

**Bijlagen bij  
Deel A: Kew-deel**

**Bijlage A24:**

**Analyse Gevolgen  
Ioniserende Straling (MR-  
AGIS)**

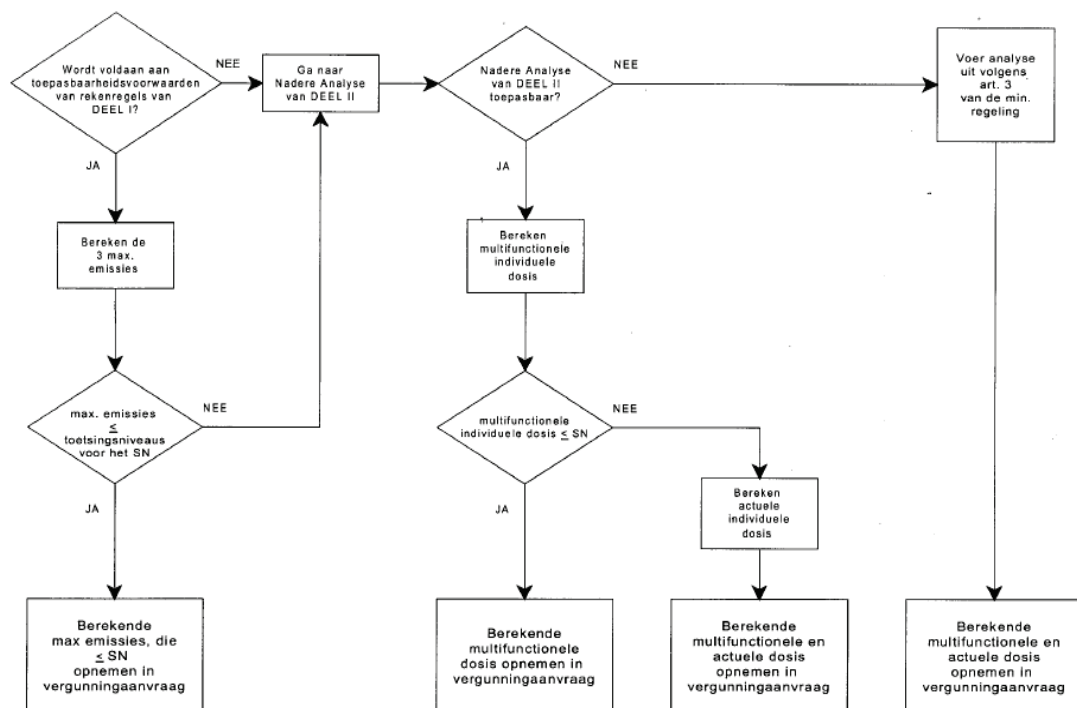
## Inleiding

Volgens artikel 44, eerste lid, onder e, van het Besluit Stralingsbescherming (Bs), bevat elke aanvraag om een vergunning, onder andere, de maximale totale effectieve dosis die een persoon in een kalenderjaar kan ontvangen op enig punt buiten de locatie, zowel ten gevolge van lozingen als ten gevolge van externe straling. Het Bs stelt voorts in artikel 3, derde lid, dat door de Minister van VROM (thans de Minister van EZ) 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 volgende dosisniveaus worden gehanteerd:

- een **locatielimiet** van 100  $\mu\text{Sv}$  in een jaar, waarboven geen vergunning wordt verleend, en
- een **Secundair Niveau (SN)** van 1  $\mu\text{Sv}$  (voor lucht- en waterlozingen) en 10  $\mu\text{Sv}$  (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.



Figuur 1.1 Stroomschema van de Bijlage bij de Ministeriële Regeling AGIS [MR-AGIS]

Fig 1.1 geeft in een stroomschema de werkwijze in zijn geheel weer. De regels zijn alleen bedoeld voor reguliere emissies en lozingen ten gevolge van handelingen met radioactieve stoffen.

## Toepasbaarheidbeoordeling vóóraf

De rekenregels van Deel I zijn voor externe straling, lozingen in lucht en lozingen in water van toepassing indien, met betrekking tot de verschillende emissies uit de bron(nen), aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

### *Externe straling*

1. de enige belangrijke te verwachten dosisbijdragen van externe straling is die ten gevolge van gammastraling en röntgenstraling (d.w.z. dat andere stralingssoorten, zoals neutronenstraling,  $\alpha$ - en  $\beta$ -straling, op het relevante punt naar verwachting een verwaarloosbare dosisbijdrage leveren);
2. de bron kan m.b.t. de mogelijke dosisbijdrage gezien worden als een puntbron.

Indien niet aan voorwaarde 1 of 2 wordt voldaan, wordt voor deze emissiesoort verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

Als grootste stralend oppervlak of bron bij RID of HollandPTC is de reactorkern aan te wijzen. Het oppervlak van de inwerkingzijnde kern is van de orde van  $1 \times 1 \text{ m}^2$ . Daar de kern zo'n 75 meter van de terreingrens verwijderd is en deze afstand groter is dan 5 maal 1 m, is de kern in deze analyse dus als puntbron te beschouwen. Hiermee is voldaan aan punt 2). Als gevolg van zowel het bedrijven van een kernreactor, als het cyclotron bij HollandPTC is niet op voorhand uit te sluiten dat neutronenstraling op enig punt buiten de locatie een dosisbijdrage levert die niet verwaarloosbaar is ten opzichte van de dosisbijdrage door gamma en röntgenstraling. De analyse voor externe straling zal dus volgens deel II moeten worden uitgevoerd.

### *Lozing in lucht*

3. de enige belangrijke te verwachten dosisbijdrage van lozing in lucht is die ten gevolge van inhalatie.

Indien niet aan voorwaarde 3 wordt voldaan, wordt voor deze emissiesoort verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

De lozing door het RID van radioactiviteit in de lucht vindt voornamelijk plaats via de afvoerkanalen van het geforceerde ventilatiesysteem van het instituut. De afgevoerde lucht passeert een of meer filters, alvorens hij via de 60 m hoge ventilatieschacht wordt geloosd. Bij de verlening van de vigerende vergunning voor het RID is in het MER vastgesteld van lozing anders van Ar-41 niet is aan te tonen. Door de hoogte van de schacht en de afstand tot de terreingrens zal een dusdanige verdunning optreden dat andere dosisbijdragen dan door inhalatie verwaarloosbaar zullen zijn.

