

Bijlage 1

Arbo- en Milieudienst

Huispost 980

Postbus 9101

6500 HB Nijmegen

UMC St. Radboud Oost, route 986

Erasmuslaan 17

T (024) 361 26 81

F (024) 361 64 82

h.piest@amd.ru.nl

www.ru.nl/amd

Gegevens aanvraag wijziging KeW-vergunning

No. 2009/1888-16

Stichting Katholieke Universiteit Nijmegen

Locatie Geert Groteplein te Nijmegen

Auteurs: Dr. J.A. (Hans) Piest

Drs. Paul A.J. Jonkergouw (verantwoordelijk stralingsdeskundige)

Datum: 3 april 2012

Table of Contents

1. Organisatie.....	2
1.1 Gegevens aanvrager.....	2
1.2 Gegevens locatie.....	2
1.3 Kernenergiewetvergunning.....	3
2 Omvang en omschrijving van de handelingen.....	3
2.1 Uitbreiding van de vigerende vergunning.....	3
2.2 Beschrijving van de handelingen.....	4
2.2.1 De vrije-elektronen laser FLARE.....	4
2.2.2 Het vrije-elektronen laser systeem FELIX-FELICE.....	5
2.2.3 Locatie vrije-elektronen lasers FLARE, FEL-1, FEL-2 en FELICE.....	9
2.3 Normaal bedrijf FLARE, FEL-1, FEL-2 en FELICE.....	9
2.3.2 Hanteren, opslag en afvoer van geactiveerde (onder)delen.....	10
2.3.3 Lozen van geactiveerde lucht.....	10
2.4 Rechtvaardiging.....	10
2.5 Tijdsduur.....	11
2.5.1 Kernenergiewetvergunning.....	11
2.5.2 Bedrijfstijd.....	11
3 Ruimtes.....	11
3.1 Gegevens ruimtes.....	11
4 Stralingszorgorganisatie.....	12
5 Interne Toestemming en Risico-analyse.....	12
6 Beschermende maatregelen.....	17
6.1.1 Classificatie werknemer en persoonsdosimetrie.....	17
6.1.2 Educatie en training.....	17
6.2 Brongerelateerde maatregelen.....	18
6.3 Ruimtegerelateerde maatregelen.....	18
6.4 Omgevingsgerelateerde maatregelen.....	18
6.5 Veiligheidsprocedures.....	18
7 Kernenergiewetdossier.....	19
Referenties.....	20

1. Organisatie

1.1 Gegevens aanvrager

Aanvrager/Rechtspersoon

Stichting Katholieke Universiteit

Bezoekadres: Geert Groteplein Noord 9, 6525 EZ Nijmegen

Postadres: Postbus 9102, 6500 HC Nijmegen

Telefoon: 024 – 361 44 95

Fax: 024 – 354 14 68

E-mail: secretariaat@sku.ru.nl

De Radboud Universiteit Nijmegen (RU) en het Universitair Medisch Centrum St. Radboud (UMC) gaan uit van de Stichting Katholieke Universiteit (SKU). Het stichtingsbestuur houdt toezicht op en adviseert zowel het College van Bestuur (CvB) van de RU als de Raad van Bestuur (RvU) van het UMC over het te voeren beleid.

Contactpersoon

Drs. P.A.J. Jonkergouw, verantwoordelijk stralingsdeskundige

Telefoon: 024 – 361 36 81

E-mail: p.jonkergouw@amd.ru.nl

1.2 Gegevens locatie

Radboud Universiteit Nijmegen/Universitair Medisch Centrum St. Radboud

Adres: Geert Groteplein Noord 9, 6525 EZ Nijmegen

Adres handelingen: Toernooiveld 7

De handelingen vinden plaats binnen het bestaande hoge resolutie terahertz vrije-elektronen laser (FEL) laboratorium op het terrein van de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica (FNWI) van de RU dat de ingang deelt met het hoge-magneetvelden laboratorium (HFML). De nieuw te plaatsen FEL "FELIX-FELICE" zal tezamen met de al aanwezige FEL "FLARE" worden gecombineerd met het HFML, het Nuclear Magnetic Resonance Laboratory, het Trace Gas Laboratory en het NanoLab en zal fungeren als internationale gebruikersfaciliteit voor wetenschappelijk onderzoek als Nijmegen Centre for Advanced Spectroscopy (NCAS). Alle handelingen met de FELs worden verricht ten behoeve van NCAS.

De nieuw te plaatsen FEL "FELIX-FELICE" zal onder het maaiveld worden geplaatst in dezelfde bunker waar de bestaande FEL "FLARE" operationeel is. In deze bunker zijn meerdere bewaakte danwel gecontroleerde zones gedefinieerd om de veiligheid te waarborgen.

Overige gegevens: zoals bekend, conform vigerende vergunning

1.3 Kernenergiewetvergunning

Onderliggende Aanvraag betreft een uitbreiding van de vigerende vergunning en heeft betrekking op het gebruik van toestellen zoals beschreven in artikel 34 van de Kernenergiewet (KeW).

De Aanvrager verzoekt tot *wijziging* van Kernenergiewetvergunning No. 2009/1888-16 die op 10 februari 2010 is verleend aan de Stichting Katholieke Univeriteit te Nijmegen. Deze wijzigingsaanvraag wordt te zelfder tijd met een wijzigingsaanvraag van de vigerende complexvergunning No.

