstopslag

Bij de opslag van tails is beperking van het U-235 gehalte (<1%) het geldende veiligheids criterium. Tails (verarmd uranium) heeft per definitie een U-235 gehalte dat lager is dan 0,7%.

3.1.3 Productopslag

Het veiligheids criterium voor een product container in de opslag is moderatiecontrole. De maximale veilige massa waterstof bedraagt 0.95 kg voor een 30"B container en 1.05 kg voor een 48"Y container. Dit is equivalent met 8,5 kg respectievelijk 11,5 liter water. Ten gevolge van inlek van vochtige lucht kan deze waarde niet overschreden worden.

3.1.4 Aan en afvoer van UF_6 -containers

Bij transport van containers met UF_6 met U-235 gehalten van minder dan 1 % (feed en tails) zijn geen kritische situaties mogelijk, zoals vermeld in paragraaf 3.1.1 en 3.1.2. Ook tijdens het transport van product containers kunnen de grenswaarden als gevolg van inlek van moderator niet overschreden worden.

Intern transport van containers die verrijkt UF₆ materiaal bevatten, evenals containers met voedings- en verarmd materiaal, vindt plaats onder gecontroleerde omstandigheden (lage snelheid, geringe hoogte) waardoor de kans op schade minimaal is en de container haar functie behoudt. Bij extern transport moeten containers met verrijkt materiaal, conform internationale transportvoorschriften, worden vervoerd in beschermende buitenverpakkingen (conform ANSI 14.1), welke zeker stellen dat de productcontainer bij een transportongeval niet defect raakt. Hierdoor wordt ook tijdens extern transport de moderatiecontrole gewaarborgd.

3.2 Verrijkingsfabrieken

3.2.1 Voedingsstations

Bij het verwerken van UF₆ met een verrijktingsgraad van < 1 % U-235 kan geen kriticiiteit optreden.

3.2.2 Cascadehallen

In de cascadesystemen komen vanwege de heersende lage procesdrukken slechts geringe hoeveelheden UF₆ voor. Ook in geval van storingen is het niet mogelijk dat in de cascadehallen zich een ophoping van materiaal voordoet welke groter is dan de veilige massa. Als direct gevolg van een storing wordt het UF₆ uit de cascades geëvacueerd naar dumpsystemen, die geometrisch veilig ontworpen zijn. De maximale verrijktingsgraad van de cascadesystemen wordt zeker gesteld door maatregelen in het ontwerp en de bedrijfsvoering van de verrijkingsfabrieken en on-line monsternames en analyses.

3.2.3 Compressoren

De compressoren welke ingezet worden voor het transport van procesmedium uit de cascades, zijn zo gedimensioneerd dat ze een veilig volume hebben. De verbindingsleidingen van de cascades naar de compressoren en van de compressoren naar de containervulstations zijn op grond van hun afmetingen kriticiiteitsveilig.

3.2.4 Containervulstations

Voor de containervulstations gelden dezelfde veiligheidscriteria als vermeld voor de opslag van containers met feed, tails en product, dat wil zeggen beperking van de verrijktingsgraad en moderatiecontrole.

De zuiverheid van het geproduceerde verrijkte materiaal wordt zeker gesteld door middel van regelmatige reinigingshandelingen (zogenaamd afpompen van HF en andere lichtgassen). Wanneer niet tijdig gereinigd wordt, neemt de instroom van UF₆ automatisch af en stopt het proces. Dit noemen we safe-by-process. De reinigingshandelingen zijn vastgelegd in procedures voor de bedrijfsvoering.

3.2.5 Evacuatie en monsternamesystemen

Actiefkool-filters en koudevallen in evacuatie- en monsternamesystemen zijn kriticiiteitsveilig op grond van geometrie.

3.2.6 Opvangsysteem voor was- en schrobwater

Van de opvangsystemen voor mogelijk uraniumhoudend afvalwater wordt de kriticiiteitsveiligheid verzekerd door beperking van massa. De opvangputten worden regelmatig visueel geïnspecteerd en waar nodig gereinigd.

3.2.7 Ventilatiesystemen

De filtersystemen waarin zich uraniumhoudend stof kan verzamelen worden periodiek gecontroleerd op belading met uranium. Daarnaast wordt de aangeboden luchtstroom continue bemonsterd en bewaakt, zodat een verhoogde concentratie van uraniumdeeltjes tijdig gesignaleerd wordt.