De kliniek loost lucht vanuit de bundelinstallatie, enkele laboratoria en afbeeldingsruimten via gefilterde dakventilatoren. Naast Ar-41 is F-18 in de kliniek aanwezig, deze laatste nuclide heeft een korte halveringstijd en zal door het filtersysteem worden weggevangen. Ook hier zal de resterende lozing aan de terreingrens zo verdund zijn dat de belangrijkste dosisbijdrage ten gevolge van inhalatie zal zijn.

Deze emissiesoort kan geanalyseerd worden met de regels van deel I.

### *Lozing in water*

4. de enige belangrijke te verwachten dosisbijdrage van lozing in water is die ten gevolge van ingestie.
5. lozing in water geschiedt op een rioolsysteem dat via een waterzuiveringsinstallatie op het oppervlaktewater loost;

Indien niet aan voorwaarde 4 of 5 wordt voldaan, wordt voor deze emissiesoort verwezen naar Deel II, Nadere Analyse.

Afvalwater, zowel afkomstig van het RID als van HollandPTC wordt geloosd in het gesloten gemeentelijk riool van Delft. Het afvalwater wordt via de zuiveringsinstallatie Houtrust (Den Haag) in de Noordzee gepompt. Activiteit in het water zal dan dusdanig verdund zijn dat het aannemelijk is dat de belangrijkste dosisbijdrage ten gevolge van ingestie zal zijn.

Deze emissiesoort kan geanalyseerd worden met de regels van deel I.

## **Werkwijze externe straling.**

Zoals hierboven is aangegeven, dient voor de emissiesoort externe straling een nadere analyse te worden uitgevoerd. De uitvoering van deze nadere analyse vindt plaats zoals weergegeven in het stroomschema in Figuur 2.

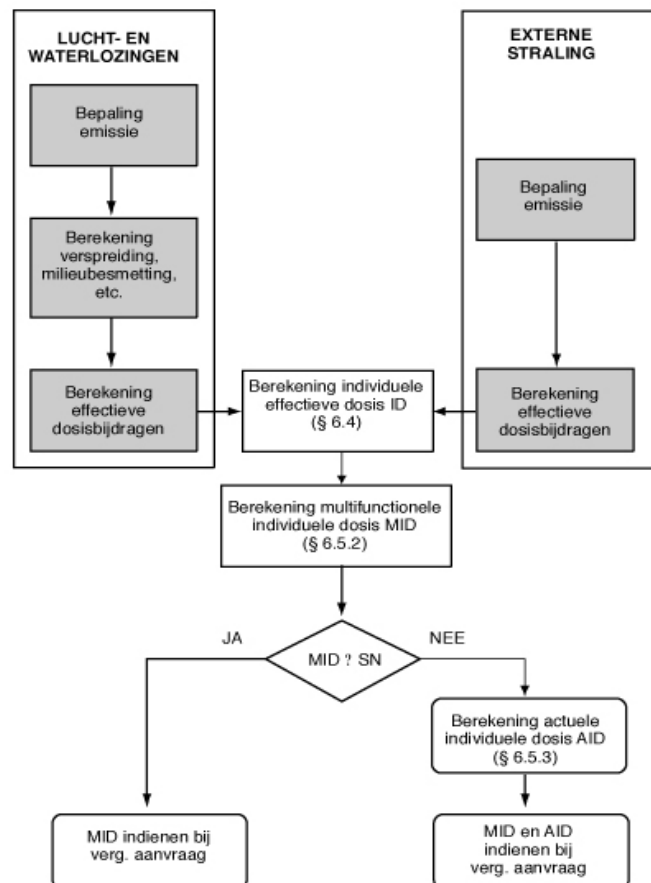
### ***Bepaling emissie***

De **omvang** van iedere emissiesoort waarvoor een nadere analyse wordt uitgevoerd, kan op twee manieren worden bepaald:

- de omvang wordt, indien dat niet tot een onderschatting leidt, gelijkgesteld aan de maximale lozing of (voor externe straling) de maximale omgevingsdosisequivalent zoals in Deel I uitgerekend.

of

- er wordt een realistische berekening gemaakt volgens [DOA02] en [DOB02] van de jaarlijkse emissies voor ieder emissiepunt, gebaseerd op eigen metingen of op fabrieksgegevens. Metingen dienen zoveel mogelijk te worden uitgevoerd overeenkomstig daartoe strekkende normen of voornormen van het Nederlands Normalisatie Instituut (NNI) of, bij ontbreken daarvan, overeenkomstig DIN, ISO of CEN normen. De emissies voor verschillende emissiepunten van dezelfde emissiesoort worden gesommeerd.



Figuur 2. Stroomschema voor de berekeningsmethodiek bij 'Nadere Analyses'

Voor de berekening van de effectieve dosis ten gevolge van externe straling  $E_{\text{ext}}$  (de externe blootstellingdosis) wordt bij deze rekenregels in eerste benadering (Deel I) gebruik gemaakt van het omgevingsdosisequivalent  $H^*(10)$  [ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ].

$H^*(10)$  wordt aan de terreingrens berekend, uitgaande van het omgevingsdosisequivalenttempo  $H^*(10,r)$  op een punt (dosispunt) gelegen op  $r$  meter afstand van de bron. Hiervoor zijn meetgegevens beschikbaar.

