

## RISICO INVENTARISATIE EN EVALUATIE HVC Aardwarmte Maasdijk B.V.

### Opdrachtgever:

Naam: HVC Aardwarmte Maasdijk B.V.  
Adres: Jadestraat 1  
Postcode: 1812 GD  
Plaats: Alkmaar  
Contactpersoon: [REDACTED]  
Telefoon: +31 (0) [REDACTED]  
e-mail: [REDACTED]

### Locatie:

Locatie: Aardwarmte Maasdijk  
Adres: Lange Kruisweg 26  
Postcode: 2676 BS  
Plaats: Maasdijk  
Website: <https://www.aardwarmtemaasdijk.nl/>

Opgesteld door: Stralingsupport B.V.

[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

Rev	Datum	Opgesteld door	Functie	Review
0	31 juli 2022	[REDACTED] Stralingsupport B.V.	Geregistreerd SBD-CD	Opstellen RI& [REDACTED]
1	6 juni 2023	[REDACTED] Stralingsupport B.V.	SBD	Review aan de hand van vragen NLA [REDACTED]

# Inhoudsopgave

<b>1. ALGEMEEN</b> .....	<b>3</b>
2. RISICO IDENTIFICATIE.....	3
2.1 ZIJN ALLE BRONNEN VAN IONISERENDE STRALING EN HUN EIGENSCHAPPEN GEÏDENTIFICEERD?.....	3
2.2 WELKE HANDELINGEN VINDEN ER PLAATS MET DEZE BRONNEN?.....	4
2.3 HOEVEEL HANDELINGEN EN DEELHANDELINGEN VINDEN ER PLAATS.....	5
2.4 WAAR VINDEN DE HANDELINGEN PLAATS?.....	6
2.5 WELKE BLOOTSTELLINGSPADEN ZIJN AAN DE ORDE?.....	6
2.6 WELKE VOORZIENE ONBEDOELDE GEBEURTENISSEN.....	7
2.7 WELKE TECHNISCH ORGANISATORISCHE MAATREGELEN.....	7
<b>3. BEPALING VAN BLOOTSTELLING</b> .....	<b>8</b>
3.1 WAT IS DE REGULIERE BLOOTSTELLING VOOR WERKNEMERS?.....	8
3.2 WAT IS DE BLOOTSTELLING VAN DE WERKNEMERS T.G.V. TE VOORZIENE ONBEDOELDE GEBEURTENISSEN (VOG)?.....	8
3.3 WAT IS DE KANS OP HET ZICH VOORDOEN VAN DE VOORZIENE ONBEDOELDE GEBEURTENISSEN?.....	8
3.4 WAT IS HET EFFECT VAN PERSOONLIJKE BESCHERMINGSMIDDELEN?.....	8
<b>4. RISICO EVALUATIE</b> .....	<b>8</b>
4.1 DE DOSISLIMIETEN.....	8
4.2 DOSISBEPERKING.....	9
4.3 IDENTIFICATIE VAN BLOOTGESTELDE WERKNEMERS.....	9
4.4 INDELING VAN BLOOTGESTELDE WERKNEMERS.....	9
4.5 IDENTIFICATIE EN INDELING VAN RUIMTEN.....	9
4.6 NOODZAAK TOT ACTUALISEREN.....	9
<b>5. BEREKENINGEN</b> .....	<b>10</b>
5.1 ACTIVITEITSCONCENTRATIE.....	10
5.2 BEREKENING EXTERNE STRALING.....	10
5.2.1. Externe straling ten gevolge van <sup>226</sup> Ra.....	10
5.2.2. Externe straling ten gevolge van Kalium verbindingen.....	11
5.3 INWENDIGE BESMETTING.....	11
5.3.1. Ingestie.....	11
5.3.2. Inhalatie.....	12
5.3.3. Wondbesmetting.....	13
5.3.4. Maximale totale blootstelling.....	14

## Risico Analyse

In deze risicoanalyse is gekeken wat de dosis is die werknemers op kunnen lopen bij de handelingen met natuurlijke radioactieve stoffen (NORM) binnen de geothermie locatie van HVC Aardwarmte Maasdijk B.V. (Hierna te noemen HVC), gelegen op de Lange Kruisweg 26 te Maasdijk.

De risicoanalyse is opgesteld door ██████████, geregistreerd stralingsbeschermingsdeskundige (SBD) op het niveau van coördinerend deskundige voor HVC.

Deze risicoanalyse is opgesteld aan de hand van bijlage A van de Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling (Rsbb).