3.3 Blendingstation (CSB)

3.3.1 Voedingsstations

In het blendingstation wordt productmateriaal op klantenspecificatie gebracht. De product containers in de voedingsstations zijn kriticiiteitsveilig op grond van moderatiecontrole zoals beschreven in paragraaf 3.1.3. De verbindingsleidingen naar de containervulstations zijn kriticiiteitsveilig op grond van hun afmetingen.

3.3.2 Containervulstations

Voor de containervulstations gelden dezelfde veiligheidscriteria als vermeld voor de opslag van containers met feed, tails en product, dat wil zeggen beperking van de verrijkingsgraad en moderatiecontrole.

De zuiverheid van het geproduceerde verrijkte materiaal wordt gewaarborgd door middel van regelmatige reinigingshandelingen (zogenaamd afpompen van HF en andere lichtgassen). Wanneer niet tijdig gereinigd wordt, neemt de instroom van UF₆ automatisch af en stopt het proces. De reinigingshandelingen zijn vastgelegd in procedures voor de bedrijfsvoering.

3.3.3 Homogeniseringstations

In het homogeniseringstation wordt productmateriaal vloeibaar gemaakt ten behoeve van homogenisatie en bemonstering. De product containers in deze autoclaven zijn kriticiiteitsveilig op grond van moderatiecontrole zoals beschreven in paragraaf 3.1.3.

3.3.4 Evacuatie en monsternamesystemen

Actiefkool-filters en koudevallen in evacuatie- en monsternamesystemen zijn kriticiiteitsveilig op grond van geometrie.

3.4 Decontaminatie-inrichting (CSB)

3.4.1 Containervoorbereiding

Bij de containervoorbereiding worden containers gereed gemaakt voor gebruik in de installaties. Deze containers zijn nieuw of gereinigd, d.w.z. er is geen UF_6 meer aanwezig, maar de inwendige wand kan gecontamineerd zijn met oppervlakte besmetting. De voor de lekttest toegepaste perslucht is water- en olievrij, waardoor er geen modererende stof in de containers kan komen.

3.4.2 Containerreiniging

Voor containers die gereinigd worden, gelden massa en moderatiecontrole als veiligheidscriteria door beperking van de massa als ingangscontrole en beperking van de spoelwaterhoeveelheid die per cyclus in de container wordt gebracht.

De opvangsystemen voor spoelwater van de containerreiniging zijn geometrisch veilig. Afgifte van spoelwater aan de tussenopslag is alleen mogelijk na monstername, analyse en vrijgave volgens procedure, waarbij massa en verrijkingsgraad beperkt worden. Indien de verrijkingsgraad boven de 1% blijkt te zijn, dan wordt bijgemengd met verarmd U_3O_8 . Elke afgifte wordt geregistreerd.

3.4.3 Tussenopslag

Het veiligheids criterium voor de vaten in de tussenopslag is beperking van de massa en verrijkingsgraad. De massa per vat wordt gecontroleerd door middel van een vrijgave- en registratiesysteem voor de toevoer van spoelwater uit de containerreiniging.

3.4.4 NaDU-Systeem

In het NaDU-systeem wordt door middel van een chemisch proces zoveel mogelijk uranium uit het water neergeslagen als vaste stof. Het NaDU-systeem wordt kritici teitsveilig bedreven op grond van beperking van de massa en verrijkingsgraad. Dit wordt zeker gesteld doordat per keer slechts de inhoud van één tussenopslagvat kan worden behandeld. Het resulterende NaDU-materiaal wordt opgeslagen in vaten met kritici teitsveilige dimensies.

3.4.5 Componenten en systeemreiniging

Het veiligheids criterium voor de installatie voor componenten- en systeemreiniging is beperking van massa en verrijkingsgraad. Dit wordt gecontroleerd door periodieke monstername en analyse. Belangrijk gegeven is dat de effectiviteit van de reinigingsvloei stoffen afneemt naarmate het uraniumgehalte toeneemt.

3.4.6 Oliedecontaminatie

Het systeem voor oliedecontaminatie is kritici teitsveilig op grond van beperking van de massa of moderatie.