#### Relevante bronnen van externe straling op het RID-HollandPTC complex

Voor externe straling worden de volgende bronnen onderkent waarvan het ruw geschat niet evident is dat zij minder dan  $1 \mu\text{Sv}$  in een jaar aan enig punt van de terreingrens veroorzaken:

1. De reactorkern;
2. Buizenpost en experimenten op de noordvleugel van het RID;
3. Bulkopslag in de daartoe geëigende ruimte van radioactiviteit bedoeld voor het uitvoeren van experimenten;
4. Een Co-60 bestralingsfaciliteit (een gesloten HASS-bron) bedoeld voor het uitvoeren van bestralingsexperimenten;

5. De protonenfaciliteit van HollandPTC gesitueerd in het protonen bunkercomplex met de onderscheidde stralingsbronnen als behandeld in Bijlage "Afschermingsberekeningen protonen";
6. De CT-scanner in het 'imaging-blok' van HollandPTC;
7. De PET-CT scanner en het daarbij behorende F-18 in diverse chemische samenstelling in het 'imaging-blok' van HollandPTC (in deze analyse ten behoeve van de terreingrens is verondersteld dat het F-18 zich in het centrum van het blok bevindt).

Van bronnen 1, 2, 3 en 4 zijn meetgegevens beschikbaar waarmee  $H^*(10,r) \cdot r^2 \cdot T$  bepaald wordt zoals hierna is aangegeven. Voor bronnen 5 zijn de resultaten gebruikt uit Bijlage 'Afschermingsberekeningen Protonen' om tot dezelfde grootte te komen. Bij bronnen 6 en 7 is deze grootte bepaald door een jaardosis op de kortste afstand, buiten op de muur van het 'imaging-blok', van 300  $\mu\text{Sv}$  ten gevolge van die bron, af te dwingen. Deze aanname is een overschatting ten opzichte van zowel de uiteindelijke uitvoering van dit blok, als van de analyse zoals uitgevoerd in Bijlage "Jaardosis Ruimten".

Aan bron 1 zijn in opdracht van de KFD, metingen uitgevoerd door het RIVM (Vertrouwelijk RIVM Rapport 610330106/2013) waarin geconcludeerd wordt dat ten gevolge van het reactorbedrijf op 50 m afstand van de reactorkern richting Mekelweg (dit is op het RID terrein boven aan het talud naar de watergang, ter hoogte van de reactorkern) een jaardosis van 47  $\mu\text{Sv}$  te verwachten is. Ten gevolge van het reactorbedrijf wordt met deze gegevens de grootte  $H^*(10,r) \cdot r^2$  op 0,118  $\text{Sv} \cdot \text{m}^2$  per jaar berekend.

Ter bepaling van de brontermen voor bronnen 2, 3 en 4 beschikken wij over meetresultaten over een jaar (Meetrapport SBD 2999) en dosissurvey's (Meetrapporten SBD3298 en 3313) na de installatie van de Co-60 HASS-bron.

Deze distributie van bronnen is opgenomen in een spreadsheet waarin tevens de (buiten)muren van het RID en HollandPTC en de afschermingsmuren van het 'imaging-blok' zijn gemodelleerd, geheel analoog als beschreven in Bijlage 'Afschermingsberekeningen Protonen'. Voor een gegeven punt A buiten de afscherming wordt bij elk bronpunt de richting van het punt, de parameter  $H^*(10,r) \cdot r^2 \cdot T$  alsmede de afstand en de effectieve afscherming langs de verbindinglijn van bron naar A bepaald. In de spreadsheet wordt vervolgens conform MR-AGIS  $H^*_{\text{max}}$  berekend volgens onderstaande formule:

$$H^*_{\text{max}} = \sum_{\text{nuclide of stralingssoort}} H^*(10,r) \cdot \frac{r^2}{l^2} \cdot F \cdot T \quad [\mu\text{Sv}]$$

waarin:

$H^*_{\text{max}}$	omgevingsdosisequivalent in een jaar aan de terreingrens ten gevolge van de stralingsbron [ $\mu\text{Sv}$ ]
$H^*(10, r)$	omgevingsdosisequivalenttempo op het dosispunt r ten gevolge van het beschouwde radionuclide of stralingssoort [ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ]
r	afstand tussen stralingsbron en dosispunt [m]

I	afstand tussen stralingsbron en terreingrens [m]
F	transmissiefactor voor het beschouwde radionuclide of stralingssoort van niet eenvoudig verplaatsbare afscherming tussen dosispunt en terreingrens
T	aantal uren in een jaar dat de stralingsbron in gebruik is [h]

In een tweede spreadsheet worden deze gegevens gebruikt om de totale dosisverwachting in alle punten van de modellering te berekenen. Het resultaat is weergegeven met een kleurcodering in Figuur 3. In Figuur 4 wordt deze figuur herhaald waarbij ook de dosiswaarden binnen de afscherming zichtbaar zijn. Hoewel deze waarden niet realistisch zijn (de waarden zijn gebaseerd op gegevens buiten de afscherming), zijn de posities van de verschillende bronnen duidelijk zichtbaar.

Hieruit blijkt dat de hoogste dosisverwachting buiten de locatie optreedt op de terreingrens aan de Mekelweg, ter hoogte van de reactorkern. In dit punt geldt:

$$H^*_{\max} = 29 \mu\text{Sv}$$

En dus volgens het eerste punt bij werkwijze emissiebepaling MR-AGID deel II:

$$ID = 29 \mu\text{Sv}$$

Hieruit volgt:

$$MID_{\text{ext}} = 0,25 \cdot 29 = 7,25 \mu\text{Sv}$$

De toetsing aan het Secundair Niveau wordt gedaan per **iedere emissiesoort afzonderlijk**. Hiervoor wordt de berekende multifunctionele individuele dosis (MID) vergeleken met de bij de betreffende emissiesoort horende SN.

Als voor een emissiesoort de volgens Deel II berekende **MID lager ligt dan SN**, dus als

•	voor externe straling	MID(externe straling)	≤	10 μSv
---	-----------------------	-----------------------	---	--------

dan is er sprake van een emissiesoort die geringe risico's voor de omgeving met zich meebrengt.