2 Omvang en omschrijving van de handelingen

2.1 Uitbreiding van de vigerende vergunning

De Aanvrager verzoekt de vigerende vergunning uit te breiden:

1. Voor handelingen met twee toestellen, te weten a) de aanwezige FEL "FLARE" bestaande uit één versnellersectie en één elektronenbundellijn tot een maximale versnelspanning van *achttien megavolt* en b) de nieuw te installeren FEL combinatie "FELIX-FELICE" bestaande uit twee versnellersecties en drie elektronenbundellijnen tot een maximale versnelspanning van *zestig megavolt*.
2. Voor lozing van radioactieve stoffen in de lucht tot een activiteit van maximaal 5 GBq per jaar.

2.2 Beschrijving van de handelingen

De handelingen kunnen als volgt worden samengevat:

1. Opwekking van infrarood laserlicht met een golflengte in het spectrale bereik van drie micrometer tot één millimeter ten behoeve van wetenschappelijk onderzoek op moleculaire schaal aan materialen.
2. Opbouw en onderhoudswerkzaamheden aan delen van de twee FEL-systemen en perifere apparatuur.
3. Hanteren, opslag en afvoer van geactiveerde (onder)delen.
4. Lozen van lucht met in het bijzonder een fractie van het radionuclide ⁴¹Ar.

2.2.1 De vrije-elektronen laser FLARE

Voor het werkingsprincipe van de FEL "FLARE", alsmede de technische details van het versnellersysteem en de locatie van dit lasersysteem wordt gerefereerd aan "Bijlage 1: Gegevens aanvraag wijziging Kew-vergunning No. 2008/2300-06" van 12 juni 2009 behorende bij desbetreffende vergunningsaanvraag.

De huidige wijzigingsaanvraag heeft specifiek betrekking op de paragraaf "Versnellersysteem" en betreft een aanpassing van de volgende passage:

"De corresponderende energie van de elektronen bundel is dan maximaal 1350 kW bij 15 MeV. Voor berekeningen aan de te gebruiken afscherming wordt uitgegaan van een vermogen van 2 kW en voor de toekomstige uitbreiding wordt gerekend met een maximaal vermogen van 6 kW bij 45 MeV. Tijdens normaal bedrijf van de laser wordt een maximale stroom van circa 600 mA (200 pC op 3GHz) gedurende de macropulse gebruikt om voldoende hoge laser-gain

te realiseren.”

In deze passage dient het vermogen van 1350 kW gewijzigd te worden. Dit vermogen had als 1350 W of als 1.35 kW vermeld moeten worden. Voorts blijkt uit voortgeschreden inzicht, opgedaan ná installatie en commisioning van “FLARE”, dat het versnellersysteem van deze FEL ruimte laat om elektronen boven de 15 MeV te versnellen. De bovengrens voor versnelenergie wordt ingeschat op maximaal 18 MeV bij een gemiddelde stroomsterkte 3.5 mA corresponderend met een vermogen van 630 W bij het versnellen van elektronen. Deze stroomsterkte bedraagt 5% van de stroomsterkte bij nominale versnelspanning van 15 MV.

Deze bovengrens voor energie en het daarbij behorende vermogen zijn conservatief ingeschat: Het is niet bekend of de versnelspanning van 18 MV in de praktijk werkelijk gehaald kan worden en bij welke elektronenstroom. Wanneer dit mogelijk blijkt dan is de verwachting dat de gemiddelde elektronenbundelstroom lager zal uitvallen dan 3.5 mA. Deze verwachting is gebaseerd op bekende gegevens van andere FEL versnellersystemen, in het bijzonder die van “FELIX-FELICE” waar bij maximale versnelspanning van 55 MV de bundelstroom inzakt tot ongeveer 5% (1.2 mA) van de bundelstroom bij nominale instelling van 45 MV (24 mA).

De gemiddelde bundelstroom bij 15 MeV is gemeten op 70 mA hetgeen met een vermogen overeenstemt van 1050 W. Bij de beschermingsberekeningen is rekening gehouden met een maximaal vermogen van FLARE van 1.5 kW.