### 1. Algemeen

HVC is een bedrijf dat aardwarmte wint (geothermie) uit de diepere lagen van de ondergrond en hiermee nabijgelegen kassen verwarmd.

Hierbij wordt warm water (geo-water) van een diepte van ongeveer 2.000 meter naar de oppervlakte gepompt via een productieput.

Bij het winnen van Geowater kunnen natuurlijke radioactieve stoffen (NORM) meekomen vanuit de formatie naar de bovengrondse installatie. In de formatielagen waar aardwarmte uit wordt gewonnen kunnen nog aanmerkelijke hoeveelheden <sup>238</sup>U en <sup>232</sup>Th voorkomen die sinds het ontstaan van de aarde nog niet vervallen zijn als gevolg van hun zeer grote halveringstijd.

Bij het doen van werkzaamheden aan deze installatie kunnen personen in aanraking komen met NORM.

### 2. Risico Identificatie

#### 2.1 Zijn alle bronnen van ioniserende straling en hun eigenschappen geïdentificeerd?

In onderstaande tabel zijn de nucliden opgenomen welke aanwezig kunnen zijn op de locatie van HVC

Bronnen van ioniserende straling	
<sup>228</sup> Ra	15 Bq/g
<sup>228</sup> Th	15 Bq/g
<sup>226</sup> Ra	15 Bq/g
<sup>210</sup> Pb	3000 Bq/g
<sup>40</sup> K	22,00 Bq/g

Tabel 1. Activiteitsconcentraties nucliden

Bronnen zijn aanwezig in de vorm van oppervlaktebesmette voorwerpen, sludge, vloeistof, scale en secundair afval (doeken, besmette PBM's, filters etc).

## 2.2 Welke handelingen vinden er plaats met deze bronnen?

De onderstaande handelingen zijn opgenomen in de vergunningaanvraag:

- Opslag van besmette voorwerpen in het afgescheiden deel van de locatie
- Het nemen van monsters uit installaties, gereedschappen en hulpmiddelen waarin zich natuurlijke bronnen bevinden
- Het verrichten van controlemetingen
- Het uitsorteren van of verwijderen uit c.q. scheiden van materialen uit reststoffen, die natuurlijke bronnen bevatten
- Het verrichten van alle voorkomende eenvoudige decontaminatie-werkzaamheden (werkzaamheden met als doel het verwijderen van besmetting)
- het hergebruik c.q. onderling uitwisselen van besmette installatieonderdelen, equipment, gereedschappen en hulpmiddelen op locatie
- Het toepassen van besmette installatieonderdelen, equipment, gereedschappen en hulpmiddelen van derden

## 2.3 Hoeveel handelingen en deelhandelingen vinden er plaats

In onderstaande tabel zijn de praktische handelingen nader uitgewerkt inclusief de tijd die hieraan zal worden besteed per functie per jaar.