**Geconstateerd wordt dat voor RID en HollandPTC tezamen het MID<sub>ext</sub> lager ligt dan SN.**

Dosis punten	x-coördinaat [m]	y-coördinaat [m]	Totaal [mikroSv/j]	Bron 1: RID-HOR [mikroSv/j]	Bron 4: RID-Co-60 [mikroSv/j]	Bron 2: RID noord [mikroSv/j]	Bron 3: RID-bronopslag [mikroSv/j]	Bron 6: CT [mikroSv/j]	Bron 7: PET-CT [mikroSv/h]	Bron 5: R&D [mikroSv/h]	Bron 5: Gantry 1 [mikroSv/h]	Bron 5: Gantry 2 [mikroSv/h]	Bron 5: Ooglijn [mikroSv/h]	Bron 5: Cyclotron [mikroSv/h]
Dp [m]	[m]	[m]	[mikroSv/j]	[mikroSv/j]	[mikroSv/j]	[mikroSv/j]	[mikroSv/j]	[mikroSv/j]	[mikroSv/h]	[mikroSv/h]	[mikroSv/h]	[mikroSv/h]	[mikroSv/h]	[mikroSv/h]
A	132	-8	6,73E+00	5,06	0,87	0,49	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
B	138,55	109,9	2,90E+02	6,28	276,20	2,05	3,14	0,07	0,07	0,10	0,03	0,03	0,02	2,39
C	225,6	174	1,62E+02	0,01	0,00	0,00	0,00	15,00	146,67	0,00	0,01	0,67	0,02	0,00
D	220	172,1	3,53E+02	0,06	0,06	0,01	0,01	55,08	297,49	0,00	0,00	0,49	0,02	0,05
E	193	157	4,23E+01	0,37	0,46	0,08	0,06	3,82	1,44	15,38	16,51	3,06	0,10	1,06
F	0	0	1,10E+01	9,63	0,10	1,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
G	0	0	1,10E+01	9,63	0,10	1,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
H	256	129	6,90E+00	0,94	0,73	0,70	0,12	0,02	2,24	0,07	0,05	1,62	0,34	0,08
I	256	98,00	2,81E+00	0,07	0,75	0,75	0,13	0,01	0,67	0,05	0,03	0,12	0,17	0,07
J	256	142,00	3,06E+00	0,22	0,17	0,17	0,03	0,03	0,95	0,03	0,02	1,36	0,04	0,04
K	0	0	1,10E+01	9,63	0,10	1,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
L	0	0	1,10E+01	9,63	0,10	1,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
M	160	199	6,31E+00	0,30	1,18	1,11	0,17	0,34	2,22	0,11	0,47	0,30	0,01	0,11
N	162	104	5,89E+01	4,36	14,74	4,21	1,27	0,02	0,05	0,17	0,04	0,05	0,03	34,00
O	0	0	1,10E+01	9,63	0,10	1,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
P	0	0	1,10E+01	9,63	0,10	1,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Q	0	0	1,10E+01	9,63	0,10	1,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
R	0	0	1,10E+01	9,63	0,10	1,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
S	0	0	1,10E+01	9,63	0,10	1,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
T	0	0	1,10E+01	9,63	0,10	1,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
U	0	0	1,10E+01	9,63	0,10	1,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
V	0	0	1,10E+01	9,63	0,10	1,14	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
W	148	140	1,18E+01	0,76	7,93	0,84	0,70	0,12	0,05	0,20	0,04	0,04	0,03	1,10
X	88	76	4,45E+02	326,39	0,93	115,55	1,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Y	88	84	4,68E+02	82,51	2,14	379,00	4,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
Z	94	-8	2,89E+01	25,55	0,81	2,18	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08

**Tabel:**  
Jaardosisverwachting op dosispunten A t/m Z (zie Bijlage "Afschermingsberekeningen protonen") per bron 1 t/m 5.