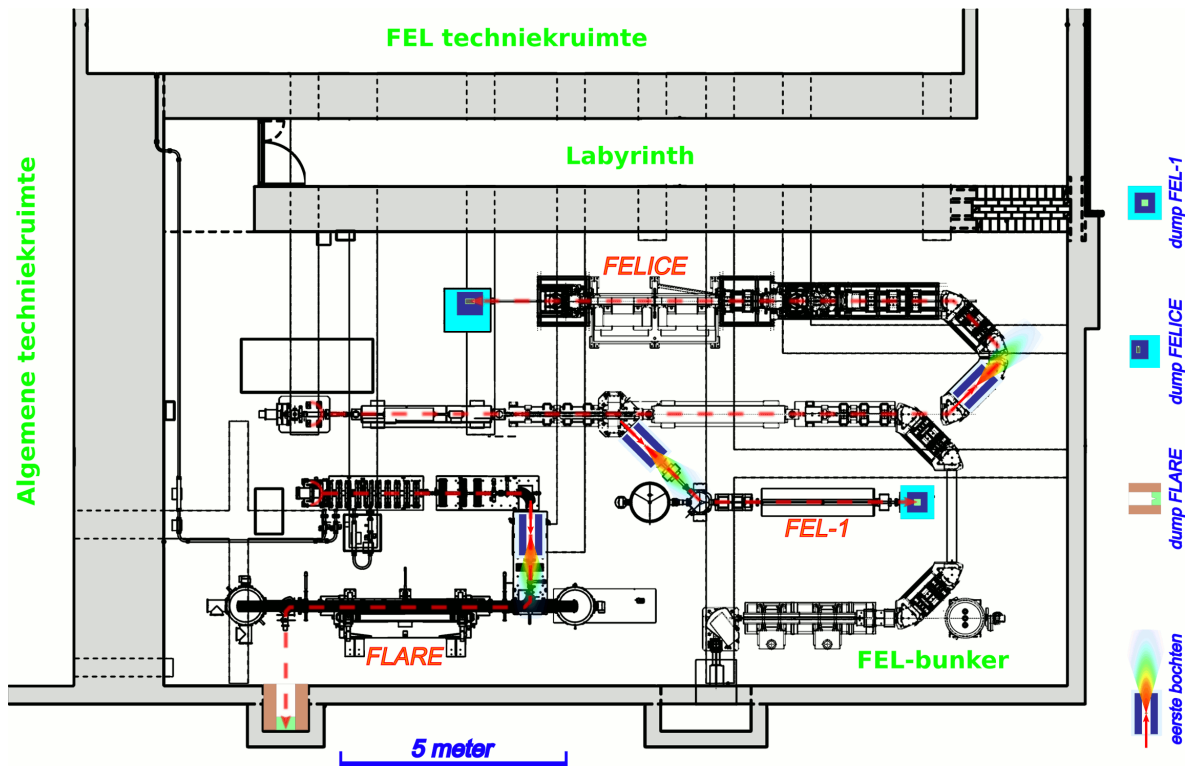
2.2.2 Het vrije-elektronen laser systeem FELIX-FELICE

Het FEL systeem “FELIX-FELICE” bestaat uit twee versnellertrappen en drie undulatoren. De undalotoren zijn geplaatst in lasertrilholtes. De eerste versnellertak bedient de undulator van “FEL-1” met elektronen versneld tot nominaal 25 MeV bij een gemiddelde bundelstroom van 24 mA en tot maximaal 30 MeV bij een gemiddelde bundelstroom van 1 mA. Het vermogen waarbij “FEL-1” opereert is dan respectievelijk 600 W en 30 W. Alternatief kunnen de elektronen in de tweede versnellertak geleid worden waar ze verder versneld worden tot een nominale energie van 45 MeV bij 24 mA en een maximale energie van 55 MeV bij 1 mA voordat ze door de undulator van “FEL-2” respectievelijk die van “FELICE” geleid worden. De vermogens worden dan respectievelijk 1080 W en 55 W. In de setup zoals wordt geïmplementeerd bij het NCAS kunnen hetzij “FEL-1” en “FELICE” simultaan worden bedreven bij een gesommeerd vermogen van 1680 W (25/45 MeV) en 85 W (30/55 MeV) danwel “FEL-2” en “FELICE” simultaan worden bedreven bij een gesommeerd vermogen van 2160 W (45/45 MeV) en 110 W (55/55 MeV). “FEL-1” en “FEL-2” kunnen niet simultaan worden bedreven. Hoewel de FELs ook individueel kunnen worden bedreven zal in de meeste gevallen

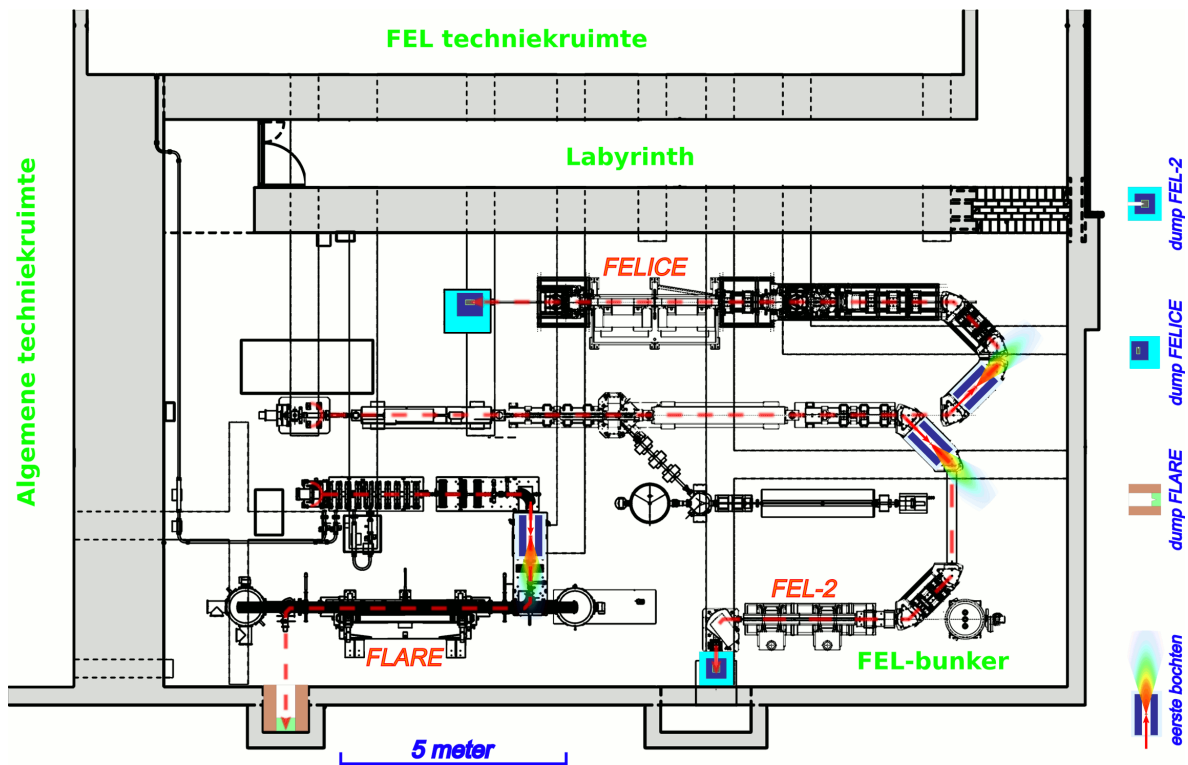
“FELICE” worden gecombineerd met het bedrijven van “FEL-1” danwel “FEL-2”. Omdat “FLARE” een autonoom systeem is kan “FLARE” onafhankelijk van de bovenstaande mogelijkheden worden bedreven. E.e.a. Is verkort weergegeven in Tabel 2.1. Mogelijke versnellertakken die simultaan in bedrijf kunnen zijn zijn weergegeven in Afbeeldingen 2.1a en 2.1b.