3.4.7 Afvalwaterbehandelingsysteem

Het afvalwaterbehandelingsysteem bestaat uit de afvalwateropslag, het indampstelsel, de concentraatopslag en de concentraatbehandeling. De veiligheidscriteria voor al deze systemen is beperking van massa en verrijkingsgraad. De controle vindt plaats door regelmatige bepaling van de massaconcentratie. Er wordt alleen afvalwater verwerkt met een U-235 verrijkingsgraad van kleiner dan 1%.

3.4.8 Ventilatiesystemen

De filtersystemen waarin zich uraniumhoudend stof kan verzamelen, worden periodiek gecontroleerd op belading met uranium. Daarnaast wordt de aangeboden luchtstroom continu bemonsterd en bewaakt, zodat een verhoogde concentratie van uraniumdeeltjes tijdig gesignaleerd wordt.

3.5 Decommissioning/decontaminatie SP2

3.5.1 Dismantlingbox

In de dismantlingbox worden uit bedrijf genomen centrifuges gedemonteerd. De inhoud van de verzamelvaten voor uraniumbevattende onderdelen en stoffen wordt, wat betreft moderator en verrijkingsgraad, beheerst.

3.5.2 Reinigingssysteem en afvalwateropslag

Bij de reinigingssystemen, bestaande uit onder meer dompelbaden, natstraalmachines, borstelmachines en spoelbaden, alsmede bij de afvalwateropslag wordt door regelmatige concentratiebepaling gewaarborgd dat de veilige massa niet wordt overschreden. Tevens worden de dompelbaden, alsmede de kritische veilige tussenopslagsystemen regelmatig gehomogeniseerd, gefilterd en bemonsterd, zodat ophoping van uraniumhoudend slib voorkomen wordt en wordt de verrijkingsgraad onder de 1% gehouden, eventueel door te downblenden met tailwater of verarmd U_3O_8 .

3.5.3 Ventilatiesystemen

De filtersystemen waarin zich uraniumhoudend stof kan verzamelen, worden periodiek gecontroleerd op belading met uranium. Daarnaast wordt de aangeboden luchtstroom continu bemonsterd en bewaakt, zodat een verhoogde concentratie van uraniumdeeltjes tijdig gesignaleerd wordt.



4 TRANSPORT EN ONDERHOUD KRITICITEITSVEILIGE ONDERDELEN.

Het uitbouwen en transporteren van installatiecomponenten, zoals bijvoorbeeld pompen en filters, gebeurt volgens vastgestelde procedures die de kriticietsveiligheid waarborgen. Hierbij geldt als uitgangspunt dat deze componenten één voor één uitgebouwd en getransporteerd worden. Door deze maatregel wordt voorkomen, dat door het samenbrengen van meerdere systemen er interactie zou kunnen ontstaan tussen de beide componenten. Interactie tussen de mogelijk aanwezige U-235 massa in installatiecomponenten kan worden uitgesloten, wanneer er een bepaalde minimale afstand tussen deze componenten gewaarborgd wordt. De opslag van deze componenten moet voldoen aan eisen met betrekking tot afstandhouden. Elke installatiecomponent is voorzien van een uniek nummer, zodat de herkomst altijd vastgesteld kan worden.

5 OVERZICHT VEILIGHEIDSCRITERIA EN TOEGEPASTE MAATREGELEN.

In dit hoofdstuk is voor de relevante (deel)processen de wijze van kriticietsbeheersing in tabelvorm vastgelegd.

5.1 Verrijking in de SP5/SP4

Proces	Safe by design	Safe by process	Contingency Parameter 1	Contingency Parameter 2
Feed				
Het voeden uit een voedingscontainer		Verrijking		
Het reinigen van een voedingscontainer		Verrijking		
Tails				
Het vullen van een Tailscontainer		Verrijking		
Product				
Koelval (venten)	Diameter			
Pompunit bij koelval (venten)	Volume			
UF ₆ pump, WS500 (8.4 liter)	Volume			
UF ₆ pump, WS2000 (33 liter)	Geometrie ⁽²⁾			
UF ₆ pump, Normetex			Moderatie	Massa
Een koolfilter/ Al ₂ O ₃ filter	Geometrie ⁽²⁾			
CDS (invriezen met CO ₂) (contingency dump system)	Geometrie ⁽²⁾			
Pomp na Al ₃ O ₈ (Contingency Dump Pump)	Volume			
Leidingen (pipework)	Geometrie ⁽²⁾			
Het vullen van een Productcontainer (LTTS) ⁽¹⁾		Moderatie		
Cascade				
Centrifuges		Moderatie		
Vier koolfilters (Contingency Dump Systeem)	Geometrie ⁽²⁾			
Subsystemen				
Monstername kar (Mobile Pump System)	Geometrie ⁽²⁾			
GEVS (ventilatiesysteem)			Massa	Massa
Massa Spectrometer	Geometrie ⁽²⁾			
Was- en schrobwater		Massa		