Werkzaamheden									
Werkzaamheid	Opbouw uren	Uren totaal	Urenverdeling						
			Operator Geo locatie / TMS-Norm	mechanic	Tong operator	industrieel reiniger	Coil operator	Slickline /wireline operator	Drillers
<b>Mijnbouw winning en productie van aardwarmte</b>									
<b>Onderhouden van de put</b>									
Coiled tubing alleen bij verstoppingen van de put of uitzonderlijke situaties. 1x per 10 jaar per put. 10 dagen clean out, zuren etc. (uitgangspunt 1 put per jaar overschatting)	operator inpakken besmet equipment 8 uur. Coil operator contact met besmet equipment 1 uur per dag + 8 uur bij rig down	46	10				36		
Tubing trekken / Uitwisselen ESP (eens per 5 jaar) (uitgangspunt 1 put per jaar overschatting)	Operator en mechanic doen zelfde werk. 6 uur trekken tubing 2 uur inpakken ESP kabel, 10 uur overige werkzaamheden met besmet	114	24	24	50				16
Slickline / wireline / braided line (eis SodM 1x/5 jaar camerarun) (integriteit log 1x per 2 jaar, bij tubing trekken (eens per 5 jaar)) Als uitgangspunt genomen 1 put per jaar (overschatting)	slickline operator Contact met besmet equipment 30 min per run. 3 runs per put. Operator Geo inpakken besmette tools 2 uur per put.	56	8					48	
Onderhoud wellhead (jaarlijkse inspectie 2 van de 4 afsluiters pakken wisselen. 1 dag)	contacttijd 3 uur operator en mechanic doen zelfde werk. Per put.	40	20	20					
<b>Onderhouden van de installatie</b>									
Inspectie wet op de hoge druk (stoomwezen campagne) eens per 4 jaar wisselen van filters (1x per 2 weken 2 uur contact per doublet inclusief opruimen gedroogde zakken / corrosioin coupons (1x per 3 maanden 10 minuten per coupon 3 coupons per doublet incl. corrosie meten. Nemen van watersamples 1x per maand 5 minuten per doublet.	Schoonmaken vat 8 uur. filters 20 x per jaar 2 uur = 40 uur. Corrosion coupons 4x per jaar x 3 coupons = 1,5 uur. Watersamples 12 x per jaar = 1 uur. Mechanic en operator geo doen zelfde werk	24 168	8 84			16			
Onderhoud warmtewisselaars (eens per 5 jaar) grote blootstellingskans. 8 warmtewisselaars op de locatie (uitgegaan van 1 warmtewisselaars per jaar per persoon)	Openen warmtewisselaar 1 uur per warmtewisselaar. Platen bewerken 16 uur per jaar	48	24	24					
Eenvoudige decontaminatie per jaar voor apparatuur dat weggestuurd moet worden.		112	48	48	4		4	4	4
Sorteren van afval / afval verpakken / sample name / vervoer.	3 dagen per jaar 24 uur	80	40	40					
Onderhoud besmette installatieonderdelen (mechanisch werk / openen installatie)	5 dagen per jaar 40 uur	80	40	40					
Onderhoud pompen (2x per jaar per pomp, wisselen seals en/of laggers. 2 uur contact) 4 boosterpompen en 8 injectiepompen		48	24	24					
Onderhoud aan leidingen afsluiters	Demontage / montage leidingen 12 uur. Zagen leidingen (koud) 10 uur zagen en inpakken leidingen per doublet.	48	24	24					
Verspanende werkzaamheden (schuren, lassen, slijpen)	2x per jaar normaal draaiende installatie	4	2	2					
<b>TOTALEN</b>		<b>868</b>	<b>356</b>	<b>330</b>	<b>54</b>	<b>16</b>	<b>40</b>	<b>52</b>	<b>20</b>

Tabel 2. Opgave van werkzaamheden en tijd

De operator, die meestal ook de rol van toezichthoudend medewerker stralingsbescherming NORM (TMS-NORM) uitoefent, is het meest betrokken bij de handelingen met NORM op de locatie. De operator doet ook ander werk waarbij hij niet in contact is met NORM (kantoorwerk, controle van de gesloten installatie, toezicht houden op NIET radioactieve werkzaamheden). De installatie zal ook niet dagelijks geopend worden waardoor het contact met NORM wordt beperkt. Een operator is niet altijd in dienst van een onderneming, in dat geval zal de operator op meerdere locaties werken. Ook dan zal deze niet meer dan 356 uur per jaar in contact zijn met NORM. De blootstellingsduur is een overschatting van de contacttijd met radioactieve stoffen.

## 2.4 Waar vinden de handelingen plaats?

De handelingen vinden plaats op onderstaande locatie:

Locatie:	HVC Aardwarmte Maasdijk
Adres:	Lange Kruisweg 26
Postcode:	2676 BS
Plaats:	Maasdijk
Website:	<a href="https://www.aardwarmtemaasdijk.nl/">https://www.aardwarmtemaasdijk.nl/</a>

## 2.5 Welke blootstellingspaden zijn aan de orde?

De volgende blootstellingswegen zijn van toepassing:

### Blootstelling aan uitwendige straling

Blootstelling aan uitwendige straling is doorgaans alleen ten gevolge van de gammastraling die door de wand van het installatiedeel of de verpakking heen kan dringen. Dit is de **reguliere blootstelling**.

### Blootstelling door inwendige besmetting:

#### **Blootstelling ten gevolge van wondbesmetting**

Blootstelling ten gevolge van wondbesmetting komt niet vaak voor omdat werknemers altijd handschoenen dragen. Het is denkbaar dat bij handelingen zoals het hanteren van de platen van een warmtewisselaar de randen van de platen zo scherp zijn dat deze door een handschoen heen kunnen snijden. Voor deze risicoanalyse gaan we ervan uit dat dit jaarlijks gebeurt. Dit is een te voorzien onbedoelde gebeurtenis (**VOG**).