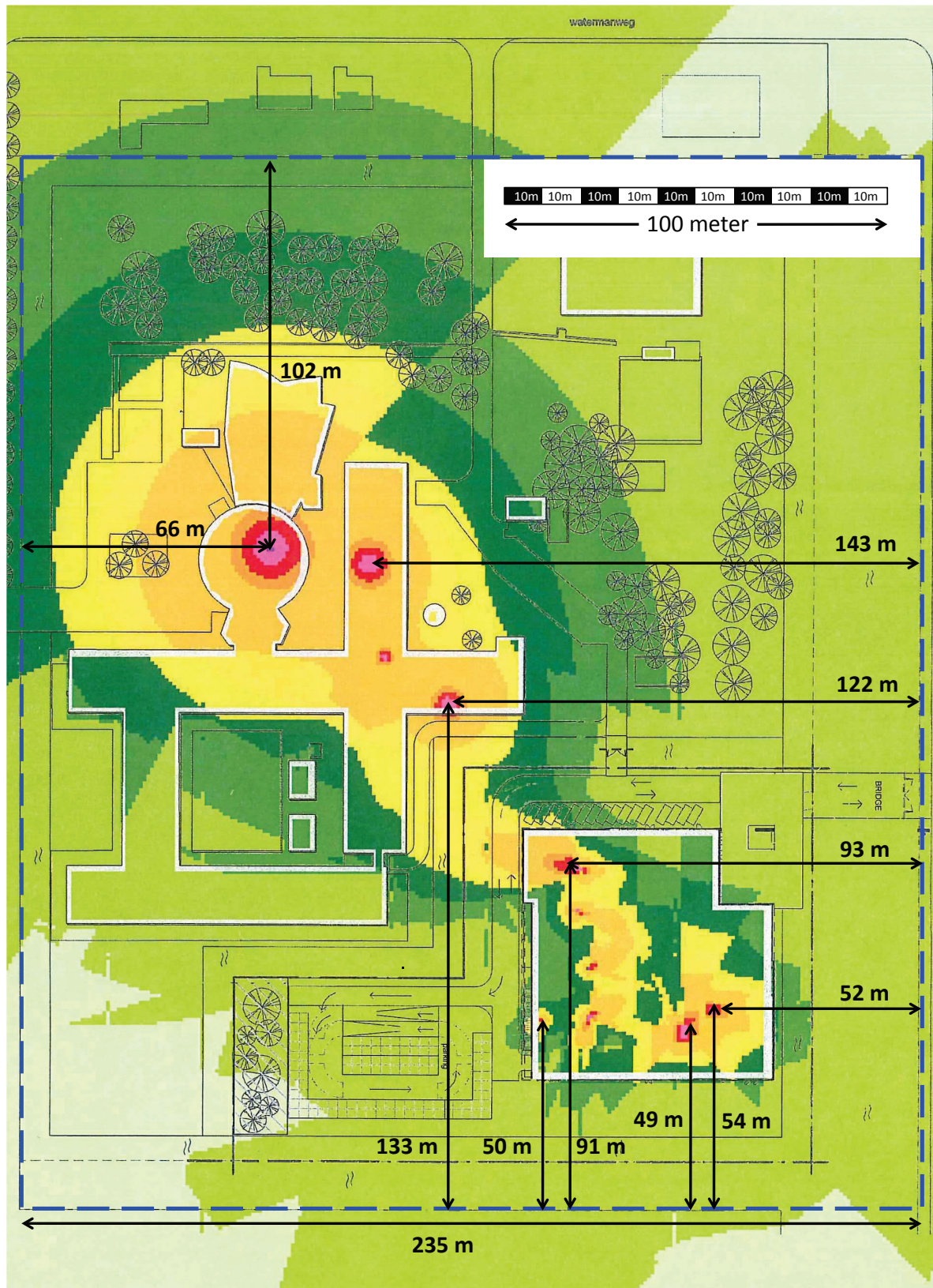




Figuur 3: Totale jaardosisverwachting buiten de afscherming van HollandPTC.

0 tot 1 μSv/j	1 tot 10 μSv/j	10 tot 20 μSv/j	20 tot 40 μSv/j	40 tot 60 μSv/j	60 tot 100 μSv/j	100 tot 1000 μSv/j	1000 tot 2000 μSv/j
---------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	--------------------------	---------------------------





*Figuur 4: Totale dosisverwachting buiten de afscherming als in Fig. 3, hier ook geëxtrapoleerd naar het gebied binnen de afscherming om de positie van de bronnen zichtbaar te maken. De blauwe stippellijn geeft de terreingrens aan. Rechtsboven de schaalverdeling van het figuur. Enkele afstanden (bij benadering) tussen bronnen en terreingrens zijn nader aangegeven*

## Werkwijze lozing in lucht.

Ten tijde van de aanvraag van de huidige vigerende vergunning voor het RID was de MR-AGIS nog niet opgesteld, maar werd ervaring met deze analysemethode opgedaan aan de hand van de methode als beschreven in de Richtlijn Radionuclidenlaboratoria. In dat kader werd voor het IRI (thans RID) de volgende overwegingen genoemd (Aanvraag KEW-vergunningen IRI, bijlage 2.4 bij aanvraagbrief):

In de ventilatie-afvoerkanalen van de reactorhal en van de chemievleugels “noord” en “zuid” bevinden zich absoluutfilters. De aanwezige filters zorgen voor een zeer effectieve verwijdering van de eventueel in de afgevoerde luchtstroom aanwezige aerosolvormige activiteit. Gas- of dampvormige stoffen als tritium ( $^3\text{H}$ ),  $^{14}\text{CO}_2$  of jodium worden door de filters echter niet of nauwelijks tegengehouden. Opgemerkt zij, dat  $^3\text{H}$  (in de vorm van waterdamp) en  $^{14}\text{CO}_2$  uit het open reactorbassin ontwijken en retentie niet goed mogelijk is. Voor de retentie van jodium zijn speciale koolfilter nodig. Het maximale debiet van de ventilatie-afvoer bedraagt ca.  $10^5 \text{ m}^3$  per uur; het maximaal per jaar afgevoerde luchtvolume is derhalve van de orde van  $10^9 \text{ m}^3$ .

In bijlage 3 van de Richtlijn Radionuclidenlaboratoria is een methode aangegeven op de activiteitslozingen in lucht uit te drukken in Radiotoxiciteitsequivalenten bij inhalatie  $\text{Re}_{\text{inh}}$ , en deze lozing te toetsen aan de waarde van geloosde activiteit die maximaal een individueel risico gelijk aan het Secundair Niveau (SN) levert. Dit laatste toetsingsniveau ( $\text{L}_{\text{SN}}$ ) is getabelleerd voor lozingen op grondniveau, als functie van de afstand van het lozingspunt tot de terreingrens. Voor lozingen via de 60 m hoge ventilatieschacht van het IRI is echter berekend dat de maximale concentratie op maaiveldhoogte op 0,8 km van het lozingspunt wordt gevonden. Een ruwe extrapolatie van de getabelleerde waarden voor  $\text{L}_{\text{SN}}$  naar 0,8 km zou ca. 1500  $\text{Re}_{\text{inh}}$  opleveren.

De activiteitslozingen in lucht moeten worden gewogen met een halveringstijdafhankelijke factor  $\text{R}_L$ , alvorens toetsing aan  $\text{L}_{\text{SN}}$  plaatsvindt. Voor bovenvermelde radionucliden ( $^3\text{H}$  (water),  $^{14}\text{CO}_2$ ,  $^{131}\text{I}$  damp en  $^{137}\text{Cs}$ ) komt een jaarlozing van 3.109 Bq, vermenigvuldigd met  $\text{R}_L$ , overeen met 0,05  $\text{RE}_{\text{inh}}$  ( $^3\text{H}$ ) tot 150  $\text{RE}_{\text{inh}}$  ( $^{137}\text{Cs}$ ).

Een dergelijke benadering is niet mogelijk voor de lozing van  $^{41}\text{Ar}$ , aangezien de dosis door dit nuclide veroorzaakt wordt door uitwendige bestraling (“submersie”). Uit de berekeningen blijkt, dat een lozing vanuit het IRI van  $10^{12}$  Bq per jaar leidt tot een maximale individuele effectieve dosis van ca.  $10^{-8}$  Sv/j., en wel op een afstand van 0,8 km. De maximale lozing van  $3 \cdot 10^{13}$  Bq/jaar correspondeert dus met een maximale effectieve dosis van ca.  $3 \cdot 10^{-7}$  Sv/j.