5.2 Production Services (Waste Treatment, Material Handling & Distribution, Blending)

Proces	Safe by design	Safe by Process	Contingency Parameter 1	Contingency Parameter 2
Waste Treatment				
Afvalwaterbehandeling			Massa	Verrijking
Opslagvaten (o.a. Tankwagens)			Massa	Verrijking
Filters afvalwater	Diameter			
Reiniging in container (tails)		Verrijking		
Reiniging in container (product)			Massa	Moderatie
Eerste opslag na reiniging	Geometrie ⁽²⁾			
Verwerking van oplossing			Massa	Verrijking
Verwerking containerreinigingsvloeistof in tussenopslag tot gedroogd NaDU			Verrijking	Verrijking
Minerale Olie Reiniging	Geometrie ⁽²⁾			
Synthetische Olie Reiniging		Moderatie		
Opvangbak zuurkasten	Diameter			
Material Handling & Distribution				
Opslag en transport gevulde containers		Moderatie		
Blending				
Voedingsstation ⁽¹⁾		Moderatie		
Koelval	Diameter			
Koolfilter	Diameter			
Leidingwerk	Geometrie ⁽²⁾			
Het vullen van de doelcontainer ⁽¹⁾		Moderatie		
Homogeniseringstation ⁽¹⁾		Moderatie		
Monsternamesysteem	Geometrie ⁽²⁾			
GEVS (ventilatiesysteem)			Massa	Massa

5.3 Chemistry & Analysis

Proces	Safe by design	Safe by Process	Contingency Parameter 1	Contingency Parameter 2
Laboratorium				
Opslag ampullen	Geometrie ⁽²⁾			
Afvalwater zuurkasten	Diameter			

5.4 Recycling

Proces	Safe by design	Safe by Process	Contingency Parameter 1	Contingency Parameter 2
Decontaminatie				
Centrifuges			Massa	Verrijking
Vacuüm materiaal			Massa	Verrijking
Desublimerreiniging en -verschroting			Massa	Verrijking
LP compressoren			Massa	Verrijking
Vacuümmateriaal & overige activiteiten			Massa	Verrijking
Opvangbak zuurkast	Diameter			
Giulini-filter verwerking			Massa	Massa
Actief koolfilter verwerking			Massa	Verrijking
Algemeen (afvoer)				
Gebruik van de RA stofzuiger	Geometrie ⁽²⁾			
Verpompen naar tankwagens			Massa	Verrijking
Afvoer in COVRA vaten			Massa	Verrijking
Waterzuiger	Volume			

(1) In enkele processen van het verrijkingsproces wordt kriticiet voorkomen door moderatiecontrole inherent aan het proces. Afwezigheid van moderator in het UF₆ systeem wordt op de volgende manieren gewaarborgd:

1. een significante inlek wordt voorkomen door het gebruik van gekwalificeerde UF₆ systemen; [Helium leak test UPD/9801143A; 000-910001-00-00];
2. inlek wordt gedetecteerd door drukmeters;
3. de aanwezigheid van een moderator in contact met UF₆ systemen wordt uitgesloten. Dit wordt ook wel "Safe by Process" genoemd.

(2) Daar de betreffende geometrie niet valt binnen de geometrische restricties van tabel 1 of 2 (diameter, volume, hoogte), is kriticiet uitgesloten zoals is aangetoond door middel van een uitgevoerde kriticietssimulatie op basis van de betreffende geometrie.