#### **Blootstelling ten gevolge van ingestie**

De kans op blootstelling door het inslikken van NORM is over het algemeen klein omdat tijdens de meeste handelingen in het kader van normale arbeidshygiënische maatregelen altijd beschermende kleding wordt gedragen zoals overall en handschoenen. Echter kunnen bij onvoldoende hygiëne de deeltjes bij het eten, drinken en roken in de mond worden gebracht. Voor deze risicoanalyse wordt een overschatting gedaan door ervan uit te gaan dat een medewerker de hygiëneregels niet in acht neemt en de helft van de tijd de handen niet wast na werkzaamheden met NORM besmette equipment en hiermee 1 mg per uur binnenkrijgt. De hoeveelheid voor ingestie is hoog, 1 mg is zichtbaar als laagje op de huid. In de praktijk zal iemand zijn handen minimaal eerst afvegen voordat hij/zij zijn/haar boterham pakt. Dit is een voorzien onbedoelde gebeurtenis (**VOG**).

### Blootstelling ten gevolge van inhalatie

De kans op blootstelling ten gevolge van inhalatie is over het algemeen klein omdat het alleen gebeurt wanneer besmet equipment onder hoge druk gereinigd wordt of als er zich stof vormt. Hogedruk reiniging van installatiedelen en equipment mag alleen gedaan worden als er géén besmetting aanwezig is op het voorwerp. In het geval er geen of een verkeerde meting wordt uitgevoerd kan besmet equipment onbedoeld onder hoge druk gereinigd worden. Verder kan inhalatie voorkomen als er veel stof gecreëerd wordt. Bij het openen van de installatie is de binnenzijde van de installatie vochtig. Ook filters zullen in een vochtige toestand uit de installatie genomen worden. Bij het opdrogen van de filters kan in enkele gevallen bij het ompakken van filters een hoeveelheid stof vrijkomen. Voor deze risicoanalyse wordt uitgegaan dat dit jaarlijks gebeurt. Dit is een voorziene onbedoelde gebeurtenis (VOG).

### 2.6 Welke voorziene onbedoelde gebeurtenissen

Welke te voorziene onbedoelde gebeurtenissen kunnen bijdragen aan de blootstelling van werknemers?

Zie hoofdstuk 2.5

### 2.7 Welke technisch organisatorische maatregelen

Welke technische en organisatorische maatregelen zijn genomen om de blootstelling van werknemers te voorkomen of, indien dat redelijkerwijs niet mogelijk is, zoveel als mogelijk te beperken?

Als de installatie wordt geopend wordt eerst een NORM werkplan opgesteld voor identificatie van het risico en bepalen van de juiste maatregelen om verspreiding van NORM in de omgeving en besmetting van personen te voorkomen. De SBD keurt het werkplan goed en controleert steekproefsgewijs of de werkwijze in het plan van aanpak, wordt uitgevoerd en of voldaan wordt aan wettelijke verplichtingen en vergunningvoorschriften.

Bij het openen van de installatie wordt altijd met een geschikte monitor gemeten op aanwezigheid van NORM voordat handelingen worden uitgevoerd.

In veel situaties wordt het dragen van een overall, plastic handschoenen, veiligheidsschoenen, helm en bril voorgeschreven. Afhankelijk van de situatie kunnen andere Persoonlijke Beschermings Middelen (PBM) worden voorgeschreven zoals een plastic pak, volgelaatscherm, en verschillende typen adembescherming. Voor bescherming van de omgeving wordt veelal gebruik gemaakt van plastic zeil, bakken, cementkuip, emmers en dergelijke om eventueel gemorst materiaal op te vangen. Ook het gebruik van pompen om besmet materiaal over te brengen in een containment of het filteren van vloeistof is mogelijk.

Tijdens handelingen wordt toezicht gehouden door een TMS en worden personen en omgeving gecontroleerd op besmetting.

Het afgescheiden deel van de locatie is zo ver mogelijk van de kantoorruimten vandaan om de dosis aan externe straling voor kantoorpersoneel zo klein als mogelijk te maken.

### 3. Bepaling van blootstelling

#### 3.1 Wat is de reguliere blootstelling voor werknemers?

De worst case medewerker (TMS-NORM) loopt een reguliere blootstelling op die nihil is te weten 0,063 mSv/jaar. Dit is de dosis ten gevolge van externe straling, deze zal niet of beperkt aanwezig zijn omdat in de installatie voornamelijk <sup>210</sup>Pb aanwezig is.

#### 3.2 Wat is de blootstelling van de werknemers t.g.v. te voorziene onbedoelde gebeurtenissen (VOG)?

De worst case medewerker (TMS-NORM) loopt een dosis van 0,5 mSv/jaar op ten gevolge van te voorziene onbedoelde gebeurtenissen (VOG's). Dit is een dosis ten gevolge van inwendige besmetting.