Tabel 2.1: Mogelijke combinaties tussen “FEL-1”, “FEL-2”, “FELICE” en “FLARE”. Indien bij een gekozen versnelspanning en bijbehorende bundelstroom het kruispunt tussen rij en kolom groengekleurd is, is de combinatie mogelijk. Indien in dezelfde rij meerdere kruispunten groengekleurd zijn, zijn de combinaties simultaan mogelijk. Dit geldt niet voor de kolommen.

			FELICE		FLARE
E (MeV)			45	55	15
I (mA)			24	1.2	70
FEL-1	25	24	+		+
	30	1		+	+
FEL-2	45	24	+		+
	55	1		+	+
FELICE	45	24	+		+
	55	1		+	+



Afbeelding 2.1a: Elektronenbundellijnen (rood gestreept) bij toepassing van de FEL-combinatie "FLARE", "FEL-1" en "FELICE".



Afbeelding 2.1b: Elektronenbundellijnen (rood gestreept) bij toepassing van de FEL-combinatie "FLARE", "FEL-2" en "FELICE".

2.2.3 Locatie vrije-elektronen lasers FLARE, FEL-1, FEL-2 en FELICE

De FEL combinatie “FEL-1”, “FEL-2” en “FELICE” worden gerealiseerd in de ondergrondse bunker waar de vrije-elektronen laser “FLARE” inmiddels al is opgebouwd en in bedrijf is. De plaatsing van het nieuwe lasersysteem is weergegeven in de Afbeeldingen 2.1a en 2.1b. Deze bunker meet circa (lengte x breedte x hoogte) 20 m x 10 m x 4 m en is naar naastgelegen ruimtes afgeschermd met twee meter dikke betonnen wanden met een soortelijk gewicht van 2350 kg m^{-3} en een 95 cm dik zwaarbetonnen dak met een soortelijk gewicht van 3600 kg m^{-3} . De bunker is toegankelijk via een labyrint dat dient om de naastliggende ruimtes en gangen van neutronenstraling af te schermen. Tijdens de ontwerpfase van deze bunker is al rekening gehouden met de plaatsing van de FEL combinatie “FEL-1”, “FEL-2” en “FELICE”.

2.3 Normaal bedrijf FLARE, FEL-1, FEL-2 en FELICE

2.3.1 Inregelen en normaal bedrijf

Normaal bedrijf van de lasersystemen “FLARE”, “FEL-1”, “FEL-2” en “FELICE” houdt in dat na het inschakelen de lasers korte tijd ingeregeld moeten worden. Dit inregelen houdt in het optimaliseren van de elektronbundellijn, het optimaliseren van de optische (laser) bundellijn en het minimaliseren van verliezen. Normaliter geschiedt dit bij een lage (macropuls)repetitiefrequentie en korte (macropuls)lengte waardoor zowel bundelstroom als -vermogen lager zijn dan bij nominaal bedrijf bij corresponderende versnelling. Tijdens het inregelen kunnen gedurende fracties van een seconde relatief grote bundelverliezen optreden die kunnen oplopen tot 30% van de gemiddelde bundelstroom. Indien dit gebeurt is een hoger dan nominaal dosistempo te verwachten in de aanliggende ruimtes die om die reden tijdens de inregelfase niet betreden kunnen worden. De inregelfase duurt ongeveer een half uur en hangt onder meer af van de ervaring van de FEL-operator.

Na het inregelen blijven de verliezen op de gemiddelde bundelstroom bij FLARE onder de 10% terwijl die bij “FEL-1”, “FEL-2” en “FELICE” in de praktijk tot onder de 5% gelimiteerd kunnen worden. De bundels worden zodanig bewaakt door beam-loss monitoren dat bij grotere verliezen dan vooraf ingesteld de versnellers momentaan en automatisch worden uitgeschakeld. De tijdsschaal waarop de beam-loss monitoren reageren is aanzienlijk kleiner dan de macropuls duty-cycle ($\sim 1/f_{rep}$) zodat per geproduceerde macropuls de versneller kan worden uitgeschakeld. Hier duidt f_{rep} op de macropuls repetitiefrequentie.