Annex 2 Kansberekening vliegtuigongeval

In deze annex wordt de berekening van de kans dat een vliegtuig neerstort op een rij autoclaven op het terrein van Urenco Nederland B.V. De kans dat binnen de inrichting één of meer autoclaven geraakt worden.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

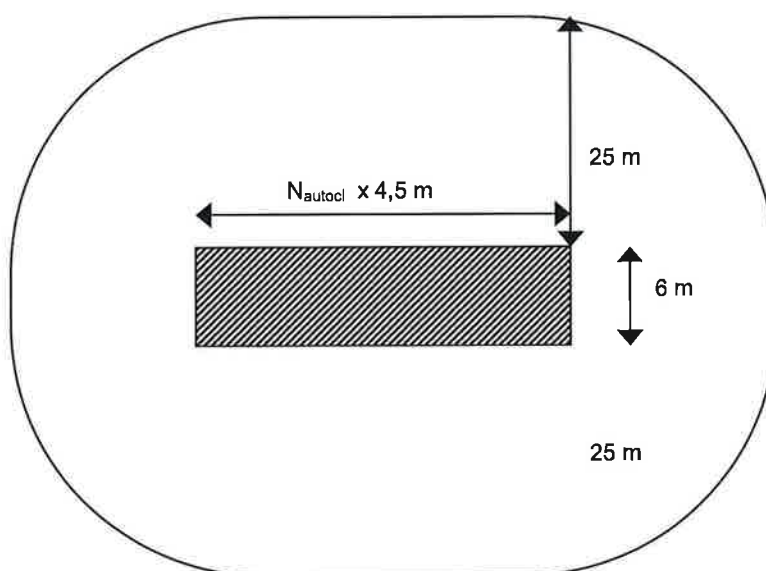
- een autoclavenrij bestaat N_{autocl} autoclaven (elk gevuld met 1 container) op een rij waarbij de lengteassen evenwijdig op een afstand van 4,5 m lopen;
- de lengte van iedere autoclaaf bedraagt ca. 6 m.

De autoclaven beslaan derhalve een bruto-oppervlak (dus inclusief tussenruimte) van $N_{\text{autocl}} \times 4,5 \times 6 \text{ m}^2$.

Het kwetsbare doeloppervlak wordt berekend door aan alle kanten van de rij autoclaven een extra afstand van 25 m op te tellen (zie figuur A2-1); er wordt verondersteld, dat binnen deze straal rondvliegende brokstukken nog voldoende kinetische energie hebben om een autoclaaf en de zich daarin bevindende container ernstig te beschadigen.

Hierdoor ontstaat er een doeloppervlak van:

$$O = N_{\text{autocl}} \times 45 + \pi (28)^2 \quad [\text{m}^2] \quad (\text{zie figuur A2-1})$$



Figuur A2-1: Doeloppervlak autoclaven

De kans per jaar op treffen van één of meer autoclaven wordt nu als volgt berekend:

$$f = c.p.O/O_{NL} = 0,5 \times 2 \times 4980 / 4 \times 10^{10} \quad [/\text{jaar}]$$

waarin:

- f = de frequentie van neerstorten van een jachtvliegtuig op een autoclaven rij;
- p = de frequentie van neerstorten van een jachtvliegtuig boven Nederland (2/jaar);
- O = kwetsbare doeloppervlak;
- O_{NL} = oppervlakte van Nederland (40.000 km²);
- C = reductiefactor i.v.m. het feit dat niet alle neerstortrichtingen binnen het doeloppervlak tot schade aan de autoclaven en containers leiden.

De reductiefactor c wordt in rekening gebracht daar een vliegtuig, dat (vanuit de aanvliegrichting gezien) eerst over de autoclavenrij heen vliegt en dan pas inslaat, waarschijnlijk geen relevante schade zal veroorzaken daar:

- het aantal brokstukken dat zich na een inslag achterwaarts beweegt geringer zal zijn dan het aantal dat zich (globaal) in de oorspronkelijke vliegrichting beweegt;
- de brokstukken die zich na de inslag achterwaarts bewegen doorgaans een geringere massa hebben dan de voorwaarts bewegende (dit hangt nl. samen met de inertie van de brokstukken);
- de containers een dusdanige sterkte hebben, dat zij de inslag van een klein brokstuk zeker zullen doorstaan.