Op basis van bovenstaande overwegingen is toen het IRI vergund om in lucht te lozen:

- Via de ventilatieschacht van de HOR
  - Argon-41:  $3,7 \cdot 10^4 \text{ Bq/m}^3$  gemiddeld over een aaneengesloten periode van acht uren
  - Overige nucliden: 100  $\text{Re}_{\text{inh}}$  per kalenderjaar
- Via de dakventilatoren: 1  $\text{Re}_{\text{inh}}$  per kalenderjaar

De thans gevraagde aanpassing van de vergunning voor de vestiging van het protontherapiecentrum heeft geen invloed op het reactor bedrijf van het RID; de vermelde overwegingen blijven dan ook onveranderd. Om te analyseren hoe de radiologische gevolgen door lozingen in lucht voor het milieu zijn als gevolg van HollandPTC en RID tezamen is de rekenmethode als aangegeven in deel I van MR-AGIS (hoofdstuk 4.3) uitgevoerd. De analyse is uitgevoerd over de huidige nuclideninventaris van het RID (bronnenadministratie SBD) en de te verwachte inventaris van HollandPTC.

Een en ander is weergegeven in ondertaande spreadsheet die de rekenregels eenvoudig volgt:

Soort	nuc	$t_{1/2}$ [dag]	A		RE [Sv]	p	s	-p-4-S	CR <sub>L</sub>	A <sub>L</sub>	L
			Activiteit [MBq]	$e_{inh}$ [Sv/Bq]							
Open HPTC	F-18	8,00E-02	4,50E+06	5,9E-11	2,66E+02	-1	2	-5	1	4,50E+07	2,66E-03
Erts	K-40	>1e9a	1,60E-03	2,1E-09	3,36E-06	0	4	-8	100	1,60E-03	3,36E-12
Erts	U-238	>1e9a	2,00E+02	8,0E-06	1,60E+03	0	4	-8	100	2,00E+02	1,60E-03
Open	Ac-225	10,00	1,17E-05	8,5E-06	9,94E-05	-1	4	-7	1	1,17E-06	9,94E-12
Open	Bi-207	13870,00	2,23E+00	5,6E-09	1,25E-02	-2	4	-6	10	2,23E+01	1,25E-07
Open	C-14	2091450,00	9,66E+01	5,8E-10	5,60E-02	-2	4	-6	100	9,66E+03	5,60E-06
Open	Cd-109	464,00	1,25E-01	8,1E-09	1,01E-03	-2	4	-6	1	1,25E-01	1,01E-09
Open	Cl-36	>1e9a	5,55E+00	3,3E-10	1,83E-03	-2	4	-6	100	5,55E+02	1,83E-07
Open	Cm-244	6610,15	2,39E-02	5,7E-05	1,36E+00	-2	4	-6	1	2,39E-02	1,36E-06
Open	Co-57	270,90	7,30E+02	1,0E-09	7,30E-01	-2	4	-6	1	7,30E+02	7,30E-07
Open	Co-60	1923,92	3,18E+00	3,1E-08	9,86E-02	-2	4	-6	1	3,18E+00	9,86E-08
Open	Cs-134	752,63	6,59E-01	2,0E-08	1,32E-02	-2	4	-6	1	6,59E-01	1,32E-08
Open	Cs-137	11012,05	1,89E+02	3,9E-08	7,37E+00	-2	4	-6	10	1,89E+03	7,37E-05
Open	Eu-152	4865,45	4,07E+01	4,2E-08	1,71E+00	-2	4	-6	1	4,07E+01	1,71E-06
Open	Fe-55	985,50	1,09E+00	7,7E-10	8,40E-04	-2	4	-6	1	1,09E+00	8,40E-10
Open	Ge-68	288,00	4,42E-03	5,2E-10	2,30E-06	-2	4	-6	1	4,42E-03	2,30E-12
Open	H-3	4482,20	1,06E+04	2,6E-10	2,75E+00	-2	4	-6	1	1,06E+04	2,75E-06
Open	I-125	60,14	2,44E+01	5,1E-09	1,24E-01	-2	4	-6	1	2,44E+01	1,24E-07
Open	In-111	2,83	5,37E+01	2,3E-10	1,24E-02	-2	4	-6	1	5,37E+01	1,24E-08
Open	K-40	>1e9a	8,00E+00	2,1E-09	1,68E-02	-2	4	-6	100	8,00E+02	1,68E-06
Open	Lu-177	6,71	4,25E+01	1,2E-09	5,10E-02	-2	4	-6	1	4,25E+01	5,10E-08
Open	Lu-177m	160,10	9,81E+00	1,6E-08	1,57E-01	-2	4	-6	1	9,81E+00	1,57E-07
Open	Mn-54	312,50	2,72E-06	8,5E-10	2,31E-09	-2	4	-6	1	2,72E-06	2,31E-15
Open	Na-22	949,73	5,28E+00	1,3E-09	6,86E-03	-2	4	-6	1	5,28E+00	6,86E-09
Open	Po-210	138,38	1,84E-02	4,3E-06	7,91E-02	-2	4	-6	1	1,84E-02	7,91E-08
Open	Ra-226	584000,00	1,32E+01	9,5E-06	1,26E+02	-2	4	-6	100	1,32E+03	1,26E-02
Open	Ra-228	2098,75	1,80E-04	1,6E-05	2,88E-03	-2	4	-6	1	1,80E-04	2,88E-09
Open	S-35	87,44	2,18E+01	1,9E-09	4,14E-02	-2	4	-6	1	2,18E+01	4,14E-08
Open	Sm-147	>1e9a	8,90E-05	9,6E-06	8,54E-04	-2	4	-6	100	8,90E-03	8,54E-08
Open	Sr-90	10628,80	1,33E+02	1,6E-07	2,13E+01	-2	4	-6	10	1,33E+03	2,13E-04
Open	Tc-99	>1e9a	4,50E+03	1,3E-08	5,85E+01	-1	4	-7	100	4,50E+04	5,85E-04
Open	Th-228	698,25	1,03E-05	4,0E-05	4,13E-04	-2	4	-6	1	1,03E-05	4,13E-10
Open	Th-232	>1e9a	1,02E+00	1,1E-04	1,12E+02	-2	4	-6	100	1,02E+02	1,12E-02
Open	Tl-204	1379,34	2,76E+00	3,9E-10	1,07E-03	-2	4	-6	1	2,76E+00	1,07E-09
Open	U-235	21395,52	2,76E-02	8,5E-06	2,35E-01	-2	4	-6	10	2,76E-01	2,35E-06
Open	U-236	711,66	8,42E-06	8,7E-06	7,32E-05	-2	4	-6	1	8,42E-06	7,32E-11
Open	U-238	>1e9a	2,22E+01	8,0E-06	1,78E+02	-2	4	-6	100	2,22E+03	1,78E-02
Open	Zn-65	243,90	1,79E-03	2,2E-09	3,95E-06	-2	4	-6	1	1,79E-03	3,95E-12
Splijtstof	U-235	21395,52	1,98E-04	8,5E-06	1,68E-03	0	4	-8	10	1,98E-05	1,68E-10