#### 3.3 Wat is de kans op het zich voordoen van de voorziene onbedoelde gebeurtenissen?

Zie hoofdstuk 2.5.

#### 3.4 Wat is het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen?

Persoonlijke beschermingsmiddelen en een voorgeschreven persoonlijke hygiëne en toezicht hierop zorgen ervoor dat de opname nihil is. De risicoberekening is daarom altijd een overschatting van het daadwerkelijke risico.

Bij handelingen met NORM is een dosis ten gevolge van inwendige besmetting volledig te voorkomen door het dragen van PBM.

Een dosis ten gevolge van externe bestraling is niet te beperken door het dragen van PBM maar wordt voorkomen door het vergroten van de afstand en het beperken van de duur van aanwezigheid. Deze maatregelen zullen genomen worden als een verhoging van het dosistempo meetbaar is op plaatsen waar personen zich kunnen bevinden.

### 4. Risico Evaluatie

Wordt voldaan aan de wet- en regelgeving met betrekking tot de basisprincipes m.b.t. rechtvaardiging en optimalisatie?

#### 4.1 De dosislimieten

In onderstaande tabel zijn de limieten uit de wet- en regelgeving opgenomen welke van toepassing zijn op de werknemers die in aanraking kunnen komen met NORM.

Limiet per kalenderjaar	Werknemer
Effectieve dosis	1 mSv/jaar
Equivalentente ooglensdosis	15 mSv/jaar
Equivalentente huiddosis (gemiddeld over enig bestraald oppervlak van 1cm <sup>2</sup> )	50 mSv/jaar
Extremiteten	50 mSv/jaar

Tabel 3. Limieten wetgeving



## 4.2 Dosisbeperking

De dosis voor werknemers zal niet hoger zijn dan de totale dosis voor de worst case medewerker ten gevolge van de reguliere blootstelling plus de blootstelling t.g.v. van de VOG's (0,56 mSv/jaar). Bij het werken met natuurlijke bronnen is het aantonen van een overschrijding van deze berekende waarde in het kader van de dosisbeperking niet mogelijk. De werknemers dragen geen persoonlijke dosismeter (detectie van gamma emitterende nucliden) en inwendige besmetting is alleen te berekenen.

Controle van de blootstelling wordt gedaan door het uitvoeren van metingen voor het bepalen van de externe straling en het controleren of de voorgeschreven maatregelen voor bescherming van mens en milieu correct worden uitgevoerd. Indien nodig (bij afwijkingen in gemeten waarde of navolging van de gestelde maatregelen) zal de SBD een berekening maken van de dosis voor een persoon en deze toetsen aan de limiet voor dosisbeperking. Indien de dosisbeperkingslimiet wordt overschreden worden nadere maatregelen genomen.

De dosisbeperking is in principe gelegen in het voorkomen van inwendige besmetting en het beperken van dosis door externe straling. De maatregelen beschreven in hoofdstuk 2.7 zorgen voor een voldoende invulling van ALARA en daarmee een voldoende dosisbeperking.

## 4.3 Identificatie van blootgestelde werknemers

De medewerkers zijn niet ingedeeld als blootgestelde werknemer. Zij lopen een potentiële dosis op van minder dan 1 mSv/jaar.

## 4.4 Indeling van blootgestelde werknemers

N.V.T.

## 4.5 Identificatie en indeling van ruimten

Binnen HVC zijn geen gecontroleerde en bewaakte zones aangewezen op basis van de potentiële dosis die in een bepaalde ruimte kan worden opgelopen. In de vergunning is voor handelingen met NORM wel een regime, soortgelijk aan een gecontroleerde of bewaakte zone, verplicht gesteld voor de werklocatie.

## 4.6 Noodzaak tot actualiseren

Ten minste zal deze RI&E elke 5 jaar geactualiseerd worden tenzij er eerder iets verandert in de situatie. Dan zal de actualisatie eerder plaatsvinden.

Aan de hand van de jaarlijkse controles door de SBD op het juist uitvoeren van de handelingen en bij voortschrijdend inzicht zullen maatregelen worden geactualiseerd. Als de activiteitsconcentratie of dosistempo hoger zijn dan in deze analyse wordt aangenomen zal een herberekening plaatsvinden.

## 5. Berekeningen

### 5.1 Activiteitsconcentratie

Bij de blootstelling van personen wordt ervan uitgegaan dat een persoon gedurende de gehele contacttijd bloot staat aan de worst case (in de vergunning opgenomen) activiteitsconcentratie. In werkelijkheid is de in de vergunningaanvraag opgegeven activiteitsconcentratie een limiet en zal in de praktijk de activiteitsconcentratie die gehanteerd wordt altijd lager liggen. Ook verschilt de activiteitsconcentratie in delen van de installatie. Hiermee is de risicoberekening een overschatting.