2.3.2 Hanteren, opslag en afvoer van geactiveerde (onder)delen

Door middels energetische elektronen opgewekte remstraling en neutronenstraling worden bepaalde onderdelen, met name de collimator-messen en de dumps, geactiveerd. Afhankelijk van de gevormde radioactieve nucliden wordt toegang tot deze onderdelen gelimiteerd en/of worden de delen tijdelijk opgeslagen in een lokale bergplaats. Permanent geactiveerde onderdelen die worden vervangen worden opgeslagen in de centrale opslagplaats "De Bouwhof" van de RU/UMC. Vanuit deze opslag worden de onderdelen hetzij als bedrijfsafval afgevoerd in het geval van voorovergaande activiteit danwel binnen twee jaar afgevoerd naar de COVRA (bij permanente activiteit).

2.3.3 Lozen van geactiveerde lucht

Als gevolg van activering van de lucht zullen in de versnellerruimte radionucliden in de gasfase gevormd worden. De belangrijkste nucliden die in de lucht worden gevormd zijn in dit verband het isotoop ^{41}Ar en het isotoop ^{14}C . Deze nucliden worden geloosd via de ventilatiekanalen naar de buitenlucht (zowel ^{41}Ar en ^{14}C) of adsorbeert aan de filters en overige oppervlakken van het ventilatiesysteem en de FEL-bunker (in het geval van ^{14}C).

Aangezien de activering door neutroneninvangst geschiedt wordt de neutronenstraling zoveel mogelijk afgeschermd en de ventilatievoud van de FEL-bunker aangepast om uitstoot van actieve nucliden te limiteren. Met betrekking tot de nucliden ^{41}Ar en ^{14}C is in de Bijlage "Risicoanalyse" een risicoanalyse doorgevoerd op grond waarvan geconcludeerd wordt dat de hoeveelheid naar de buitenlucht uitgestoten ^{41}Ar niet de 5 GBq per jaar zal overschrijden. De berekende hoeveelheid jaarlijks geloosde ^{14}C bedraagt minder dan 1% van de vrijstellingsgrens ($A_v = 10 \text{ Mbq}$) voor lozing van dit radionuclide en wordt verder om die reden buiten verdere beschouwing gelaten bij de voorliggende aanvraag tot wijziging.

2.4 Rechtvaardiging

De FELs zoals beschreven in dit document dienen voor het genereren van midden- tot ver-infraroodstraling voor wetenschappelijk onderzoek van materialen en bij extreem hoge infrarood intensiteiten die op alternatieve wijze in het aangegeven spectrale bereik niet gerealiseerd kunnen

worden. In de “Regeling bekendmaking rechtvaardiging gebruik van ioniserende straling” vallen de handelingen onder categorie I-C-4 “Onderzoek met behulp van deeltjesversnellers”.

2.5 Tijdsduur

2.5.1 Kernenergiewetvergunning

De beschreven handelingen worden voorzien voor meerdere decennia. Om die reden wordt een wijziging van de KeW-vergunning aangevraagd voor onbepaalde tijdsduur.

2.5.2 Bedrijfstijd

De FELs zullen, afhankelijk van de vraag naar bundeltijd en de beschikbare mankracht voor bedrijf van het systeem, op werkdagen worden bedreven in twee shifts van maximaal acht uur per shift. Verder zal incidenteel worden gewerkt in de weekends waarbij tevens maximaal twee shifts per dag van maximaal acht uur per shift wordt gewerkt. De bedrijfstijd van de versnellers zal maximaal vierduizend uur per jaar zijn. In het eerste jaar zal de bedrijfstijd maximaal tweeduizend uur bedragen. In de berekeningen ter inschatting van het stralingsrisico voortkomend uit het bedrijf van de FELs is van een bedrijfscyclus van vijftig weken met tachtig uur per week uitgegaan. Dit wordt als een redelijke bedrijfstijd tot een overschatting van de bedrijfstijd beoordeeld omdat geen rekening is gehouden met te verwachten periodes van onderhoud en met feestdagen, wanneer de FELs niet in bedrijf zijn. Bij gemiddelde bundelstromen van $2 \times 24 = 48$ mA (“FEL-1” (25 MeV) of “FEL-2” (45 MeV) in combinatie “FELICE” (45 MeV)) en 70 mA (“FLARE” (15 MeV)) wordt de jaarlijks (4000 uur) versnelde lading berekend op 1.7 kC. Wanneer de instrumenten op hogere versnelspanningen worden gebruikt worden de gemiddelde bundelstromen navenant kleiner en reduceert de totale per jaar versnelde lading.

3 Ruimtes

3.1 Gegevens ruimtes

De bestaande ruimtes en classificatie van bestaande ruimtes blijven ongewijzigd bestaan zoals beschreven in “Bijlage 1: Gegevens aanvraag wijziging Kew-vergunning No. 2008/2300-06” van 12 juni 2009 behorende bij desbetreffende vergunningsaanvraag.

Wegens de installatie van de FEL systemen “FEL-1”, “FEL-2” en “FELICE” wordt op het niveau van circa twee meter beneden maaiveld tot drie meter boven het maaiveld een extra laag met laboratoria en bureauruimtes gebouwd direct boven het zwaarbetonnen dak van de FEL-bunker. Deze ruimtes zijn te bereiken enerzijds vanuit de bestaande kantoorruimtes via een trappenhuis dat direct aan de westmuur van de FEL-bunker is gebouwd en anderzijds via de hoofdingang aan de oostzijde van de het nieuwe gebouw. Alle ruimtes in dit nieuw te bouwen gebouwdeel zijn bestemd als niet-geclassificeerde ruimtes waar een jaardosislimiet van 1 mSv zal gelden. Op deze dosislimiet zal getoetst worden vóór de ruimtes in gebruik genomen worden. De berekeningen met betrekking tot de risicoanalyse geven geen aanleiding te verwachten dat de jaardosislimiet op enig punt in de nieuwbouw wordt overschreden. Daarom is classificatie van de nieuwe gebruikruimtes niet noodzakelijk.