Uit de samenvatting:

	$L_{max}$	Afstand	$L_{SN}$	$L_{max} / L_{SN}$
<b>RID</b>	4,40E-02	<150m	10	4,4E-03
<b>HollandPTC</b>	2,66E-03	<50m	1	2,7E-03
	<b>Som <math>L_{max}/L_{SN} =</math></b>			<b>0,00705 &lt; 1</b>

Volgt de conclusie:



**Geconstateerd wordt dat voor RID en HollandPTC tezamen de lozingen via de ventilatieschacht en dakventilatoren uit de locatie een dosis tot gevolg hebben die geacht wordt kleiner dan het SN te zijn.**

#### **Voor wat betreft de lozing van 41-Argon:**

Zoals beschreven in de Bijlage 'Activeringsberekeningen' is de evenwichtsconcentratie van Argon gemiddeld 14,11 en maximaal 15,23 kBq per kubieke meter. Dit is de evenwichtsconcentratie in het cyclotrongedeelte. In de overige bunkers/bunkerdelen zal deze concentratie lager zijn. Deze evenwichtsconcentratie is een bovengrens aangezien het cyclotron ook tijdens klinische openingstijden niet continu in gebruik is. Het gehele bunkergedeelte van HollandPTC omvat ongeveer 10.000 kubieke meter, en wordt geventileerd via de afzuiging vanuit de gantry's, zodat er significante verdunning optreedt met lucht uit verder gelegen ruimtes.

Met de aanname dat het cyclotron onafgebroken in bedrijf is en het gehele bunkervolume één keer per dag verversd wordt, 365 maal per jaar, kan de maximale totale lozing van Argon per jaar berekend worden:

- Maximale lozing HollandPTC via dakventilatoren: 56 GBq per jaar (15,23 kBq per kubieke meter geloosde lucht)

Maximaal kan deze activiteit wordt via een dakventilator met een debiet van  $47 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{h}$  naar het milieu worden geloosd. Per jaar geeft dit een gemiddelde activiteitsconcentratie aan de uitlaat van de dakventilator van  $56 \cdot 10^9 / (47 \cdot 10^3 \cdot 24 \cdot 365) = 136 \text{ Bq}/\text{m}^3\text{-jr}$ . Deze lucht zal naar de terreingrens toe verder verdund worden. MR-AGIS stelt voor deze verdunning in paragraaf 4.3.4:

*“De geloosde hoeveelheid radioactiviteit zal zich in de lucht verspreiden en dus in (sterk) verminderde concentratie de terreingrens bereiken. Op basis van een conservatieve benadering resulteert dit in een tenminste miljoenvoudige verdunning, afhankelijk van de afstand tussen lozingspunt en terreingrens.”*

Omdat submersie voor Ar-41 de beperkende blootstellingsweg is, is voor Ar-41 in tabel 4.1 van bijlage 4 van het Besluit Stralingsbescherming geen waarde voor de inhalatiedosiscoëfficiënt  $e(50)$  bepaald. Wel is in tabel 7 van die bijlage de effectieve dosis door submersie gespecificeerd. Voor volwassenen is de submersiedosiscoëfficiënt voor Ar-41 gelijk aan  $5,3 \cdot 10^{-9} \text{ Sv} \cdot \text{d}^{-1}/\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ .

De persoonsdosis ten gevolge van een verblijf in de concentratie aan de terreingrens gedurende het gehele jaar, bedraagt daarmee  $136 \cdot 10^{-6} \cdot 5,3 \cdot 10^{-9} \cdot 365 = 2,6 \cdot 10^{-10} \text{ Sv}/\text{jaar}$  ( $=0,00026 \text{ } \mu\text{Sv}/\text{jaar}$ ).

Deze waarde ligt ver beneden het secundair niveau van  $1 \text{ } \mu\text{Sv}$ , en is zo laag dat het de conclusie hierboven in stand houdt.

## **Werkwijze lozing in water**

Bij de overwegingen om de lozingen in het water te analyseren is een zelfde redenering als hierboven, bij lozingen in lucht gevolgd. De radiologische gevolgen door lozingen in water zijn als gevolg van HollandPTC en RID tezamen in kaart gebracht met de rekenmethode als aangegeven in deel I van MR-AGIS (hoofdstuk 4.4). De analyse is

uitgevoerd over de huidige nuclideninventaris van het RID (bronnenadministratie SBD) en de te verwachte inventaris van HollandPTC.

Een en ander is weergegeven in onderstaande spreadsheet die de rekenregels eenvoudig volgt:

Soort	nuc	t <sub>1/2</sub> [dag]	A			Z		V	W	s	CR <sub>w</sub>	A <sub>w</sub>	W
			Activiteit [MBq]	e <sub>ing</sub> [Sv/Bq]	RE [Sv]	uitscheiding patienten	kans lozing	proef dieren	tank systeem	[Bq]			
Open HPTC	F-18	8,00E-02	4,50E+06	4,9E-11	2,21E+02	0,1	0,1	1	0	0,001	4,50E+07	2,21E-03	
Erts	K-40	>1e9a	1,60E-03	6,2E-09	9,92E-06	1	0	1	2	100	0,00E+00	0,00E+00	
Erts	U-238	>1e9a	2,00E+02	4,5E-08	9,01E+00	1	0	1	2	100	0,00E+00	0,00E+00	
Open	Ac-225	10,00	1,17E-05	2,4E-08	2,81E-07	1	0,1	1	2	0,1	1,17E-03	2,81E-11	
Open	Bi-207	13870,00	2,23E+00	1,3E-09	2,90E-03	1	0,1	1	2	10	2,23E+04	2,90E-05	
Open	C-14	2091450,00	9,66E+01	5,8E-10	5,60E-02	1	0,1	1	2	100	9,66E+06	5,60E-03	
Open	Cd-109	464,00	1,25E-01	2,0E-09	2,50E-04	1	0,1	1	2	1	1,25E+02	2,50E-07	
Open	Cl-36	>1e9a	5,55E+00	9,3E-10	5,16E-03	1	0,1	1	2	100	5,55E+05	5,16E-04	
Open	Cm-244	6610,15	2,39E-02	1,2E-07	2,86E-03	1	0,1	1	2	1	2,39E+01	2,86E-06	
Open	Co-57	270,90	7,30E+02	2,1E-10	1,53E-01	1	0,1	1	2	1	7,30E+05	1,53E-04	
Open	Co-60	1923,92	3,18E+00	3,4E-09	1,08E-02	1	0,1	1	2	1	3,18E+03	1,08E-05	
Open	Cs-134	752,63	6,59E-01	1,9E-08	1,25E-02	1	0,1	1	2	1	6,59E+02	1,25E-05	
Open	Cs-137	11012,05	1,89E+02	1,3E-08	2,46E+00	1	0,1	1	2	10	1,89E+06	2,46E-02	
Open	Eu-152	4865,45	4,07E+01	1,4E-09	5,70E-02	1	0,1	1	2	1	4,07E+04	5,70E-05	
Open	Fe-55	985,50	1,09E+00	3,3E-10	3,60E-04	1	0,1	1	2	1	1,09E+03	3,60E-07	
Open	Ge-68	288,00	4,42E-03	1,3E-09	5,75E-06	1	0,1	1	2	1	4,42E+00	5,75E-09	
Open	H-3	4482,20	1,06E+04	4,2E-11	4,45E-01	1	0,1	1	2	1	1,06E+07	4,45E-04	
Open	I-125	60,14	2,44E+01	1,5E-08	3,65E-01	1	0,1	1	2	1	2,44E+04	3,65E-04	
Open	In-111	2,83	5,37E+01	2,9E-10	1,56E-02	1	0,1	1	2	0,001	5,37E+01	1,56E-08	
Open	K-40	>1e9a	8,00E+00	6,2E-09	4,96E-02	1	0,1	1	2	100	8,00E+05	4,96E-03	
Open	Lu-177	6,71	4,25E+01	5,3E-10	2,25E-02	1	0,1	1	2	0,01	4,25E+02	2,25E-07	
Open	Lu-177m	160,10	9,81E+00	1,7E-09	1,67E-02	1	0,1	1	2	1	9,81E+03	1,67E-05	
Open	Mn-54	312,50	2,72E-06	7,1E-10	1,93E-09	1	0,1	1	2	1	2,72E-03	1,93E-12	
Open	Na-22	949,73	5,28E+00	3,2E-09	1,69E-02	1	0,1	1	2	1	5,28E+03	1,69E-05	
Open	Po-210	138,38	1,84E-02	1,2E-06	2,21E-02	1	0,1	1	2	1	1,84E+01	2,21E-05	
Open	Ra-226	584000,00	1,32E+01	2,8E-07	3,70E+00	1	0,1	1	2	100	1,32E+06	3,70E-01	
Open	Ra-228	2098,75	1,80E-04	6,9E-07	1,24E-04	1	0,1	1	2	1	1,80E-01	1,24E-07	
Open	S-35	87,44	2,18E+01	7,7E-10	1,68E-02	1	0,1	1	2	1	2,18E+04	1,68E-05	
Open	Sm-147	>1e9a	8,90E-05	4,9E-08	4,36E-06	1	0,1	1	2	100	8,90E+00	4,36E-07	
Open	Sr-90	10628,80	1,33E+02	2,8E-08	3,73E+00	1	0,1	1	2	10	1,33E+06	3,73E-02	
Open	Tc-99	>1e9a	4,50E+03	6,4E-10	2,88E+00	1	0,1	0,01	2	100	4,50E+06	2,88E-03	
Open	Th-228	698,25	1,03E-05	7,2E-08	7,43E-07	1	0	1	2	1	0,00E+00	0,00E+00	
Open	Th-232	>1e9a	1,02E+00	2,3E-07	2,34E-01	1	0	1	2	100	0,00E+00	0,00E+00	
Open	Tl-204	1379,34	2,76E+00	1,3E-09	3,58E-03	1	0,1	1	2	1	2,76E+03	3,58E-06	
Open	U-235	21395,52	2,76E-02	4,7E-08	1,30E-03	1	0	1	2	10	0,00E+00	0,00E+00	
Open	U-236	711,66	8,42E-06	4,7E-08	3,96E-07	1	0	1	2	1	0,00E+00	0,00E+00	
Open	U-238	>1e9a	2,22E+01	4,5E-08	9,99E-01	1	0	1	2	100	0,00E+00	0,00E+00	
Open	Zn-65	243,90	1,79E-03	3,9E-09	7,00E-06	1	0,1	1	2	1	1,79E+00	7,00E-09	
Spilijstof	U-235	21395,52	1,98E-04	4,7E-08	9,32E-06	1	0	1	2	10	0,00E+00	0,00E+00	

Uit de samenvatting:

	$W_{\max}$	$W_{SN}$	$W_{\max} / W_{SN}$
<b>RID</b>	4,47E-01	100	4,5E-03
<b>HollandPTC</b>	2,21E-03	100	2,2E-05
	<b>Som <math>W_{\max}/W_{SN} =</math></b>		0,00449 < 1

Volgt de conclusie:

**Geconstateerd wordt dat voor RID en HollandPTC tezamen de lozingen in water een dosis tot gevolg hebben die geacht wordt kleiner dan het SN te zijn.**

Geconcludeerd kan worden dat de gevraagde wijziging ten behoeve van HollandPTC geen invloed heeft op reeds vigerende de milieuaspecten als gevolg van externe straling door het RID als geheel.