Voor de reductiefactor c is een waarde gekozen van 0,5 daar in ongeveer 50% van de gevallen het vliegtuig neerstort voor of op de autoclavenrij en zodoende schade veroorzaakt, terwijl het neerstorten achter de autoclaven geen schade veroorzaakt.

De frequentie van het treffen van meer dan één autoclaaf/container waarbij relevante schade ontstaat aan de containers is een verbijzondering van de gebeurtenis "treffen van één of meer containers". De aanvliegrichting en hoek van neerstorten moeten binnen bepaalde grenzen liggen en tevens zal de afstand waarbinnen brokstukken nog schade kunnen aanrichten (hierboven op 25 m gesteld) kleiner worden met het veronderstelde aantal getroffen autoclaven; hierdoor zal de kans veel kleiner worden, mogelijk zelfs orden van grootte kleiner.

In het algemeen kan gesteld worden, dat hoe groter het aantal containers is dat verondersteld wordt getroffen te worden, des te kleiner de kans. De kans zal meer dan evenredig afnemen met het veronderstelde aantal getroffen autoclaven.

Annex 3 Resultaten brontermberekeningen vliegtuigongevallen

Beschrijving van de verschillende vliegtuigongevallen is gegeven in paragraaf 8.3.1 en de uitgangspunten van de brontermberekeningen zijn gegeven in paragraaf 8.6.3.

In de Tabellen A3-1, 2, 3, 4 zijn de resultaten vermeld van de brontermberekeningen voor de verschillende vliegtuigongevallen op basis van limietwaardes zoals in tabel 7 vermeld en de vrijkomende hoeveelheden UF_6 zoals in tabel 4 zijn weergegeven.

De vervalproducten van de verschillende uraniumisotopen worden berekend overeenkomstig de opslagtijden zoals in tabel 5 wordt vermeld. Diverse relevante gegevens zijn gespecificeerd voor verschillende tijdsintervallen.

Tabel A3-1: Ongeval a - vliegtuigongeval op autoclavenruimte met brand

Nuclide (Bq)	Fase 1			Fase 2
	0-1 minuten	1-7 minuten	7-15 minuten	15-160 minuten
U-232	$2,15 \times 10^{10}$	$1,51 \times 10^{10}$	$7,25 \times 10^8$	$5,25 \times 10^9$
Th-228	$2,23 \times 10^{10}$	$1,57 \times 10^{10}$	$7,54 \times 10^8$	$1,37 \times 10^9$
Ra-224	$2,22 \times 10^{10}$	$1,56 \times 10^{10}$	$7,50 \times 10^8$	$1,36 \times 10^9$
Rn-220	$2,22 \times 10^{10}$	$1,56 \times 10^{10}$	$7,50 \times 10^8$	$1,36 \times 10^{10}$
Po-216	$2,22 \times 10^{10}$	$1,56 \times 10^{10}$	$7,50 \times 10^8$	$1,36 \times 10^{10}$
Pb-212	$2,22 \times 10^{10}$	$1,56 \times 10^{10}$	$7,50 \times 10^8$	$1,36 \times 10^9$
Bi-212	$2,22 \times 10^{10}$	$1,56 \times 10^{10}$	$7,50 \times 10^8$	$1,36 \times 10^9$
Po-212	$1,42 \times 10^{10}$	$9,93 \times 10^9$	$4,81 \times 10^8$	$8,71 \times 10^9$
Tl-208	$7,98 \times 10^9$	$5,60 \times 10^9$	$2,69 \times 10^8$	$4,88 \times 10^8$
U-234	$2,50 \times 10^{11}$	$1,76 \times 10^{11}$	$8,45 \times 10^9$	$6,12 \times 10^{10}$
U-235	$2,16 \times 10^{10}$	$1,52 \times 10^{10}$	$7,29 \times 10^8$	$5,28 \times 10^9$
Th-231	$4,32 \times 10^{10}$	$3,03 \times 10^{10}$	$1,46 \times 10^9$	$2,64 \times 10^9$
U-236	$1,09 \times 10^{11}$	$7,63 \times 10^{10}$	$3,67 \times 10^9$	$2,66 \times 10^{10}$
U-238	$6,32 \times 10^{10}$	$4,44 \times 10^{10}$	$2,13 \times 10^9$	$1,55 \times 10^{10}$
Th-234	$1,26 \times 10^{11}$	$8,88 \times 10^{10}$	$4,27 \times 10^9$	$7,73 \times 10^9$
Pa-234 ^m	$1,26 \times 10^{11}$	$8,86 \times 10^{10}$	$4,26 \times 10^9$	$7,71 \times 10^9$
Pa-234	$2,02 \times 10^8$	$1,42 \times 10^8$	$6,83 \times 10^6$	$1,24 \times 10^7$
Np-237	$2,70 \times 10^8$	$1,90 \times 10^8$	$9,12 \times 10^6$	$3,30 \times 10^7$
Pa-233	$2,70 \times 10^8$	$1,90 \times 10^8$	$9,12 \times 10^6$	$1,65 \times 10^7$
Tc-99	$3,44 \times 10^9$	$2,41 \times 10^9$	$1,16 \times 10^8$	$2,10 \times 10^9$
Ru-106	$2,32 \times 10^9$	$1,63 \times 10^9$	$7,83 \times 10^7$	$1,42 \times 10^9$
Rh-106	$2,32 \times 10^9$	$1,63 \times 10^9$	$7,83 \times 10^7$	$1,42 \times 10^9$