De nieuwe gebouwdelen zijn weergegeven in de plattegronden en gevelaanzichten bijgevoegd als Bijlage “Plattegronden en Gevelaanzichten”.

4 Stralingszorgorganisatie

Deze blijft ongewijzigd en conform vigerende vergunning.

5 Interne Toestemming en Risico-analyse

Voor alle handelingen is een Interne Toestemming (IT) vereist conform de hiervoor geldende procedures en voorschriften zoals beschreven in het “Handboek Stralingshygiene RU/UMC”. De IT wordt afgegeven door de Verantwoordelijk Stralingsdeskundige. Een risicoanalyse en (verwijzing naar) voorschriften dienaangaand maken deel uit de IT.

De risicoanalyse maakt deel uit van de IT. Van elke te onderscheiden geplande handeling of set van handelingen wordt het stralingsrisico voor mens, dier en milieu vooraf gekwantificeerd en beschreven aan de hand van maximale werkbelastingsgegevens bij normaal gebruik van de vrije-elektronen lasersystemen. Voorziene onbedoelde gebeurtenissen die meer dan eenmaal per jaar optreden worden meegewogen. De risicoanalyse wordt gevalideerd door periodieke dosimetrie aan personen en ruimtes.

Ten behoeve van de onderliggende wijzigingsaanvraag is het risico voor mens, dier en milieu als

gevolg van handelingen met de FEL-systemen bepaald door middel van evaluatie van een rekenmodel, zoals beschreven in Bijlage "Risico-analyse".

Bij het bepalen van het stralingsrisico wordt uitgegaan van een jaardosislimiet van 1 mSv (effectieve dosis) voor personen binnen de terreingrens als gevolg van handelingen met de vrije-elektronen lasersystemen. Aan de terreingrens wordt als secundair niveau een jaardosisbeperking aangehouden van 40 mSv (effectieve dosis secundair niveau MR-AGIS). Van niet-geplande gebeurtenissen wordt het stralingsrisico kwalitatief ingeschat. De waarschijnlijkheid dat deze gebeurtenissen optreden wordt gelimiteerd door bouwkundige en installatietechnische maatregelen en voorzieningen en door het aanhouden van veiligheidsprocedures, zoals beschreven in Bijlage 2-1 van de vigerende vergunning. Bij de uiteindelijke toewijzing van IT's worden de niet-geplande gebeurtenissen in hoger detail weergegeven en, indien mogelijk gekwantificeerd, toegevoegd aan de risicoanalyse.

De stralingsbelasting *op grond van modelberekeningen* als gevolg van de voorgenomen handelingen wordt in de volgende tabel samengevat:

Tabel 1: Overzicht van berekende verwachte jaardoses per niveau/ruimte waarbij is gemiddeld over de vloeroppervlak van die ruimte. De dosis is berekend voor de tijdsduur die is aangegeven onder 'rekenjaar'. Voor nadere toelichting zie Bijlage "Risico-analyse".

werknemers in gebouw					
niveau	karakteriseert	ruimte	rekenjaar	H*(10) (E bij submersie)	opmerking
0 – 2 m	vloerniveau FEL-bunker	<i>algemene techniekrimte</i>	200 uur	33.5 mSv (2%)	
		<i>FEL techniekrimte</i>	200 uur	0.27 mSv (14%)	
		<i>gang naar labyrint</i>	500 uur	1.3 mSv (66 %)	extra (lood) afscherming voorgenomen
2½ – 4½ m	vloerniveau FLARE kantoren	<i>FLARE kantoren</i>	2000 uur	56.8 mSv (3%)	extra zwaarbeton afscherming voorgenomen
		<i>trappenhuis</i>	200 uur	64.3 mSv (3%)	
		<i>corridor boven labyrint</i>	100 uur	7.6 mSv (0%)	
5 – 7 m	vloerniveau FELICE laboratorium	<i>FELICE laboratorium</i>	2000 uur	18.3 mSv (1%)	
		<i>boven FLARE kantoren</i>	2000 uur	93.6 mSv (5%)	extra zwaarbeton afscherming voorgenomen
		<i>over gehele gebouw</i>	2000 uur	15.9 mSv (1%)	
6 – 8 m	maaiveld niveau	<i>boven FLARE kantoren</i>	2000 uur	66.9 mSv (3%)	extra zwaarbeton afscherming voorgenomen
		<i>over gehele gebouw</i>	2000 uur	11.4 mSv (1%)	
werknemer submersie ⁴¹ Ar					
0 – 2 m	vloerniveau FEL-bunker	<i>FEL-bunker</i>	2000 uur	25 mSv (1%)	bij FELs inoperatief
SOM			15200 uur	1.96 mSv (100%)	
bevolking terreingrens					
terreingrens			4000 uur	< 10 mSv	< secundair niveau