Bronnen van ioniserende straling	
$^{228}\text{Ra}$	15 Bq/g
$^{228}\text{Th}$	15 Bq/g
$^{226}\text{Ra}$	15 Bq/g
$^{210}\text{Pb}$	3000 Bq/g
$^{40}\text{K}$	22,00 Bq/g

Tabel 4. Activiteitsconcentratie per nuclide voor berekening blootstelling

### 5.2 Berekening externe straling

#### 5.2.1. Externe straling ten gevolge van $^{226}\text{Ra}$

De dochternucliden van  $^{226}\text{Ra}$  (15 Bq/g) zullen de meeste bijdrage leveren aan de dosis ten gevolge van externe straling voor werknemers. Binnen de installatie verzameld de activiteit zich in de filters. De meeste dosis zal daarom opgelopen worden bij het wisselen van de filters en het naar de opslag brengen. Hierbij wordt uitgegaan van de maximale activiteit tijdens een filterwissel van 2,46 MBq. De filters worden gezien als 1 bron. Er wordt van uitgegaan dat een medewerker gemiddeld op 1 meter afstand van de bron verblijft tijdens het wisselen van de filters en het verpakken van afval (en het opslaan van de verpakkingen in de container). De tijd van het wisselen van filters is voor de worst case medewerker (Operator Geothermie) 84 uur per jaar.

Uitgegaan van een plaatbron benadering (minimale lengte 1 meter) geeft de bron van filters een dosistempo op 1 meter afstand van 0,57  $\mu\text{Sv}/\text{uur}$ . De worst case medewerkers (operator en mechanic) heeft daarmee een blootstelling ten gevolge van het wisselen van de filters van 49,95  $\mu\text{Sv}/\text{jaar}$ . Voor de overige blootstelling wordt ervan uitgegaan dat de werknemer 10% van zijn werktijd (160 uur/jaar) aanwezig is op 10 meter afstand van de filteropslag. In de filteropslag kan een jaarvoorraad filters opgeslagen zijn met een activiteitsconcentratie van 15 Bq/g en een totale activiteit van 29,5 MBq.

Uitgegaan van een plaatbron benadering (minimale lengte 3 meter) geeft een afvaleenheid van filters een dosistempo op 10 meter afstand van 0,07  $\mu\text{Sv}/\text{uur}$ . De worst case medewerker (Operator geothermie) heeft daarmee een blootstelling ten gevolge van nabijheid bij de opslag van de filters van 12,14  $\mu\text{Sv}/\text{jaar}$ .

De hierboven geschetste situatie zal in de praktijk niet voorkomen omdat tot nu toe geen significante verhogingen boven de 1 Bq/gr voor  $^{226}\text{Ra}$  zijn aangetroffen binnen de Geothermie.

### 5.2.2. Externe straling ten gevolge van Kalium verbindingen

<sup>40</sup>K kan aanwezig zijn op de locatie tijdens boorwerkzaamheden of interventies aan een bestaande put. Big bags met kaliumzouten zullen maar beperkt aanwezig zijn op de locatie. Dit in tegenstelling tot <sup>226</sup>Ra dochters in de filteropslag of de ontgasser welke het gehele jaar aanwezig is.

Voor de berekening van de dosis voor werknemers kan uitgegaan worden van Kaliumhydroxide (KOH), dit materiaal heeft een activiteitsconcentratie van 20,9 Bq/g.

In het EU document Radiation Protection 122 'practical use of the concepts of Clearance and exemption' part II worden dosisconversiefactoren vermeld voor verschillende blootstellingssituaties zowel voor werkers als voor het milieu (tabel 21 en 22). Voor externe straling van 40 K geldt dat het omgevingsdosistempo op 1 meter afstand van zowel kleine als grote hoeveelheden 2,86 nSv/uur bedraagt per Bq/g. Het dosistempo van KOH is dan op 1 meter afstand 0,06 µSv/uur. Een medewerker zal niet langer dan 50 dagen gedurende 1 uur per dag in de nabijheid van de big bags aanwezig zijn. De blootstelling ten gevolge hiervan bedraagt iets meer dan 3 µSv/jaar en is daarmee verwaarloosbaar ten opzichte van de dosis ten gevolge van <sup>226</sup>Ra dochters in de installatie.

In totaal heeft een worst case medewerker niet meer blootstelling door externe straling dan 0,063 mSv/jaar.