Stof (kg)	0-1 minuten	1-7 minuten	7-15 minuten	15-160 minuten
HF	3630	2550	123	2210
UO ₂ F ₂	6990	4910	236	1710

Tabel A3-2: Ongeval b - vliegtuigongeval op autoclavenruimte zonder brand

Nuclide (Bq)	Fase 1	Fase 2
	0-1 minuten	1-160 minuten
U-232	$4,30 \times 10^9$	$5,78 \times 10^9$
Th-228	$1,12 \times 10^9$	$1,50 \times 10^9$
Ra-224	$1,11 \times 10^9$	$1,49 \times 10^9$
Rn-220	$1,11 \times 10^{10}$	$1,49 \times 10^{10}$
Po-216	$1,11 \times 10^{10}$	$1,49 \times 10^{10}$
Pb-212	$1,11 \times 10^9$	$1,49 \times 10^9$
Bi-212	$1,11 \times 10^9$	$1,49 \times 10^9$
Po-212	$7,13 \times 10^9$	$9,50 \times 10^9$
Tl-208	$4,00 \times 10^8$	$5,37 \times 10^8$
U-234	$5,01 \times 10^{10}$	$6,73 \times 10^{10}$
U-235	$4,33 \times 10^9$	$5,81 \times 10^9$
Th-231	$2,16 \times 10^9$	$2,90 \times 10^9$
U-236	$2,17 \times 10^{10}$	$2,92 \times 10^{10}$
U-238	$1,27 \times 10^{10}$	$1,70 \times 10^{10}$
Th-234	$6,33 \times 10^9$	$8,50 \times 10^9$
Pa-234 ^m	$6,32 \times 10^9$	$8,49 \times 10^9$
Pa-234	$1,01 \times 10^7$	$1,36 \times 10^7$
Np-237	$2,71 \times 10^7$	$3,63 \times 10^7$
Pa-233	$1,35 \times 10^7$	$1,82 \times 10^7$
Tc-99	$1,72 \times 10^9$	$2,31 \times 10^9$
Ru-106	$1,16 \times 10^9$	$1,56 \times 10^9$
Rh-106	$1,16 \times 10^9$	$1,56 \times 10^9$

Stof (kg)	0-1 minuten	1-160 minuten
HF	1810	2440
UO ₂ F ₂	1400	1880

Tabel A3-3: Ongeval c - vliegtuigongeval op opslagplaats met brand, 15 falende containers