De dosis in de gang naar de toegangsdeur tot het labyrint is hoger dan de jaardosislimiet van 1 mSv. Dit betreft echter een *berekende* waarde op grond van bedrijf van het FEL-systeem met de meest ongunstigste instellingen die de hoogste dosistempi opleveren. Gezien het veelzijdige karakter van het aan NCAS uitgevoerde onderzoek is het niet waarschijnlijk dat deze combinatie van FELs

daadwerkelijk een jaar lang wordt gebruikt. Er zal dan ook ter aanvulling van de Risico-analyse een uitgebreide meetcampagne worden gestart om de berekende jaardoses uit Tabel 1 aan toetsing te onderwerpen. Uiteraard zullen bij overschrijding van de aangegeven dosislimieten passende maatregelen ter reductie van doses genomen worden door tactische plaatsing van extra afscherming danwel ruimtebeperking. Met name op de entree naar het labyrinth zal sterk de aandacht gevestigd worden. Op grond van de berekende doses is al besloten de bouwtekeningen aan te passen waar het de kantoren van FLARE betreft: de jaardoses bedragen daar enkele tientallen tot bijna honderd microsievert. Ofschoon deze ruim onder de wettelijke normen liggen wordt de afscherming zodanig aangepast dat de doses minstens een factor tien lager zullen uitvallen dan in Tabel 1 weergegeven. De voorgenomen aanpassingen worden verder in de Bijlage Risico-analyse §4.3 beschreven.

Op grond van MR-AGIS[MRAGIS] wordt op grond van de berekende resultaten uit de Bijlage Risico-analyse een toetsing aan de wettelijke normen doorgevoerd:

geplande handelingen:

1. effectieve dosis werknemer binnenshuis

- externe bestraling: afhankelijk van werkruimte zie Tabel 1

- in de FEL-techniekruimte en algemene techniekruimte wordt

altijd met persoonsdosimeters (TLD) gewerkt; tevens wordt

toegang tot deze ruimtes tijdens bedrijfsuren van de FEL gelimiteerd

tot maximaal 200 uur per jaar.

- buiten de FEL-bunker treedt volgens de berekeningen geen noemenswaardige neutronenstraling op.

- externe straling door ^{41}Ar : deze is berekend (zie Tabel 1) op minder dan 25 mSv yr^{-1} .

2. - effectieve dosis (niet-)werknemer op maaiveld niveau boven de FEL-faciliteit: 11.4 mSv yr^{-1} .

- externe straling door ^{41}Ar : de maximum op te lopen dosis wordt berekend op 72 m van de uitstootopening, die op 4 m boven het maaiveld is aangenomen (de wettelijke eis is: minimaal $2\frac{1}{2}$ m boven het hoogste punt van het gebouw). De op te lopen dosis op jaarbasis bij aangenomen ongunstige wind- en diffusieomstandigheden bedraagt op deze 72 m afstand: 1.4 mSv yr^{-1} .

Opgemerkt wordt dat: 1) er is slechts sprake van externe straling in de vorm van röntgenstraling als gevolg van handelingen met toestellen buiten de locatie, en 2) er is slechts sprake van lozing in de lucht van radionucliden in de vorm van – berekend 4 GBq – aangevraagd 5 GBq ^{41}Ar per jaar.

Aangezien de eenvoudige rekenregels van MR-AGIS niet gelden voor submersie van ^{41}Ar en de dosisbijdrage van dit radionuclide aan de terreingrens hoger uitvalt dan de secundaire limiet wordt de actuele individuele dosis berekend volgens §6.4 van de gebruikte publicatie[MRAGIS]. In de richting van het dichtstbijzijnde punt aan de terreingrens is een spoorlijn met direct daarachter studentenflats en woningen. Om die reden is de AID gelijk te berekenen als de multifunctionele individuele dosis.

Met betrekking tot de externe straling wordt de puntbronbenadering uit §4.2 van de Bijlage Risico-analyse gevolgd. De puntbron is gedacht op het maaiveldniveau met bronconstante:

$$A = 1/9 * 400 \text{ mSv m}^{-2} = 45 \text{ mSv m}^{-2}.$$

De bronconstante is bepaald door de gemiddelde uittrede dose berekende dosis op een afstand van 20 m van de puntbron te vergelijken met de gemiddelde dosis van een puntbron met een bronconstante van 400 mSv m^{-2} . Op grond van de bronconstante van 45 mSv m^{-2} wordt op het dichtstbijzijnde punt van de terreingrens, op 200 m in de richting van de uitstraling, en met een transmissiefactor $F=1$ een jaardosis berekend van: $H^*_{\text{max}} = 1.1 \text{ mSv}$. De actuele individuele dosis voor externe straling volgt vervolgens als:

$AID_{\text{ext}} = ID_{\text{ext}} * 0.25 = H^*_{\text{max}} * 0.25 = 0.3 \text{ mSv}$ en dit laatste op jaarbasis. De afschermingsfactor 0.25 komt voort uit een aangenomen stralingsverzwakking binnen een woonhuis.