Functie	Totale tijd contact NORM	Dosis nabijheid bron worst case µSv/jaar (160 uur/jaar)	Total tijd filterwissel	Dosis µSv/jaar t.g.v. hanteren filters (84 uur/jaar)	Dosis t.g.v. K-40 opslag µSv/jaar	Totale dosis mSv/jaar
Operator Geo locatie / TMS-Norm	356	12,144	84,000	47,955	3,000	0,063
mechanic	330	12,144	84,000	47,955	3,000	0,063
Tong operator	54	4,099			3,000	0,007
industrieel reiniger	16	1,214			3,000	0,004
Coil operator	40	3,036			3,000	0,006
Slickline/wireline operator	52	3,947			3,000	0,007
Drillers	20	1,518			3,000	0,005

Tabel 5. Overzicht contacttijd met NORM per functie

## 5.3 Inwendige besmetting

### 5.3.1. Ingestie

Bij de berekening van de ingestie is ervan uitgegaan dat een medewerker de helft van de tijd waarin hij in contact is met NORM zijn handen niet wast en dan 1 mg per uur binnenkrijgt via de mond. Als de arbeidshygiënische maatregelen in acht worden genomen (b.v. handen wassen voordat je gaat roken, drinken, eten) is de opname nihil. Een inwendige dosis ten gevolge van <sup>40</sup>K is niet mogelijk door kaliumhomeostase. Deze is daarom niet meegenomen in de berekeningen.

In tabel 6 zijn de uitgangspunten opgenomen op basis waarvan de dosis is berekend die werknemers op kunnen lopen ten gevolge van contact met NORM door ingestie. In tabel 7 zijn de uitkomsten van deze berekening weergegeven.

Ingestie uitgangspunten			
DCC's			
$^{228}\text{Ra}_{\text{eq}}$	6,7E-7	Sv/Bq	
$^{228}\text{Th}_{\text{eq}}$	7,0E-8	Sv/Bq	
$^{226}\text{Ra}_{\text{eq}}$	2,8E-7	Sv/Bq	
$^{210}\text{Pb}_{\text{eq}}$	6,8E-7	Sv/Bq	
dosis bijdrage			
E[50](ing $^{228}\text{Ra}$ )	10,1	$\mu\text{Sv}/\text{g}_{\text{ing}}$	0,5%
E[50] (ing $^{228}\text{Th}$ )	1,1	$\mu\text{Sv}/\text{g}_{\text{ing}}$	0,1%
E[50](ing $^{226}\text{Ra}$ )	4,2	$\mu\text{Sv}/\text{g}_{\text{ing}}$	0,2%
E[50](ing $^{210}\text{Pb}$ )	2040,0	$\mu\text{Sv}/\text{g}_{\text{ing}}$	99,3%
E[50](ing totaal)	2055,3	$\mu\text{Sv}/\text{g}_{\text{ing}}$	
Ing debiet	1,0	mg/uur	

Tabel 6. Uitgangspunten voor berekening dosis door ingestie

Ingestie per functie				
Ingestie gedurende de helft van de tijd waarin hij in contact is met NORM				
Functie	Tijd in uur	Gram ing.	E[50](ing) $\mu\text{Sv}/\text{j}$	E[50](ing) mSv/j
Operator Geo locatie / TMS-Norm	178	0,18	366	0,366
mechanic	165	0,17	339	0,339
Tong operator	27,0	0,03	55	0,055
industrieel reiniger	8	0,01	16	0,016
Coil operator	20	0,02	41	0,041
Slickline/wireline operator	26	0,03	53	0,053
Drillers	10	0,01	21	0,021

Tabel 7. Berekende dosis door ingestie per functie

### 5.3.2. Inhalatie

In onderstaande tabel is berekend wat de dosis is ten gevolge van inhalatie. Hierbij is uitgegaan van een situatie waarbij 1 persoon gedurende 3 uur stof of damp inademt. De gekozen concentratie deeltjes in lucht is zo gekozen dat deze zichtbaar zijn in de lucht. Ook is berekend wat het effect is op de dosis ten gevolge van inhalatie door het gebruik van adembescherming. Te zien is dat de dosis ten gevolge van inhalatie door gebruik van adembescherming dosis verwaarloosbaar is.