Nuclide (Bq)	Fase 1			Fase 2
	0-5 minuten	5-10 minuten	10-15 minuten	15-180 minuten
U-232	$1,36 \times 10^{10}$	$6,82 \times 10^9$	$3,41 \times 10^9$	$1,80 \times 10^9$
Th-228	$1,42 \times 10^{10}$	$7,09 \times 10^9$	$3,54 \times 10^9$	$4,67 \times 10^8$
Ra-224	$1,41 \times 10^{10}$	$7,06 \times 10^9$	$3,53 \times 10^9$	$4,65 \times 10^8$
Rn-220	$1,41 \times 10^{10}$	$7,06 \times 10^9$	$3,53 \times 10^9$	$4,65 \times 10^9$
Po-216	$1,41 \times 10^{10}$	$7,06 \times 10^9$	$3,53 \times 10^9$	$4,65 \times 10^9$
Pb-212	$1,41 \times 10^{10}$	$7,05 \times 10^9$	$3,53 \times 10^9$	$4,65 \times 10^8$
Bi-212	$1,41 \times 10^{10}$	$7,05 \times 10^9$	$3,53 \times 10^9$	$4,65 \times 10^8$
Po-212	$9,04 \times 10^9$	$4,52 \times 10^9$	$2,26 \times 10^9$	$2,98 \times 10^9$
Tl-208	$5,07 \times 10^9$	$2,53 \times 10^9$	$1,27 \times 10^9$	$1,67 \times 10^8$
U-234	$1,59 \times 10^{11}$	$7,95 \times 10^{10}$	$3,97 \times 10^{10}$	$2,09 \times 10^{10}$
U-235	$1,37 \times 10^{10}$	$6,86 \times 10^9$	$3,43 \times 10^9$	$1,81 \times 10^9$
Th-231	$2,74 \times 10^{10}$	$1,37 \times 10^{10}$	$6,86 \times 10^9$	$9,04 \times 10^8$
U-236	$3,21 \times 10^{10}$	$3,45 \times 10^{10}$	$1,72 \times 10^{10}$	$9,09 \times 10^9$
U-238	$4,01 \times 10^{10}$	$2,01 \times 10^{10}$	$1,00 \times 10^{10}$	$5,29 \times 10^9$
Th-234	$8,03 \times 10^{10}$	$4,01 \times 10^{10}$	$2,01 \times 10^{10}$	$2,64 \times 10^9$
Pa-234 ^m	$8,01 \times 10^{10}$	$4,01 \times 10^{10}$	$2,00 \times 10^{10}$	$2,64 \times 10^9$
Pa-234	$1,29 \times 10^8$	$6,42 \times 10^7$	$3,21 \times 10^7$	$4,23 \times 10^6$
Np-237	$1,72 \times 10^8$	$8,58 \times 10^7$	$4,29 \times 10^7$	$1,13 \times 10^7$
Pa-233	$1,72 \times 10^8$	$8,58 \times 10^7$	$4,29 \times 10^7$	$5,65 \times 10^6$
Tc-99	$2,18 \times 10^9$	$1,09 \times 10^9$	$5,46 \times 10^8$	$7,19 \times 10^8$
Ru-106	$1,47 \times 10^9$	$7,36 \times 10^8$	$3,68 \times 10^8$	$4,85 \times 10^8$
Rh-106	$1,47 \times 10^9$	$7,36 \times 10^8$	$3,68 \times 10^8$	$4,85 \times 10^8$

Stof (kg)	0-5 minuten	5-10 minuten	10-15 minuten	15-180 minuten
HF	2300	1150	575	760
UO ₂ F ₂	4440	2220	1110	585

Tabel A3-4: Ongeval d - vliegtuigongeval op opslagplaats zonder brand; 10 falende containers

Nuclide (Bq)	0-180 minuten
U-232	$6,27 \times 10^8$
Th-228	$1,63 \times 10^8$
Ra-224	$1,62 \times 10^8$
Rn-220	$1,62 \times 10^9$
Po-216	$1,62 \times 10^9$
Pb-212	$1,62 \times 10^8$
Bi-212	$1,62 \times 10^8$
Po-212	$1,04 \times 10^9$
Tl-208	$5,82 \times 10^7$
U-234	$7,31 \times 10^9$
U-235	$6,30 \times 10^8$
Th-231	$3,15 \times 10^8$
U-236	$3,17 \times 10^9$
U-238	$1,85 \times 10^9$
Th-234	$9,23 \times 10^8$
Pa-234 ^m	$9,21 \times 10^8$
Pa-234	$1,48 \times 10^6$
Np-237	$3,94 \times 10^6$
Pa-233	$1,97 \times 10^6$
Tc-99	$2,51 \times 10^8$
Ru-106	$1,69 \times 10^8$
Rh-106	$1,69 \times 10^8$

Stof (kg)	0-180 minuten
HF	264,6
UO ₂ F ₂	204,1