De actuele individuele dosis als gevolg van submersie in ^{41}Ar wordt berekend als:

$$AID_{\text{sub}} = ID_{\text{sub}} = C_L * t_{\text{sub}} * e_{\text{sub}} = 1.37 * 6000 * 2.2 \times 10^{-10} = 1.8 \text{ mSv op jaarbasis,}$$

met $C_L = 1 \text{ kBq m}^{-3} * 950 \text{ m}^3 * [(23.67 \text{ hr} * 1 \text{ hr}^{-1} + 0.33 \text{ hr} * 3 \text{ hr}^{-1}) / 24 \text{ hr}] * 1.4 \times 10^{-6} \text{ hr m}^{-3} = 1.37 \text{ Bq m}^{-3}$ een bovengrens voor de evenwichtsdichtheid van het ^{41}Ar in lucht aan de terreingrens. Hier is de factor tussen rechte haakjes een gemiddelde voor de ventilatievoud en het FEL-bunker volume is 950 m^3 met een evenwichtsdichtheid in die bunker van 1 kBq m^{-3} . De verdunningsfactor is berekend volgens het gaussisch-puntbron-pluimmodel zoals weergegeven in §4.3.2 van de bijlage “Risico-analyse”. De submersietijdsduur $t_{\text{sub}} = 250 * 24 = 6000 \text{ hr}$ is een bovengrens voor de tijdsduur van blootstelling gebaseerd op 250 bedrijfsdagen van 24 uur waarin ^{41}Ar wordt geproduceerd en de

submersie dosiscoëfficiënt[HBRN] volgt als: $e_{\text{sub}} = 2.2 \times 10^{-10} \text{ Sv hr}^{-1} \text{ m}^3 \text{ Bq}^{-1}$. Er is geen afschermingsfactor gedefinieerd voor de AID bij submersie.

Note: In de Bijlage Risico-analyse wordt het berekende tijdsverloop van de ^{41}Ar concentratie in de FEL-bunker beschouwd in plaats van slechts de maximale evenwichtsconcentratie en volgt een lagere waarde voor de jaardosis van 1.3 mSv. Er is dan uitgegaan van productie gedurende 16 uur en verval gedurende de 8 nachtelijke uren en in de weekends dientengevolge valt deze waarde lager uit.

Volgens §7 van de gebruikte versie van MR-AGIS de gemeenschappelijke AID voor externe straling opgeteld bij die van submersie wordt in dit geval berekend als:

$AID = AID_{\text{ext}} + AID_{\text{sub}}$ en getoetst aan de locatie limiet. Aangezien de AID_{ext} lager uitvalt dat 1 mSv op jaarbasis hoeft deze in de berekening van de totale AID niet te worden meegenomen. De AID is dan gelijk aan de $AID_{\text{sub}} = 1.8 \text{ mSv}$ per jaar. De locatielimie is gesteld op 100 mSv per jaar. De AID blijft daar ruim een factor 50 onder.

6 Beschermende maatregelen

6.1.1 Classificatie werknemer en persoonsdosimetrie

Blijft ongewijzigd conform vigerende vergunning.

6.1.2 Educatie en training

De verdeling van stralingsdeskundigheidsniveaus wordt gewijzigd zodanig dat de permanente stafleden de deskundigheidsfuncties bekleden. Dit om te waarborgen dat kennis en ervaring in huis blijft en onevenredig veel tijd, energie en financiën verloren gaat met het opleiden van nieuwe deskundigen.

In concreto houdt dit in dat:

Toezichthouders uit de permanente staf bij de NCAS:

- afdelingsdeskundige (1X): niveau 3
- lokaal terzake kundige(n)(1X): minimaal niveau 4A, preferabel niveau 3

Toezichthouders uit de permanente staf bij de stralingsbeschermingseenheid in dit geval de Arbo- en Milieudienst Groep Straling:

- stralingsfysicus (1X): niveau 3
- verantwoordelijk stralingsdeskundige c.q. Hoofd Groep Straling: niveau 2

Operationele functies permanente staf bij NCAS:

- technici (2X): niveau 5A
- operators, onderzoekers, overig vast personeel en verder alle tijdelijke functies en studenten: instructie

Met betrekking tot lokaal terzake kundigen en technici zijn de voorgestelde aantallen minimale aantallen. Uiteraard staat het de NCAS vrij, en wordt het vanuit de Groep Straling gestimuleerd, om meer personeel tot zeker niveau van stralingsdeskundigheid op te leiden.

6.2 Brongerelateerde maatregelen

Blijft ongewijzigd conform vigerende vergunning.

6.3 Ruimtegerelateerde maatregelen

Blijft ongewijzigd conform vigerende vergunning.

6.4 Omgevingsgerelateerde maatregelen

De geplande daktuin verdwijnt. In de plaats hiervan worden boven het maaiveld de kantoor- en gebruikersruimtes van FELIX-FELICE gebouwd. Hiertoe wordt een extra laag van 40 cm beton op het bestaande betonnen en zwaarbetonnen beton gestort die een factor 8 – 10 extra afscherming moet geven en de weggenomen aarde compenseert. Een deel van het zwaarbetonnen dak van de FEL-bunker wordt ingericht als FELICE laboratorium. Hier wordt geen extra beton aangelegd. Het uitstootpunt van ventilatielucht die ^{41}Ar kan bevatten wordt minimaal $2\frac{1}{2}$ m boven het hoogste punt van het gebouw aangebracht. Dit is naar verwachting tussen de 5 en 6 m hoogte.

6.5 Veiligheidsprocedures

Blijft ongewijzigd conform vigerende vergunning.

7 Kernenergiewetdossier

Blijft ongewijzigd conform vigerende vergunning.

Referenties

MRAGIS “Ministeriële Regeling Analyse Gevolgen Ioniserende Straling voor het Milieu”,
Staatscourant 22 (januari 2002), herzien in Staatscourant 73.

HBRN “Handboek Radionucliden”, A.S. Keeverling Buisman (2007), BetaText Bergen (NH)