Inhalatie NORM regime ongunstige omstandigheden 1 incident per jaar 3 uur				
DCC's				
$^{228}\text{Ra}_{\text{eq}}$	1,7E-6	Sv/Bq	(AMAD 5µm)	klasse M
$^{228}\text{Th}_{\text{eq}}$	2,3E-5	Sv/Bq	(AMAD 5µm)	Klasse M
$^{226}\text{Ra}_{\text{eq}}$	2,2E-6	Sv/Bq	(AMAD 5µm)	klasse M
$^{210}\text{Pb}_{\text{eq}}$	1,1E-6	Sv/Bq	(AMAD 5µm)	Klasse F
Stof concentratie				
	2	mg/m <sup>3</sup>		
Adem debiet		Incident duur		
	3	m <sup>3</sup> /h	3	uur
A[inh] ( $^{228}\text{Ra}_{\text{eq}}$ )		0,270	Bq	
A[inh] ( $^{228}\text{Th}_{\text{eq}}$ )		0,270	Bq	
A[inh] ( $^{226}\text{Ra}_{\text{eq}}$ )		0,270	Bq	
A[inh] ( $^{210}\text{Pb}_{\text{eq}}$ )		54,000	Bq	
E[50](inh $^{228}\text{Ra}$ )		6,21	µSv	
E[50](inh $^{228}\text{Th}$ )		0,30	µSv	
E[50](inh $^{226}\text{Ra}$ )		0,46	µSv	
E[50](inh $^{210}\text{Pb}$ )		118,80	µSv	
E[50](inh totaal)	125,77	µSv	0,126	mSv per gebeurtenis
Met adembescherming: Filterfractie is 95%				
E[50](inh tot. filter)	6,29	µSv	0,006	mSv per gebeurtenis

Tabel 8. Berekening dosis ten gevolge van inhalatie

### 5.3.3. Wondbesmetting

Wondbesmetting zal niet snel gebeuren doordat in deze industrie, standaard handschoenen gedragen wordt op de werkvloer. Onderstaand is voor de volledigheid berekend wat de dosis zal zijn indien 0,25 mg stof in de bloedbaan terecht komt.

Wondbesmetting				
DCC's				
$^{228}\text{Ra}_{\text{eq}}$	1,3E-3	Sv/Bq	0,5 x $^{232}\text{Th}$	
$^{228}\text{Th}_{\text{eq}}$	2,6E-3	Sv/Bq		
$^{226}\text{Ra}_{\text{eq}}$	4,3E-6	Sv/Bq		
$^{210}\text{Pb}_{\text{eq}}$	4,5E-6	Sv/Bq		
Hoeveelheid per wondje				
	0,25	mg		
E[50][wondje] $^{228}\text{Ra}_{\text{eq}}$		4,88	µSv	
E[50][wondje] $^{228}\text{Th}_{\text{eq}}$		9,75	µSv	
E[50][wondje] $^{226}\text{Ra}_{\text{eq}}$		0,02	µSv	
E[50][wondje] $^{210}\text{Pb}_{\text{eq}}$		3,38	µSv	
E[50][wondje]		3,39	µSv	Per gebeurtenis
Frequentie				
	1			
E[50][wonden]	3	µSv/gebeurtenis	0,003	mSv/gebeurtenis

Tabel 9. Berekening dosis t.g.v. wondbesmetting

De stoffen waarmee de werknemers in contact komen is veelal in een moeilijk oplosbare fysische toestand aanwezig. In de praktijk zal een besmette wond makkelijk schoongemaakt kunnen worden en zullen stoffen niet makkelijk in de bloedbaan terecht komen.

#### 5.3.4. Maximale totale blootstelling

In tabel

De maximale totale blootstelling in mSv/jaar. (VOG + reguliere blootstelling)

Totalen					
Functie	Externe straling Regulier mSv/j	ingestie VOG mSv/j	inh. Zonder filter VOG mSv/j	wondbesmetting VOG mSv/j	Totaal mSv/j
Operator Geo locatie / TMS- Norm	0,063	0,366	0,126	0,003	0,56
mechanic	0,063	0,339	0,126	0,003	0,53
Tong operator	0,007	0,055	0,126	0,003	0,19
industrieel reiniger	0,004	0,016	0,126	0,003	0,15
Coil operator	0,006	0,041	0,126	0,003	0,18
Slickline/wireline operator	0,007	0,053	0,126	0,003	0,19
Drillers	0,005	0,021	0,126	0,003	0,15

Tabel 10. Opsomming berekende dosis per jaar per functie

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de dosis voor werknemers als volgt is:

Maximale totale blootstelling 0,56 mSv/j (reguliere blootstelling inclusief VOG)

Reguliere blootstelling 0,063 mSv/j onder normale omstandigheden

d.d. 6 juni 2023

Stralingsbeschermingsdeskundige HVC